НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

IV МЕЖДУНАРОДНАЯ (XVII РЕГИОНАЛЬНАЯ)
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Тезисы докладов
Обнинск, 19-20 апреля 2021 г.

Обнинск 2021

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

IV МЕЖДУНАРОДНАЯ (XVII РЕГИОНАЛЬНАЯ) НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Тезисы докладов
Обнинск, 19-20 апреля 2021 г.

Обнинск 2021

УДК 621.039:502/504

Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов IV Международной (XVII Региональной) научной конференции / Под общ. ред. А.А. Удаловой. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2021. – 523 с.

Материалы конференции освещают проблемы безопасности функционирования производств, развития современных экологических технологий, утилизации отходов промышленного производства и ядерной энергетики, экологической химии, современные методы прогноза, оценки и управления рисками, способы биоиндикации и биотестирования объектов среды, экологические аспекты действия ионизирующих и неионизирующих излучений. Издание подготовлено для ученых, преподавателей и студентов, в область интересов которых входят перечисленные проблемы.

ISBN 978-5-7262-2374-2

© ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2021 г.
©Авторы, 2021 г.

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

IV Международной (XVII Региональной) научной конференции «ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК»

Председатель:

Удалова Алла Александровна, д.б.н., профессор отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Члены программного комитета:

Самохин Дмитрий Сергеевич, к.т.н., начальник отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Лаврентьева Галина Владимировна, к.б.н., доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Сынзыныс Борис Иванович, д.б.н., профессор, профессор отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Сарапульцева Елена Игоревна, д.б.н., профессор отделения биотехнологий (О) НИЯУ МИФИ

Эпштейн Наталья Борисовна, д.фарм.н., профессор отделения биотехнологий (О) НИЯУ МИФИ

Комарова Людмила Николаевна, д.б.н., профессор отделения биотехнологий (О) НИЯУ МИФИ

Alya Adel Badawi, Professor of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egypt

Dubrova Yuri E., Professor of Genetics, Department of Genetics & Genome Biology, University of Leicester, Leicester, UK

Gadirova Elmina M., Associated Professor, Department of Ecological Chemistry, Baku State University, Baku, Republic of Azerbaijan

Saenko Vladimir A., PhD, Associated Professor, Department of Radiation Molecular Epidemiology, Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University, Nagasaki, Japan

Sherif F.M. Abd Elnaby, Professor, President of Egyptian Russian University, Cairo, Egypt

Маскевич Сергей Александрович, д.ф.-м. н., профессор, директор МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Беларусь

Сегеда Тамара Александровна, к.ф.-м.н., директор центра международных образовательных программ ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Алексанов Виктор Валентинович, к.б.н., заведующий отделом организационно-массовой работы ГБУ ДО КО «ОЭБЦ»

Гераськин Станислав Алексеевич, д.б.н., профессор, заведующий лабораторией, ВНИИРАЭ

Гремченко Петр Иванович, педагог-организатор, МБОУ ДО «Центр развития творчества детей и юношества» г. Обнинска

Демин Виктор Максимович, к.ф.-м.н., заведующий кафедра №1, ИЯФиТ НИЯУ МИФИ

Козарь Иван Алексеевич, учитель биологии МБОУ СОШ №3, магистр отделения биотехнологий (О) НИЯУ МИФИ

Козьмин Геннадий Васильевич, к.б.н., ведущий научный сотрудник, ВНИИРАЭ

Леках Ирина Викторовна, к.б.н., зам. директора по научно-методической работе ЧОУ «Обнинская свободная школа»

Момот Ольга Александровна, к.б.н., доцент отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Мельникова Татьяна Вадимовна, к.х.н., доцент отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Перов Сергей Юрьевич, д.б.н., ведущий научный сотрудник, НИИ МТ

Пожарнов Игорь Анатольевич, директор по корпоративным связям и работе с государственными органами, ООО «АстраЗенека Индастриз»

Полякова Людмила Павловна, к.х.н., доцент отделения ЯФиТ (О) ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Раменская Галина Владиславовна, д.фарм.н., профессор, директор Института фармации, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

Рассказова Марина Михайловна, к.б.н., доцент отделения биотехнологий (О) НИЯУ МИФИ

Терехова Анна Михайловна, старший преподаватель отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ

Тирас Харлампий Пантелеймонович, к.б.н., ведущий научный сотрудник Института экспериментальной и теоретической биофизики РАН

Шершаков Вячеслав Михайлович, д.т.н., генеральный директор НПО «Тайфун»

Шубина Ольга Андреевна, к.б.н., ученый секретарь ВНИИРАЭ

Яцало Борис Иванович, д.т.н., профессор отделения ИКС (О) ИАТЭ НИЯУ МИФИ

DETERMINATION OF THR CHANGE OF KEFF DEPENDING ON THE DIFFERENT POSITION OF RINGS IN A FUEL ASSEMBLY OF VVER-1200 REACTOR

M.A.H.B. Azad, V.V. Kolesov
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Burnable absorbers (BAs) or burnable poisons (BPs) are one of the ways to control the excess radioactivity in light water type reactor like VVER. VVER-1200 has 163 fuel assemblies and not all of them contains BA. Now a days VVER type reactors are being improved in order to increase the depth of burnout of nuclear fuel which can only be made possible if longer fuel cycle can be ensured. So for the prolongation of reactor campaign, initial enrichment of fuel must be high which results in the need of presence of high compensating component over reactivity in the early stage of the fuel cycle.

Aim of this work: Determining the variation of values of Keff depending on the position of burnable absorber (BA) in different rings of a fuel assembly using Gadolinium (Gd) and Erbium (Er) as BA separately.

Materials and methods: For the calculation of Keff taking into account different distribution of BA, Serpent is used which is is a continuous-energy multi-purpose three-dimensional Monte Carlo particle transport code. Furthermore to analysis the output file generated by serpent, Matlab is used. Matlab helps to find out the values of Keff that is generated during simulation.

Result: Only one fuel assembly was simulated with 12 BA rods in it in different combination of rings for both the materials (Gd and Er). Then the result is compared with standard one. Usually using BA rods in the 3rd and 8th ring is standard for any fuel assembly. From figure 1 it can be seen that the lowest value of Keff can be achieved if BAs are placed in the 3rd and 6th ring instead of the standard one. The standard variation is in the second place.

For Er is used as a burnable absorber, than it is also seen that the value of Keff was lowest if BAs is placed in ring number 3 and 7. The standard variation is in the 6th place according to the values of Keff.

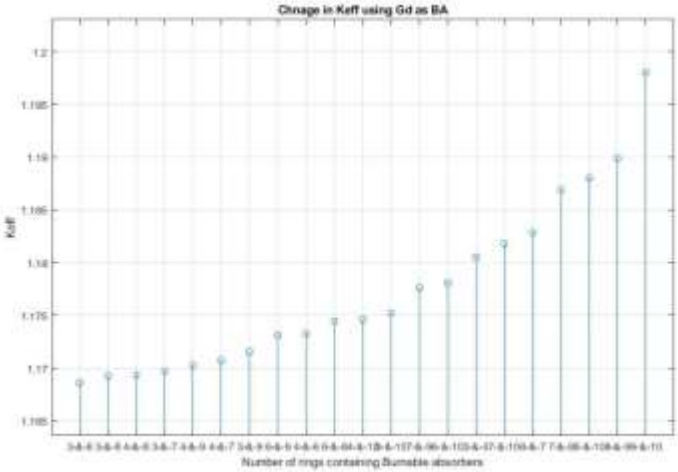


Fig.1. Change in Keff at different position of BA if Gd is used.

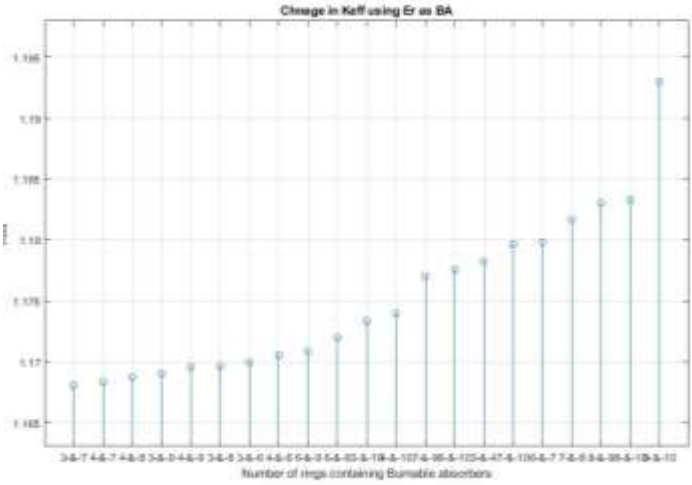


Fig.2. Change in Keff at different position of BA if Er is used.

Conclusion: At the end it can be seen that using different combination of rings in the fuel assembly, minimum keff can be achieved other than the standard one.

MONITORING OF COSTRUCTION METAL STRUCTURES AND NPP FACILITIES BY THE FORSTER METHOD

A.M. Baldin, A.V. Kurteev, K.E. Orlov, M.M. Sevastyanov, O.L. Tashlykov
Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

An important role for the safety assurance of nuclear power facilities, especially NPP, timely taking actions to prevent failures and accidents is played by systems for diagnostics and monitoring of the condition of equipment, pipelines and construction metal structures. Diagnostics of construction metal structures and equipment of power facilities should be carried out at all stages of life cycle (during the process of their construction, operation, repair and decommissioning) [1] [2] and should be aimed at solving the following tasks: determining the operational state of the facility; searching for stress-raisers; forecasting of the technical condition.

In recent years, great interest has been shown towards magnetic control methods based on the relation between the magnetic parameters of structures and the mechanical stress of the metal. Such methods have a number of important advantages in comparison with other control methods. One of these methods is a method based on the Forster effect, according to which the magnetic permeability of a metal structure sample depends on the direction and intensity of mechanical stresses of the sample, which has a high magnetoelastic sensitivity and localness of SSS control of metal steel product, metal structure.

The most important is to use such a control method in diagnostics of hull equipment and metal structures with significant overall dimensions and metal consumption for which early diagnostics of metal damage significantly reduces the risks of their sudden destruction, the consequences of which cause significant damage to the economy and the environment [3].

Authors of this work have developed and designed a device for local monitoring of the stress-strain state of the metal and carried out its approbation with different metal structures [4]. For example, it was tested on a metal plate (150 mm width and 600 mm length) and Fig. 1 shows dependance diagram of the readings of the SSS monitoring system obtained during time at which the straining of the controlled object has been changing.

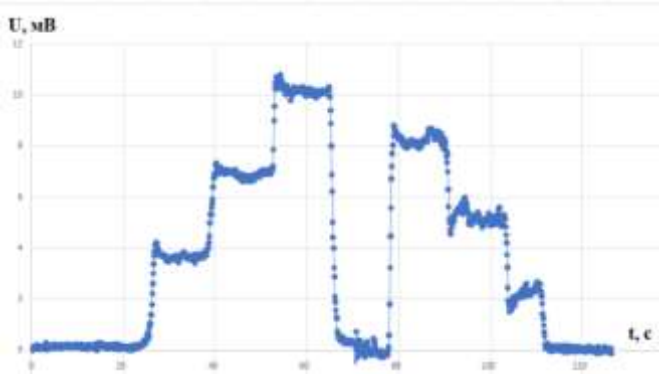


Fig.1. Dependance diagram of the readings of the monitoring system during time at which the straining of the controlled object has been changing.

The graph clearly shows the hike in the straining at the moment of the appearance of the force affecting on the plate, as well as the consistency of the readings of the monitoring system during the straining of the object. After removing the straining, the recorded value returns to zero.

References

1 Tashlykov O.L., Shcheklein S.E. Ecological foresight in the nuclear power of XXI century// International journal of energy production and management. – 2016. – V.1. – № 2. – P.133-140.

2 Nosov Y.V., Rovneiko A.V., Tashlykov O.L., Shcheklein S.E. Decommissioning Features of BN-350, - 600 Fast Reactors. // Atomic Energy. – 2019. – V. 125. – №4. – P. 219-223

3 Самокрутов А.А., Бобров В.Т., Шевалдыкин В.Г. и др. Акустические методы и средства исследования напряженно-деформированного состояния металла конструкций и

сооружений. // В мире неразрушающего контроля. – 2005. – №1(27). – С.22-26.

ANALYSIS OF ACOUSTIC MONITORING DATA REGARDING VVER REACTOR INSTALLATION

M.Z.U. Haque, A.V. Nakhabov, S.A. Sanam
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Nuclear power plant comprises of sophisticated components. Continuous monitoring of these components is necessary to ensure their performance and also to prevent possible accidents. Acoustic monitoring system is one of the most popular monitoring systems in a nuclear power plant. The term ‘acoustic monitoring’ in nuclear installations covers a collection of methods that measure the acoustic emissions and/or reflections of different processes and components [1].

The most sensitive zone of a nuclear power plant is the primary circuit, which contains the reactor core along with main circulation loop (MCL) where radioactive coolant flows with a high velocity, temperature and pressure. Due to high velocity and pressure of coolant, leak may arise in the loop. If small leaks are not taken care of, rupture may occur. MCL pipeline rupture may cause loss of coolant accident (LOCA) which is one of the most dangerous type of accidents in the lifetime of a nuclear power plant. Acoustic leakage monitoring systems are the most popular monitoring systems to detect leakage in the early stage [2]. The modern approach towards leak is based on the concept of “leak before rupture” [3]. According to this concept, leaks are detected and taken care off before it turns into a thorough rupture. There are numerous methods of acoustic monitoring currently in use all over the world for different types of reactor installation. The aim of this research work is to analyze acoustic monitoring data by using different methods, understand the characteristics of acoustic signals in different components, classify signals according to signal levels and reduce background noise. Acoustic leakage data has been collected from Kalinin Nuclear Power Plant, unit No. 3, which is a VVER-1000

reactor installation. Data has been processed by R software and results are shown in graphs from R plot window.

References

1 On-line monitoring for improving performance of Nuclear Power Plants, Part 2: Process and component monitoring and diagnostics, IAEA Nuclear Energy Series, No. NP-T-1.2, Vienna, 2008.

2 Morozov S. A., Budarin A. A., Kovtun S. N., et al. Development of an acoustic leak monitoring system. //At. Énerg. – 2007. – V. 103 – No. 6. – P. 342–347.

3 Kiselev V.A., Rivkin E.Yu. Application of the leak before rupture concept in the analysis of nuclear power plant safety. //At. Énerg. – 1993. – V.25 – No. 6. – P.426–430.

EXPONENTIAL FAILURE MODEL TO ESTIMATE COMMON CAUSE FAILURE (CCF) OF MODERN NPP SYSTEMS AND COMPARISON BETWEEN ALPHA AND BETA PARAMETRIC MODEL

M.S. Kabir, A.V. Plyaskin
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

In nuclear power plants, safety and reliability are the two major factors that are always considered. Hence, multichannel and parallel systems are widely used to increase the reliability. However these complex, redundant systems are subject to possible common cause failures (CCF). CCF is the dependent failure of several elements in a group due to sharing a root cause or a coupling mechanism. The failure may happen within a short time span or simultaneously. Several parametric models are used for such risk assessment- beta factor model, greek letter model, alpha model. In terms of complexity, the beta factor model is the simplest since it is a single parameter model. But alpha model is more complex and involves multiple parameters for redundant systems [1]. In this study, a detailed quantitative

analysis of common cause failures is performed for alpha model (staggered and non-staggered) and beta model.

The first purpose of this study is to develop equations for calculating failure and reliability of parallel systems, considering both independent and common cause failures in beta model. For many devices and equipment in an NPP, the time to failure, is distributed exponentially with a constant failure rate, λ.So, the exponential failure model is considered for better optimization in developing the equations [2]. Table 1 presents the overall failure function for parallel systems of 2, 3 and 4 elements when exponential failure rate is considered. It aims to facilitate quantitative probabilistic calculations when beta factor is considered.

The final aim is to compare between beta and alpha factors when exponential failure model is considered in parallel systems of 2 and 3 elements. Reference values of parameters have been taken from statistical information. Table 2 shows the probabilities of independent and common cause failures obtained in all cases of different multiplicity. This approach is used to determinate the reliability level of Balakovo NPP radiation control system.

Table 1

Reliability function for parallel systems when exponential model and beta factor model is applied

System	Reliability function / $R(t)$
2 elements	$R(t) = [(2e^{-(1-\beta)\lambda t} - e^{-2(1-\beta)\lambda t}).(e^{-\beta\lambda t})]$
3 elements	$R(t) = [(3e^{-(1-\beta)\lambda t} - 3e^{-2(1-\beta)\lambda t} + e^{-3(1-\beta)\lambda t}).(e^{-\beta\lambda t})]$
4 elements	$R(t) = [(4e^{-(1-\beta)\lambda t} - 6e^{-2(1-\beta)\lambda t} + 4e^{-3(1-\beta)\lambda t} - e^{-4(1-\beta)\lambda t}).(e^{-\beta\lambda t})]$

Table 2

Failure function for parallel system of 2 and 3 components when alpha and beta factor model is applied

Value	2 elements		3 elements	
	Beta model	Alpha model	Beta model	Alpha model
Q_1	0.00995017	0.00995017	0.00995017	0.00995017
Q_2	0.00049072	0.00049072	-	0.00012673
Q_3	-	-	0.00052369	0.00027023
Q_T	0.01044089	0.01044089	0.01047386	0.01047386

* (Q_1 – independent failure of 1 element, Q_2 – CCF of 2 elements, Q_3 – CCF of 3 elements, Q_T – total failure).

References

1 Antonov A.V., Galivets E.Yu., Chepurko V.A., Cherniaev A.N. Fault tree analysis in the R programming environment. [Electronic resource]: Dependability. – 2018. – V.18(1). – P.4-13. – https: // doi.org/ 10.21683/ 1729-2646-2018-18-1-4-13.

2 Rausand M., Haugen S. Risk Assessment.Theory, Methods, and Applications. Second edition ed. – John Wiley & Sons, Inc, 2020. – P. 454-456.

FREEZE PLUG DESIGN IN MOLTEN SALT REACTOR WITH CONSIDERATION OF SOLIDIFICATION

M.C. Kahraman[1], S.Ş. Lüle[2], Ü. Çolak[2]

[1] – Yalova University,Yalova, Turkey

[2] – İstanbul Technical University, İstanbul, Turkey

The effects of global warming increased rapidly over the last years. The main reason of global warming is high energy demand around the world. Human population, developed technology, and industry increase energy demand and consumption. It is not realistic to cut off industry or giving up modern life which requires high energy

consumption. One solution could be limiting the energy consumption with energy efficient technologies. Actually, the solution should be based on using more clean energies such as renewable energy, nuclear energy and giving up fossil energy resources as much as possible. Nuclear energy has high importance in fighting against global warming as a carbon free base load energy production method.

However, after Fukushima accident, the popularity of nuclear energy has decreased. The main reason of this tendency is because of low public acceptance of nuclear energy due to safety issues. In order to increase the public acceptance in nuclear energy, safety issues should be solved both actively and passively and communicated to public very well.

Advanced reactor types are mostly based on passive safety systems [1]. In case of a power lost in nuclear power plant or in case of an accident, nuclear reactor must shut down automatically and remove decay heat passively. During this time, core material strength must be ensured to avoid any radiation propagating to atmosphere.

One of the advanced reactors is molten salt reactor (MSR). Many projects around the world continue developing several forms of molten salt reactor designs, such as solid or liquid fuel type MSR, thermal or fast neutron spectrum MSR, chloride or fluorine salt MSR etc. These reactor types mostly based on passive safety systems. MSR includes emergency passive safety systems that contains from freeze plug, draining shaft, draining tank and passive decay heat system. In case of a power lost or in case of an accident, freeze plug melts and fuel salt drains to draining tank via draining shaft. Draining tank is a subcritical zone and stops fission. Decay heat is removed by passive system.

Freeze plug is key component of emergency draining system. It shall melt passively when required conditions occur and stay in solid form in normal operational conditions. During normal operation, it must be cooled to create low temperature zone (under salt melting temperature). Many parameters such as wall material, wall thickness play important roles in melting and solidification of freeze plug [2].

In this study, the effect of wall thickness on solidification time is investigated via Ansys Fluent CFD code. Results show that duration of solidification increases with increasing wall thickness.

References

1 Aji I.K., Tatsuya T., Kinoshita M., Okawa T. An experimental study on freeze valve performance in a molten salt reactor / Proceedings of the 2018 26th International Conference on Nuclear Engineering. Volume 9:Student Paper Competition. - London, England, 2018. - V009T16A044. ASME. https://doi.org/10.1115/ICONE26-81679

2 GEN IV International Forum - Generation IV Systems // GIF Website [Electronic resource] https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_59461/generation-iv-systems.

THETIS RESEACH REACTOR

C. Kalenga, S.V. Kushnereva
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

With the rise in popularity of harnessing energy from the nucleus of an atom for peaceful purposes, there was a need to understand this science more and there was no better way but to develop research reactors.

Research reactors comprise a wide range of civil and commercial nuclear reactors which are generally not used for power generation. The primary purpose of research reactors is to provide a neutron source for research and other purposes. Their output (neutron beams) can have different characteristics depending on use [1].

About 774 Research Reactors have been built, and of these, 243 reactors in 55 countries continue to operate in 2016. However, half of the world's operational Research Reactors are now over 40 years old. Many of them are being refurbished to meet today's technological standards and safety requirements [2]. To date, the IAEA research reactor database shows all research reactors in the world that are still operational till this day. Some of the few countries and the number of research reactor they have are listed in Table 1

Table 1

Operational Research Reactors

Country	No. research reactors
Russia	52
USA	50
China	16
France	3
Japan	3
Germany	5
Canada	5

We look into the THETIS research reactor, a Pool-type reactor that is low enriched with 5% uranium fuel enrichment. This reactor uses light water as moderator and coolant, and it is graphite reflected. The reactor core is made of subassemblies that have 25 fuel rods in a 5x5 square array. It is located at the university of Ghent, Belgium. This reactor took approximately 2 years to construct, with construction starting in 1965 and ending in 1967. Just after commissioning this research reactor had a power rating 15kW, but was later increase to 150kW and a maximum of 250kW in 1972 [3].

The aim of the work is to carry out neutronic calculations of the THETIS reactor using the Serpent software package. A model of the reactor has been built. Figure 1 shows the fuel assembly of the THETIS research reactor

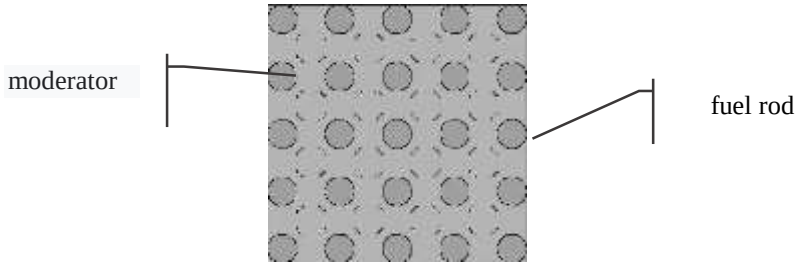


Fig.1. Fuel assembly of THETIS research reactor.

In the time the Thetis reactor operated, it was used as a Neutron source for radionuclide production (material analysis) and Neutron Activation Analysis (this is an analytical method for determining the

(stable isotope) concentration of trace elements in the bulk of a sample).

References

1. Research Reactors //World Nuclear Association [Electronic resource] https://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/research-reactors.aspx. [Accessed 19 March 2021]

2. Research Reactors //IAEA [Electronic resource] https://www.iaea.org/sites/default/files/18/05/research-reactors-purpose-and-future.pdf. [Accessed March 2021]

3. Corte F.D. Exit reactor Thetis/Ghent (1967–2003): a recollection of its significant contribution to NAA and its leading role in the development of the k(0)-standardization // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry/ -2007. - V. 271 - No.1. - P. 37-41.

RELIABILITY AND SAFETY OF MECHANICAL EQUIPMENTS IN SMALL MODULAR REACTORS

E.K. Ketter, D.S. Samokhin
National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

For a number of years, small modular reactors (SMRs) have received significant attention around the world. SMR designs [1] consolidate creative ways to realize simplicity, modularity and speed of build, passive safety features, proliferation resistance, and reduced financial risk. Different small modular reactor (SMR) designs came up in the late 1970s and early 1980s in regards to lessons learned from the many technical and operational challenges of the large Generation II light-water reactors [2]. Following the accident at the Three Mile Island plant in 1979, a stemming reactor re-engineering effort fathered the term “inherently safe” designs, which later changed into “passively safe” terminology [3]. Diverse new designs were schemed to be deliberately small in order to get the most out of the benefits of passive safety. Today, new SMR designs are unfolding with a similar ideology of offering highly potent and flexible designs with increased safety

margins. Several SMR designs are being advanced in the world ranging over the expansive reactor technologies, including water, gas & liquid-metal-cooled ones [4]. Notwithstanding a number of design differences, majority of these designs share a shared set of design principles to enhance plant safety and robustness, such as eliminating plant design vulnerabilities where possible, reducing accident probabilities, and mitigating accident consequences.

References

1 Hussein, E.M.A. Emerging Small Modular Nuclear Power Reactors: A Critical Review. (https: // doi.org / 10. 1016/ j.physo.2020.100038) // Physics Open. – 2020. – V.5

2. Ingersoll D.T. An overview of the safety case for small modular reactors. /Proceedings of the ASME 2011 Small Modular Reactors Symposium. - Washington, DC, USA, 2011. - P. 369-373.

3. Ingersoll D.T. Passive safety features for small modular reactors. /43rd Session on the International Seminars on Planetary Emergencies - The role of science in the third millennium. - Italy,2010. – P. 113 - 121

4. Advances in small modular reactor technology developments. Edition A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS),2020.

SIMULATION OF HALDEN HEAVY BOILING WATER REACTOR IN THE SERPENT PROGRAM

B. Mabvuto, A.M. Terekhova
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

The Halden Reactor is a nuclear reactor located in Halden, Norway and dedicated for steady state and dynamic studies of heavy boiling water reactors. The Halden boiling heavy-water reactor, was designed and built by the Norwegian Institute for Atom energy and has since June 1958 been operated as an international project [1].

The original aim of the Halden Project was to pursue reactor technology research associated with the boiling heavy water reactor

with a view to power production. The focus areas of research have of course varied over the years. However, throughout its 50-year history, the Project has been working at the forefront of research within the areas of reactor fuel and materials testing, and the development of computer based systems like Serpent for surveillance and control.

This thesis is focussed of the simulation of Halden heavy boiling water reactor and a model of reactor core and Reactor Physics Burnup Calculation using Serpent Monte Carlo Reactor Physics Code [2].

In fig.1 is the model of the fuel element of HBWR, which is composed of:

Cylindrical pellets, 12.6 mm diam, 16.00 high,

Fuel UO_2 with enrichment 1.5%,

Fuel rod consist of two segment each containing 50 pellets and 2 end pellets, 17 mm high, of natural uranium,

The cladding is composed of Zircaloy-2 and is 0.7 mm thick

Inside the fuel element is 7 rods surrounded by a shroud; 6 mounted on a 46 mm diam,

Circle, one in centre and 190g U^{235} per assembly.

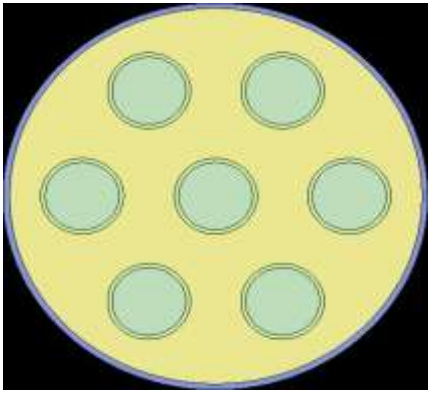


Fig.1. Model of fuel element of HBWR.

References

1 Heavy-water power reactors. // Proceedings of the Symposium on Heavy-Water Power Reactors held by the International Atomic Energy Agency in Vienna, 11-15 September, 1967.

2 Leppänen J., Pusa M., Viitanen T. et al. The Serpent Monte Carlo code: Status, development and applications in 2013. // Annals of Nuclear Energy. 2015.– V. 82. – P.142-150.

PROBABILITY CALCULATION OF ELECTRIC EQUIPMENT OF RESEARCH REACTOR

E. Msiska, D.S. Samokhin
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

An essential part of the safety of nuclear research reactor is ensuring that the components and systems continue to meet their performance criteria, recognizing that in many cases they will degrade over time due to exposure to environmental conditions. All equipment located within a nuclear research reactor installation are for the purpose of generating, transmitting and distributing the electricity necessary for the achievement of safety functions. This scope includes, emergency power systems, cables, switchboards, protective relaying, etc. It also encompasses Instrumentation and Control (I&C) equipment specifically needed to manage this electricity supply function. Human reliability analysis (HRA) is an integral part of the probabilistic risk assessment as the risk associated with the research reactor facilities or nuclear plant stations depend very much on the involved individuals' reliability and their interaction with the equipment and controls. HRA is an important component of research nuclear reactors in probabilistic assessment related studies. Probabilistic assessment safety allows an integrated identification of safety "bottlenecks" including a focus on specific equipment, human errors, failure modes in complex systems of fission, fusion and other devices. Probabilistic assessment analysis describes each accident's sequences through events trees (ETs), which combine success and failure of the performance of the safety system in an accident or a

transient sequence. These initiating events result in sequences of the actions and system demands which may be modeled by the ETs.

For each of the safety function to work effectively, they need to correspond with front-line system of the research reactor:

1. Control reactivity - Reactor Protection System (RPS): Automatic and Manual, this system consists of two independent safety channels, the magnet power supply, and the safety circuit with scrams, reverses interlocks and alarms.

2. Remove core decay heat and stored heat*:* Primary Heat Removal System. Reactor Pool (Natural Convection) presents a major heat sink capable of independently absorbing the heat generated in the core in most of the cases. The Emergency Core Cooling System (ECCS) can spray the reactor core through a 5cm diameter pipe with water coming from a 250 m^3 storage tank located 30 m higher than the surface of the reactor pool.

3. Maintain primary reactor coolant inventory - Reactor Pool Isolation

4. Protect containment integrity (isolation, overpressure): Containment Isolation and Emergency Ventilation System. The containment isolation in the event of an emergency, the normal ventilation system of the containment stops, and the containment is isolated through the automatic closure of all existing openings. At the same time the Emergency Ventilation system starts operating.

5. Scrub radioactive materials from containment atmosphere: Emergency Ventilation System.

The support front-line system described above is the Electric Power Supply System of the nuclear research reactor.

References

1. Voronov R., Alzbutas R. Probabilistic safety assessment and human reliability analysis for the Wendelstein 7-X fusion device. // Fusion Engineering and Design. – 2019. – V. 149. – P 2-7.

2. Dhillon B.S. Safety, Reliability, Human Factors, and Human Errors in Nuclear Power Plants.1st Edition. - CRC Press., 2018. - 272. P.

3. Guimarães A. C. F. and Moreira M. D. L. Probabilistic Safety Assessment Applied to Research Reactors. Current Research in Nuclear Reactor Technology in Brazil and Worldwide, Amir Zacarias Mesquita, IntechOpen, DOI: 10.5772/53012, 2013.

SAFETY ISSUES IN PREPARATION TO DECOMMISSION A RESEARCH REACTOR

B. Mumba, D.S. Samokhin
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Many research reactors have been operating for over 50 years, according to IAEA Research Reactor Database, over 800 research reactors have been built or are under construction or planning throughout the world. Among these, over 500 have been shut down, under decommissioning or decommissioned [1]. Decommissioning involves characterising, decontaminating, and dismantling the reactors, removing radioactive wastes, in doing so special measures are undertaken to protect humans and the environment from the radioactive materials generated. The goal of this abstract is to put down a number of important safety factors that need to be considered in preparation to decommission a research reactor. IAEA Identifies three strategies of decommissioning; Immediate dismantling by which the equipment, structures and parts of a nuclear facility containing radioactive contaminants are removed or decontaminated to level of unrestricted use. Deferred dismantling-Safe storage, strategy where parts of a nuclear facility containing radioactive contaminants are either processed or placed into such a condition that they can be safely stored or maintained until decontamination. Entombment strategy where radioactive contaminants are encased in a structurally long-lived material until the radioactivity decays to a level of unrestricted reuse [2]. Radiation protection is important to avoid radiological consequences and continuously monitor the radiological situation, integrate radiation protection issue early in the planning of decommissioning work, ensure a high level of training in radiation protection for all personnel involved, to control and maintain work

instructions [3]. Waste management is important, the availability and capability of radioactive waste management facilities is extremely important to the selection of an appropriate decommissioning strategy. The waste management plan may not be limited to just solid radioactive waste from decommissioning but also waste from residual operation as well as aqueous and gaseous wastes accruing throughout the decommissioning. The decommissioning radioactive waste inventory must adequately identify the quantities and types per category of radioactive waste and potentially radioactive waste that are to be generated during decommissioning. Radioactive waste has to be evacuated to a disposal site. The decommissioning project organisation has to ensure that waste generated during preparatory activities, such as decontamination wastes, liquid waste drained from the systems or solid waste as a part of pre-dismantling activities, can be accepted at storage or disposal facilities [4]. The planning of the decommissioning activities, associated with safety, has to ensure, that the exposure of the personnel and of the public and the environment is limited and kept As Low As Reasonably Achievable" (ALARA) [3].

References

1 IAEA RRDB Search Research reactor database [Electronic resource]https://nucleus.iaea.org/RRDB/RR/ReactorSearch.aspx?rf=1 (accessed Mar. 18, 2021).

2 Technical Reports Series.Decommissioning of Research Reactors: Evolution, State of the Art, Open Issues, International Atomic Energy Agency Vienna, 2006. – N. 446

3 Kaulard J., Brendebach B. Radiation Protection during Decommissioning of Nuclear Facilities –Experience and Challenges/ in: Contribution at 13th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA). – Glasgow, 2012.

4 Nuclear energy agency and organisation for economic co-operation and development. Preparing for Decommissioning During Operation and After Final Shutdown. France, 2018. –N.7374. – 164 p.

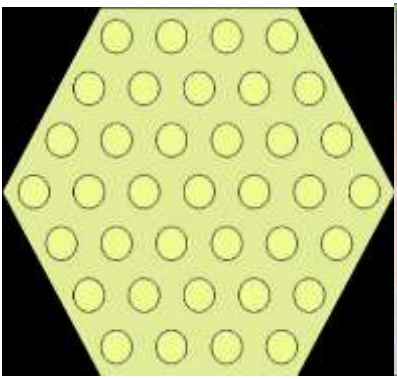
SIMULATION OF 2D MODEL AND NEUTRONICS CALCULATION OF VENUS EXPERIMENTAL RESEARCH REACTOR WITH THE HELP OF SERPENT SOFTWARE PACKAGE

N. Mwenya, S.V. Kushnereva
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

SERPENT is a three-dimensional, continuous-energy Monte Carlo reactor physics burnup calculation code specifically designed for lattice physics applications. The code uses built-in calculation routines for generating homogenized multi-group constants for deterministic reactor simulator calculations. The standard output includes effective and infinite multiplication factors, homogenized reaction cross sections, scattering matrices, diffusion coefficients, assembly discontinuity factors, point-kinetic parameters, effective delayed neutron fractions, and precursor group decay constants [1].

VENUS-F is a zero power fast spectrum facility with 30 wt.% U fuel and Pb/Bi as a coolant simulator, currently operating in support of the MYRRHA (Multi-purpose hybrid Research Reactor for High-tech Applications) programme. It is used for research related to design and licensing for MYRRHA and for the Lead Fast Reactor

The basic geometry description in Serpent relies on a universe-based constructive solid geometry (CSG) model, which allows the description of practically any two- or three-dimensional fuel or reactor configuration. The CSG geometry consists of homogeneous material cells, defined by elementary and derived surface types that are combined using Boolean operators (intersections, unions and complements). Serpent supports conventional square and hexagonal lattices, and provides special geometry types for CANDU [2]. Figure 1 shows the simulation of the fuel assembly. Figure 2 shows the results of the simulation of VENUS reactor core.



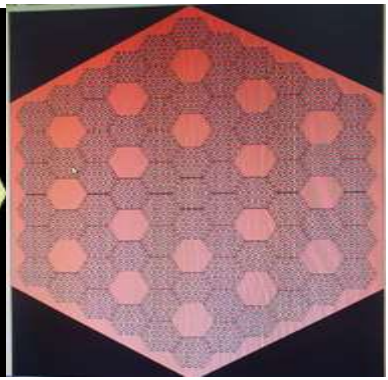


Fig. 1. Simulation of fuel assembly. Fig. 2. Simulation of reactor core.

References

1. Leppanen J. Serpent a continuous-energy Monte Carlo Reactor Physics Burnup calculation code. // User's Manuel,2015.

2. Serpent a continuous-energy Monte Carlo Reactor Physics Burnup calculation code. [Electronic resource] http://montecarlo.vtt.fi/ (accessed Mar. 20, 2021)

SIMULATION OF ESADA VALLECITOS EXPERIMENTAL SUPERHEAT REACTOR IN SERPENT CODE

M. Ngoma, A.M. Terekhova

Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

The Vallecitos ESADA Experimental Superheat Reactor (EVESR or VESR), located in Pleasanton, California, was the first individually superheated reactor in the world [1]. The aim of the VESR was to investigate the technical and economic feasibility of the concept of a separate nuclear super heater. The VESR was a 17 MW light water moderated steam cooled reactor with 5.4% enrichment uranium oxide fuel.

The main goal of this paper is to do the neutron-physical analysis of the EVESR model using the Serpent code for safety analysis. The

main principles of the calculation methods and the general capabilities of the code are introduced. To achieve this objective, it is necessary to review the Vallecitos ESADA experimental superheat reactor and research the criticality from its model using the Serpent Monte Carlo reactor physics code [2] (fig.1).

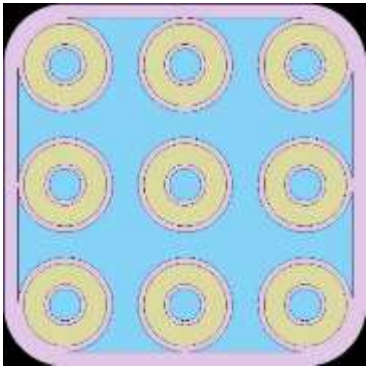


Fig. 1. Model of fuel element of EVESR.

References

1 Ianni P.W., Fritz J.R., Law D.D. Design and Operating Experience of the ESADA Vallecitos Experimental Superheat Reactor (EVESR), San Jose, California: Atomic Power Equipment Department, 1965. – P.1-2.

2 Leppänen J. On the use of the continuous-energy Monte Carlo method for lattice physics applications. // In proc. INAC 2009, Rio de Janeiro, Brazil, 2009.

NUMERICAL SIMULATION OF VIBRATIONAL STABILITY OF A LOW-SPEED TURBINE ROTOR

M.W.R. Shikhon, A.S. Shelegov
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Vibration is mainly a repeating deviations of the body or structure from position of rest (uniform movement). The cause of the vibration

a body is a repetitive impulse (due to the action of the force applied to it), named as disturbing force. If the frequency of the disturbing force is equivalent to or a multiple of the frequency of the natural vibrations of the structure, resonance occurs; so, with a minor disturbing force, there could be a sharp increase in the amplitude of the vibrations of the body, since the energy of the vibrations is increased by the disturbing force, this action coincides during each period with the direction of movement. The frequency of the vibration is named as critical frequency. Resonance is very risky for any structure, because the amplitude of the vibrations. Though it has constant magnitude of the applied forces, it can increases until the increased stress leads to the destruction of the body. Fig. 1 shows the model of the rotor which is simulated in Ansys Mechanical APDL 19.2.

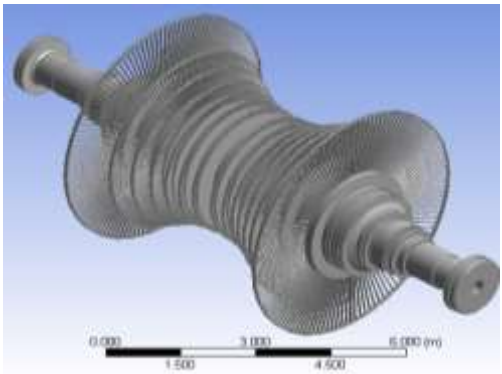


Fig. 1. Model of the turbine rotor.

If the rotor of the turbine is fully balanced then it does not vibrate, and therefore there is no disturbing force on the bearings. But, during operation, balanced condition can be violated due to even insignificant variations in the distribution of the rotor masses about the circumference. The unbalance in the rotor at the time of its rotation is the source of the disturbing force that causes forced vibrations of the shaft, when the frequency of this forced vibrations coincides with the spin frequency of the rotor as a result the amplitude of the vibrations changes in proportion to the variation in the value of the unbalance.

The rotational velocity of the rotor corresponds to the state of resonance is called the critical speed of rotation.

After the critical speed is reached, strong vibration of the rotor arises, which is harmful for its strength. Operating in this condition is very unsafe. If the number of revolutions of the shaft is increased further this risky vibrations will stop. But, with a further increase in the rotational velocity, it can reach such a speed at when the shaft will begin to vibrate strongly again, i.e., the next critical speed will be reached; an additional increase in the velocity will lead to the attainment of the 3rd critical speed, etc. The modal analysis result of the rotor for 6 modes is summerized in the table below.

Table 1

The stability and the critical speed of the rotor for various mode obtaind from the campbell diagram

Mode	Whirl Direction	Mode stability	Critical Speed Rad/s	0 rad/s	157 rad/s
1	BW	Stable	49.393	10.128 Hz	2.9239 Hz
2	BW	Stable	49.557	10.168 Hz	2.9417 Hz
3	BW	Stable	70.763	12.193 Hz	10.128 Hz
4	FW	Stable	71.111	12.269 Hz	10.168 Hz
5	FW	Stable	0	12.293 Hz	50.854 Hz
6	FW	Stable	0	12.349 Hz	51.92 Hz

References

1 Mindrin V.I., Pachurin G.V., Rebrushkin M.N. Types and causes of vibration of power machines // Modern science-intensive technologies. - 2015. – No. 5. – P. 32-36.

2 Turbine compartment systems. Part 2: Turbine K 1000-60/1500-2, Oil industry, Turbo-feeding pump unit. Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy. Rosenergoatom Concern. Balakovo Nuclear Power Plant. Staff training service.

U-235 ISOTOPE PREDICTIVE MODEL FOR VVER-1000 REACTOR UTILIZING REGRESSION TREE

M. Tarequzzaman, A.V. Nakhabov
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Introduction: Variations of isotopic composition characterizes the behaviour of reactor during its operational cycle. Because power, reactivity and neutron flux distribution are greatly affected by the compositions of isotopes. The composition of spent fuel isotopes depends not only burnup but also the neutron spectrum. The harder the neutron spectrum the higher generation of ^{239}Pu and higher composition of ^{235}U can be found in spent fuel [1]. In this paper a predictive model for ^{235}U is presented using supervised machine learning method in which a regression tree is trained by varying initial enrichment, initial gadolinium concentrations, region of fuel elements and effective days.

Methodologies: Data is prepared and splitting 70% data as training and 30% as testing set. A large tree is grown on the training data. In order to avoid overfitting large tree is pruned using the concept cost-complexity approach. The 5-fold cross validation is applied to find the optimal tree which have lowest mean squared error as well as less complexity. The choice of fold number is important factor for non-parametric method like regression tree. Because change in fold number changes the size of training and validation set. Thereby the splitting of the node will be changed. For this reason a MATLAB code is build which runs the regression tree on different fold number and optimal fold size is fixed. Then optimal tree is used for prediction on test set.

Results:

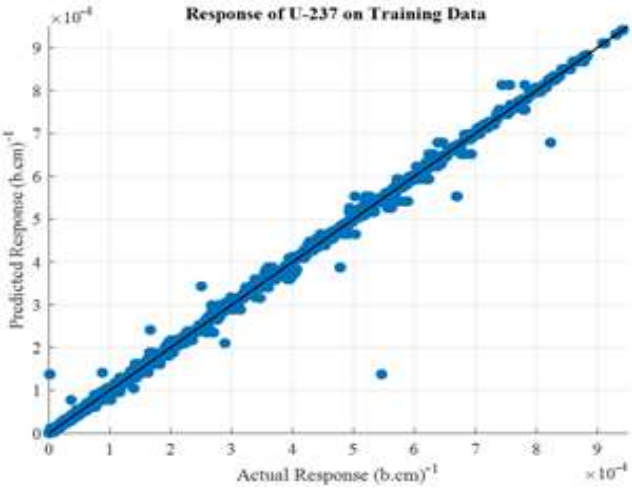


Fig. 1. Actual vs Predicted Plot for U-235 Model.

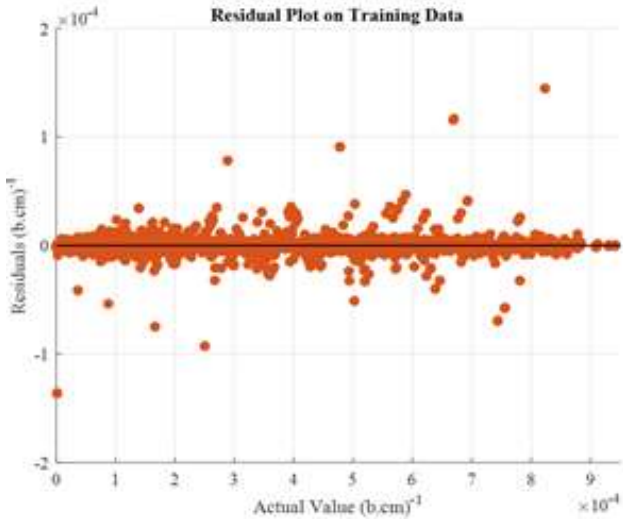


Fig. 2. Residual Plot for U-235 Model.

Table 1

Summary of ^{235}U Prediction Model

Parameters	Value	Unit
Re-substitution error	1.1139×10^{-5}	$b^{-1}.cm^{-1}$
Validation RMSE	9.3825×10^{-6}	$b^{-1}.cm^{-1}$
Training RMSE	1.12×10^{-5}	$b^{-1}.cm^{-1}$
Testing RMSE	7.5793×10^{-6}	$b^{-1}.cm^{-1}$
R-Squared Value	0.9983	

References

1 A. Pirouzmand A., Roosta F. Calculation of radial burnup and nuclides atom density distributions in a VVER-1000 fuel rod using Monte Carlo method. // Prog. Nucl. Energy. – 2016. – V.88. – P.321–331. (doi: 10.1016/j.pnucene.2016.01.020).

SAFETY ISSUES IN PREPARATION FOR DECOMMISSIONING OF NUCLEAR POWER PLANTS

Z. Thandiwe, D.S. Samokhin
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Nuclear Power Plant decommissioning is the process by which nuclear power plants are retrieved from service and their operating license is terminated. For nuclear power plants or nuclear facilities, decommissioning is the final phase after sitting, designing, construction, commissioning and operation. It is quite a complex process involving operation such as detailed surveys, decontamination and dismantling of equipment and facilities demolition of buildings and structures, and the management of the resulting radioactive and other hazardous waste, while taking into account the need to provide for the health and safety of personnel and the general public and protection of the environment [1]. Nuclear energy comes from splitting atoms in a reactor to heat water into steam, turn a turbine and in turn generate electricity. The uses of nuclear technology do not only

involve the use of low-carbon energy but also help control the spread of disease, assist in the diagnosis and treatment of cancer related conditions. These various uses position nuclear technologies at the heart of the world's efforts to achieve sustainable development. The topic of decommissioning is closely related to reliability and safety of nuclear power plants, and so it is important to take into account or rather study and fully understand the subject of nuclear power plant safety and support systems, as they are a great influence on the overall operation of a nuclear power plant. Furthermore, the number of nuclear facilities and other facilities that use radioactive material that are in the process of being, or planned to be shut down has been increasing worldwide. This has led to a significant increase in the awareness of operators and regulators of the importance of developing safe requirement criteria and safety standards for decommissioning [2]

The International Atomic Energy Agency (IAEA) has been actively developing safety standards and technical information for use by regulators, operators, owners and decommissioning specialists based on the experience up to this point. A global nuclear safety regime is in place and is being continuously improved. IAEA safety standards.

References

1 Decommissioning of nuclear power plants, research reactors and other nuclear fuel cycle facilities. //Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series. Vienna, 2018. – №. SSG-47

2 Safety assessment for decommissioning. // International Atomic Energy Agency.Safety report series. Vienna, 2013. – №.77

STRENGTH CALCULATIONS OF NUCLEAR POWER PLANT EQUIPMENT AND THEIR SEISMIC RESISTANCE

R. Vlahakis, A.S. Zevyakin
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

The field of strength of materials deals with forces and deformations that result from their acting on a material. In a nuclear

power plant, strength of materials gives raise to the need for us to calculate and estimate the strength of the equipment used in the nuclear power plant. The importance of strength of materials and equipment in a nuclear power plant can not be over emphasized, and this research work is focused non strength calculation of nuclear power plant equipment and their seismic resistance. [1]

In terms of a complex of factors, earthquakes are one of the most dangerous external influences, which is confirmed by examples of the most severe consequences at the Japanese nuclear power plants "Kashiwazaki-Kariva" and "Fukushima-Daichi". Seismic vibrations are stochastic in nature with a pronounced resonant frequency range, therefore, when analyzing the stability of industrial facilities to seismic effects, reliable knowledge of the intrinsic dynamic characteristics (shapes, frequencies and vibration decrements) of all critical elements of these objects, including the process equipment responsible for safety, is of paramount importance. Improvement of the software and hardware for testing and processing experimental data, as well as the constant expansion of the database of calculated and experimental studies of seismic resistance at NPP power units, requires the development and improvement of methods for determining and analyzing their own dynamic characteristics that determine the design loads under seismic influences and, as a result, the correctness of estimates of seismic resistance of NPP technological equipment important for safety OOf particular importance is the study of vibration decrements in various structures, which is associated with a complex mechanism of damping processes, limited actual data and problems in the processing and analysis of the results of experimental studies of vibration decrements. [2]

Several methods for determining the dynamic response under seismic impact are implemented in the APM software products and these are:

1. Static analysis or the method of equivalent static load is used by setting the static loading of the structure under study by an inertial load distributed or concentrated in the nodes of the design model. In turn, the inertial load is defined as the product of the weight load of a structure by a set of corresponding coefficients determined by the joint venture or similar regulatory documents. The application of the static

equivalent load method is limited to equipment and components that have a first natural frequency above 20 Hz.

2. The linear spectral calculation method involves a modal analysis of the structure under consideration. At this stage, the forms and frequencies of natural vibrations are determined up to the characteristic frequency fmax, corresponding to the acceleration of the zero period. Further, the system is loaded with an inertial load for each of the calculated vibration modes and for each spatial direction of the seismic action. As the initial data, the response spectra or response spectra are used. In this case, for each of the vibration modes and the direction of the seismic impact, the total response of the system is determined: the distribution of internal forces, displacement and response of supports, etc. The influence of the higher modes of vibration, not included in the main modal response, is taken into account by means of static correction. In this case, special attention should be paid to various seismic displacements of rigid fixings and structural supports. The resulting construct response is calculated using the KKSC sum rule (square root of the sum of squares).

3. Dynamic method. This method involves numerical integration of the equations of motion (direct integration) or expansion in eigenforms (method of superposition of modes). When analyzing by this method, accelerograms are most often used as initial information, showing the dependence of acceleration on time. The dynamic method requires a lot of computing power. [3]

References

1 Birbraer A.N. Structural analysis for seismic resistance – SPb: Nauka, 1998.

2 Kaznovsky A.P. Investigation of own dynamic characteristics when justifying the stability of NPP equipment to seismic and other external influences: Author's abstract. dis. Candidate of Technical Sciences – Mytishchi, 2013.

3 Structural analysis for seismic effects [Electronic resource] https://apm.ru/seismic-resistance-calculation.

УТОЧНЕНИЕ КРИТЕРИЯ ЛОУСОНА ДЛЯ ТЕРМОЯДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА $D+^3HE \rightarrow P+^4HE$

И.Б. Алпер, А.И. Годес, В.Л. Шаблов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Среди разрабатываемых в настоящее время перспективных устройств, основанных на использовании энергии синтеза легких ядер, особое место занимают безнейтронные, а потому экологически более чистые термоядерные реакторы [1]. Среди таких устройств особый интерес представляют реакторы на основе реакции синтеза $d+^3He$, которая стоит на втором месте по трудности реализации после реакции $d+^3H$, характеризующейся наименьшим критерием Лоусона. Однако у $d+^3H$ реакции есть ряд серьезных недостатков, связанных с необходимостью воспроизводства радиоактивного трития и обращения с ним, повреждающим действием потока нейтронов, которое сильно ограничивает срок службы конструкционных материалов, и высоким уровнем наведенной этим потоком радиоактивности. При использовании в термоядерном реакторе $d+^3He$-топлива поток нейтронов может быть сделан намного меньше, чем в случае реактора той же мощности на основе $d+^3H$-топлива, что существенно уменьшит радиационные повреждения первой стенки реактора и по имеющимся оценкам избавит от необходимости ее замены в течение всего срока его эксплуатации [1]. Для определения перспектив термоядерных реакторов на $d+^3He$-топливе, их энергетических, экономических и экологических характеристик необходимо с высокой точностью знать скорости $\langle\sigma v\rangle$ протекающих в них реакций, которые определяют кинетику происходящих в реакторе процессов. Кроме того, температурная зависимость $\langle\sigma v\rangle$ необходима для определения одной из важнейших характеристик термоядерного реактора-критерия Лоусона [2].

Данная работа посвящена уточнению критерия Лоусона для d+^{3}He-реакторов на основе разработанной авторами новой параметризации сечения реакции d+^{3}He→p+^{4}He, согласующейся с имеющимися экспериментальными данными в пределах их точности с области энергий 0-800 кэВ, и рассчитанной на ее основе скорости этой реакции в области до 400 кэВ и учета релятивистского характера электронных температур в области, отвечающей возникновению самоподдерживающегося термоядерного синтеза. Параметризация сечения основана на использовании безмодельного подхода-приближения эффективного радиуса, являющегося достаточно простым и эффективным методом описания околопороговых процессов с участием заряженных частиц [3,4]. Результаты расчета скорости реакции хорошо согласуются с базой данных [5], которая до последнего времени являлась единственной, согласующейся с экспериментальными данными, но основанная на отличном от данной работы подходе. Критерий Лоусона использовался в виде, приведенном в [6].

Полученные результаты таковы: $n_e\tau = 5.73\ см^{-3} \cdot с$, T=104 кэВ, тогда как по данным работы [6], $n_e\tau = 6.5 \cdot 10^{14}\ см^{-3} \cdot с$, T=105 кэВ ($n_e\tau$-параметр удержания плазмы). Приведенные результаты показывают их различие на уровне 12 %, что связано как с учетом релятивистских эффектов в выражении для тормозного излучения, так и с использованием новых значений для скорости реакции синтеза.

Литература

1 Рыжков С.В., Чирков А.Ю. Системы альтернативной термоядерной энергетики. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. -200 с.

2 Lawson. J.D. Some Criteria for a Power Producing Thermonuclear Reactor // Proc. Phys.Soc.-1957. – V.70. – P.6-10.

3 Bethe A.H. Theory of the effective range in nuclear scattering //Phys. Rev. –1949. –V.76. – №1. – P.38-50.

4 Карнаков Б.М., Мур В.Д., Поздняков С.Г., Попов В.С. Полюса и резонансы в низкоэнергетическом рассеянии заряженных частиц // Ядерная физика. – 1991. – Т. 54. – вып. 2(8). – С.400-403.

5 Caughlan G.R., Fowler W.A. Thermonuclear reaction rates V// Ann. Rev. Astron. Astrophys. – 1988. – V.40. – P.283-334.
6 Баско М.М. Физические основы инерциального термоядерного синтеза. - М: ИТЭФ. - 2007. – 147с.

ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ОКИСЛЕНИЯ БИНАРНОГО РАСПЛАВА Sn – Al ВОДЯНЫМ ПАРОМ ПРИ ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА, РАСХОДА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ И СОДЕРЖАНИЯ Al В РАСПЛАВЕ

С.Р. Асхадуллин, В.К. Милинчук.
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Алюмоводородные технологии являются базовыми для водородной энергетики, в том числе и для энергоустановок на топливных элементах [1-3].

Цель настоящей работы заключалась в проведении синтеза водорода в расплаве Sn-Al. Эксперимент проводили при вариации следующих параметров: температура жидкометаллической среды, расход газа-носителя и содержание алюминия в бинарном расплаве.

Разогревали установку до необходимой температуры, расплавляли олово, растворяли в нем алюминий. Далее разогревали дистиллированную воду до 50 °С и продували увлажненный аргон через реакционную емкость со слоем жидкого олова с алюминием с заданным расходом газа.

Контроль процесса осуществляли с помощью периодического газового хроматографического анализа (использовали детектор по теплопроводности) проб отработавшей газовой смеси на объемное содержание водорода.

Критерием окончания реакции являлось достижение C_{H_2} нулевого уровня.

Отмечено, что:

- с ростом температуры увеличивается выход водорода, что можно объяснить увеличением растворимости Al в расплаве Sn;

-зависимость выхода водорода от скорости газа-носителя нестандартная и требует дальнейшего исследования;

-при расходе газовой смеси 3 л/ч генерация H_2 носит скачкообразный характер;

- в области концентраций 0,5-1,0% Al в расплаве не происходит существенного влияния на выход водорода;

- при 0,07% Al в расплаве резко возрастает выход водорода, возможно на низких концентрацияхAl в расплаве весь Al расходуется на взаимодействие с водяным паром без побочных реакций (образуется меньше Al_2O_3, который оказывает мешающее воздействие).

Наибольший выход водорода наблюдается при следующих условиях:

- температура расплава 500°С;
- расход газа-носителя 1,8 л/ч;
- содержание Al в расплаве 0,07%.

Литература

1 Яценко С.П. Галлий. Взаимодействие с металлами. – М., Наука, 1974.

2 Асхадуллин Р.Ш., Осипов А.А., Скобеев Д.А. Жидкометаллическая технология синтеза анизотропного наноструктурного аэрогеля AlOOH. //Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2016. – № 4 – С. 91–101.

3 Аминов Р.З., Байрамов А.Н. Комбинирование водородных энергетических циклов с атомными станциями. – М., Наука. – 2016. – С. 14–30.

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕНЫ ГАДОЛИНИЕВОГО ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ НА ЭРБИЕВЫЙ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМНОЖЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР-1200

Е.В. Бабинцев, Ю.О. Бохолдин, Н.С. Максимов
ВУНЦ ВМФ «Военно-Морская Академия»,
г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия

Ядерная энергетика в настоящий момент является существенным источником электроэнергии для человечества. Ядерной энергетике присущи особенности, которых нет ни у одной другой отрасли энергетики. Именно на основе ядерной энергетики возможно создание практически неиссякаемого источника энергии [1]. В отличие от технологии термоядерного синтеза ядерная энергетика в достаточной степени освоена уже сейчас. Ядерная энергетика гораздо более экологически чистая чем энергетика на основе сжигания газа или нефти. Она независима от прихотей природы как гидроэнергетика, использование энергии ветра или Солнца.

Поэтому проблема улучшения и дальнейшего развития ядерной энергетики является существенным вопросом для человека. С момента создания первых атомных электростанций ведется постоянная разработка все новых и новых решений, призванных повысить эффективность, безопасность, расширить область применения ядерной энергетики.

В настоящее время, основным путем повышения эффективности использования топлива (выгорания топлива), для тепловых реакторов, является увеличение обогащения и профилирование обогащения в ТВС. В том числе это достигается путем использования выгорающих поглотителей.

В данный момент планируется создание новой усовершенствованной кассеты ТВС-XXI для реактора типа ВВЭР-1200. Обогащение урана в ней будет поднято до 7%. Предполагается переход на эрбиевые поглотители и новые конструкционные материалы. Перспективные топливные циклы и повышенное топливоиспользование в реакторах ВВЭР будет

обеспечиваться, в том числе, путём применения уран-эрбиевого топлива с обогащением порядка 6,5% и выше по U235 [2].

Целью работы является оценка эффективности применения уран-эрбиевого топлива для ВВЭР-1200 с содержанием U235 более 5%.

Для этого была составлена модель ТВС реактора ВВЭР-1200 в расчетном комплексе SERPENT 2.1.30 и проведены дальнейшие расчеты в данном программном комплексе.

Литература

1 Выговский С.Б. Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР/ С. Б. Выговский, Н. О. Рябов, А. А. Семенов и др. – Москва, НИЯУ МИФИ, 2011. – 376 с.

2 Давахра, Саду. Использование выгорающих поглотителей в реакторах типа ВВЭР/Давахра Саду – Москва, 2006 – 13с.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ И УРОВНЕМ ЖИДКОСТИ НА ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Р. Беррекси , А.О. Толоконский, С.А. Королев, З. Лаидани, М. Уахиун
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

Повышение эффективности систем управления технологическими процессами является одной из важных задач в современных областях управления. Чтобы достичь этих целей, необходимо внедрение новых подходов к построению систем управления реального времени, таких как, адаптивное управление, методы управления, основанные на искусственном интеллекте, в том числе на нечеткой логике [1].

Уровень и температура жидкости используются в различных отраслях промышленности, например, на тепловых и атомных электростанциях. Система контроля уровня воды и температуры,

применяемые в таких отраслях промышленности очень важны и является одними из важных критериев для технологического процесса.

На кафедре «Автоматика» университета НИЯУ МИФИ для учебного процесса разработан лабораторный практикум, построенный на базе комплекса программного обеспечения (КПО) «МикСИС» и модулей комплекса технических средств (КТС), являющихся составляющими программно-технического комплекса УМИКОН, использованный для выполнения поставленной задачи [3].

В этой работе рассматриваются этапы разработки нечеткого алгоритма и его реализация в системе реального времени для управления поддержания температуры и уровня жидкости в баке. Алгоритм включает этапы фазификации, построения базы правил и дефазификации. Алгоритм нечеткой логики реализован в среде интерпритатора MikBASIC являющегося системой технологического программирования базы данных реального времени MWBridge.

Литература

1 Хижняков Ю.Н. Нечеткое регулирование температуры теплоносителя // Вестник ПНИПУ - Электротехника, информационные технологии, системы управления – 2016. – № 20. – С.5-12.

2 Mohamed Zaidan Qawaqzeh and Yasir Khalil Ibrahim. Valve Control System Using Fuzzy Logic // British Journal of Mathematics & Computer Science; BJMCS, 14(4): 1-7, 2016.

3 Толоконский А.О., Володин В.С. Реализация принципа разнообразия программно-технических комплексов АСУ ТП объектов атомной отрасли в учебном процессе // Подготовка кадров. Ядерная энергетика – 2018. – № 1. С.154 - 164.

АНАЛИЗ «ПЭЛЬНОГО» ЭФФЕКТА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ В-392М

Ю.О. Бохолдин, Е.В. Бабинцев
ВУНЦ ВМФ «Военно-Морская Академия»,
г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия

В настоящее время для обеспечения экономичной и безопасной эксплуатации реакторной установки (РУ) ВВЭР-1200 необходимо наличие точной и оперативной информации о распределении полей энерговыделения температуры, температуры и других ядерно-физических и теплотехнических параметров внутри АЗ. Эту задачу выполняют системы внутриреакторного контроля (СВРК), в состав которых входят датчики, линии связи, электронная измерительная аппаратура, алгоритмы и программы для обработки полученной информации. На основании первичной информации, полученной от датчиков, рассчитываются и выводятся к ведущему инженеру по управлению реактором (ВИУР) обобщённые параметры, характеризующие режим работы АЗ [1]. Их также можно использовать в качестве сигналов защиты при возникновении критический ситуаций. При данном случае возрастают требования к достоверности получаемой информации и надёжности системы ВРК. Система даёт достаточно точную и детальную информацию о распределении плотности нейтронного потока и температуры на выходе ТВС [2].

Цель данной работы – проведение исследования показаний термопар, установленных в инструментальном канале ТВС, из-за влияния недогретых потоков теплоносителя, на энергоблоке № 2 Нововоронежской АЭС-2, где эксплуатируется первая топливная загрузка.

В ходе данной работы был проведен анализ работы системы температурного контроля в КНИТ для реактора ВВЭР-1200 на блоке №2 Нововоронежской АЭС-2. Конструкция и расположение КНИТ в активной зоне реактора обеспечивает приемлемый контроль температуры на входе в ТВС и на выходе из ТВС по сравнению с ВВЭР-1000.

В результате была предложена методика экспериментального анализа показаний термопар на выходе ТВС.

Литература

1 Саунин Ю.В., Добротворский А.Н., Семенихин А.В., ОАО "Нововоронежатомтехэнерго" Исследование факторов, определяющих температурную стратификацию теплоносителя в горячих нитках петель 1-го контура реакторных установок ВВЭР-1000.

2 Жук М.М., Белозеров В.И. Физика реактора ВВЭР-1000 и эксплуатационные режимы: Учебное пособие. – М.: Дом прессы. Минск. 2012 г., 150 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ ПАРА В РАЗЛИЧНЫХ УЗЛАХ ТУРБОУСТАНОВКИ НА ТЕПЛО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР

В.Д. Ватаман, Д.А. Уралов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Существует большое число видов атомных электрических станций, различающихся типами применяемых атомных реакторов, используемым топливом, замедлителями нейтронов, теплоносителями, рабочими телами и другими конструктивными составляющими. Однако в итоге для преобразования полученной от реактора теплоты в электроэнергию всегда применяется паротурбинная установка. [1]

Особенности получения теплоты от реактора, а также особенность экономики АЭС, где, в отличие от обычных электростанций, затраты на топливо составляют лишь малую часть себестоимости вырабатываемой электроэнергии, приводят к тому, что чаще всего верхняя граница температурного интервала, в котором осуществляется цикл, намного ниже, чем

для циклов обычных электростанций. В этих условиях становится целесообразным использование цикла с влажным водяным паром. В связи с этим необходимо проводить сепарацию пара для предотвращения неисправностей агрегатов. [2]

Увеличение эффективности сепарации пара поможет избежать множество технологических и экономических проблем на АЭС, связанных с избыточной влажностью. [3]

По итогам работы были получены значения $КПД_{НЕТТО}$ энергоблока в диапазоне 0.29-0.294.

Литература

1 Лякишев С.Л., Трунов Н.Б., Сотсков В.В. Исследование течения пара в паровом коллекторе парогенератора ПГВ-1000 МКП// Тяжелое Машиностроение. – 2010. - № 11. – С.10-13.

2 Легкоступова В.В., Судаков А.В. Модернизация сепараторов-пароперегревателей энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2017. – Т.23. – №3. – С.61–73. DOI: 10.18721/JEST.230306

3. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. – М.: Издательство МЭИ, 2004.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РАБОТУ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБЛУЧЕННЫХ ТОПЛИВНЫХ СБОРОК

С.М. Глухов, А.Д. Лезов, О.Л. Ташлыков, В.А. Климова
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

После аварии на АЭС Фукусима пристальное внимание было обращено на повышение надежности охлаждения облученных топливных сборок (ОТВС) в бассейнах выдержки.

Применительно к исследовательской ядерной установке ИВВ – 2М топливные сборки после выгрузки из реактора выдерживаются в шахте хранилище (ШХ) для снижения

остаточных тепловыделений. Охлаждение ОТВС в ШХ производится циркулирующей водой.

Мощность остаточных тепловыделений в ШХ зависит от количества ОТВС и глубины их выгорания. В работах [1], [2] была проведена оценка изменения температуры воды в ШХ при обесточивании, рассеивании теплоты за счет теплопроводности через стенки шахта хранилища. На основании анализа различных систем теплоотвода была предложена схема пассивного расхолаживания ШХ с использованием термосифонов (рис.1) [3].

В настоящее время ведутся исследования по оценке влияния на эффективность отвода теплоты системой расхолаживания в окружающую среду от геометрических характеристик конденсатора и метеорологических условий.

В данной работе представлены результаты оценки интенсивности отвода тепла от конденсатора при различных температурах окружающей среды. Для этого рассматривались климатические условия по месту расположения исследовательской ядерной установки ИВВ-2М (г. Заречный). Были определены зависимости теплоотвода от температуры окружающей среды в интервале температур от –33 °С до +35 °С [4]. С точки зрения надежности обеспечения пассивного отвода тепловыделений в ШХ наибольшее внимание было уделено максимальным температурам в летнее время года.

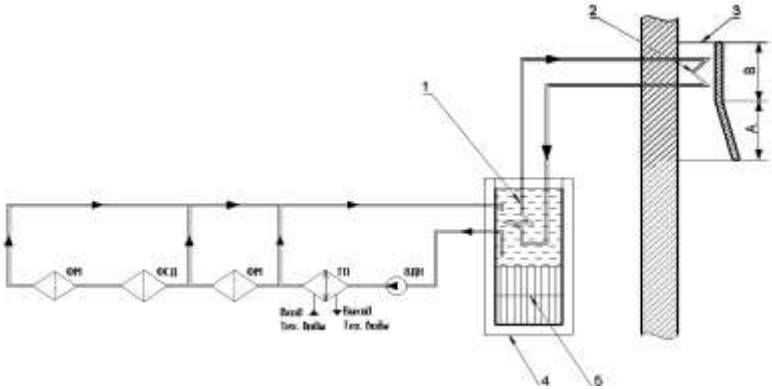


Рис. 1. Схема работы термосифона с вытяжной трубой: 1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 –вытяжная труба; 4 – ШХ; 5 – ОТВС.

Для исследования использовался пакет вычислительной гидродинамики Flow Simulation, являющийся дополнением к САПР SolidWorks. Было проведено моделирование процесса передачи теплоты от внешнего конденсатора к воздуху. Построены зависимости изменения теплосъема от окружающей среды.

Литература

1 Kurteev A.V., Klimova V.A., Sevastyanov M.M., Tashlykov O.L. Numerical simulation of residual heat removal from the spent fuel assemblies storage pit. December 2019. AIP Conference Proceedings 2174(1): 020170.

2 Куртеев А.В., Нейская С.А., Севастьянов М.М., Ташлыков О.Л. Расчетная оценка отвода остаточных тепловыделений от шахты-хранилища облученных топливных сборок в строительные конструкции // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: материалы Межд. конференции. Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С.828-833

3 Shumkov D.E., and Tashlykov O.L. Development of a passive removal heat system for the storage pit of IVV-2M research nuclear reactor AIP Conference Proceedings 2313, 070005 (2020)

4 Дневник погоды в Заречном за Март 2021 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gismeteo.ru/diary/12762/ (дата посещения 10.03.2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ТЕПЛООТДАЧУ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ КИПЕНИИ

А.С. Горбач, В.И. Белозеров
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований теплоотдачи при поверхностном кипении воды в вертикальных каналах в

зависимости от давления, скорости циркуляции, величины теплового потока и температуры жидкости.

Актуальность исследований теплоотдачи состоит в определении наивыгоднейших условий эксплуатации теплообменных аппаратов ядерных энергетических установок (ЯЭУ), тепловых электростанций, различных теплообменных устройств в других областях промышленности и т.д.

Экспериментальная установка представляет собой замкнутый контур с принудительной циркуляцией жидкости. Исследуемый канал которой представляет собой тонкостенную трубку из нержавеющей стали с внутренним диаметром 5,6 мм и длиной 225 мм. Расход в контуре обеспечивал шестерёнчатый циркуляционный насос, приводимый в действие электродвигателем постоянного тока. Для создания необходимого теплового потока, исследуемый канал обогревался переменным электрическим током с напряжением до 35 вольт и силой тока до 700 ампер.

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем. Для уменьшения влияния каждого отдельного фактора на теплоотдачу эксперимент проводился в несколько серий. В каждой серии менялся один из вышеперечисленных параметров, непосредственно влияющих на величину коэффициента теплоотдачи, при этом другие факторы по возможности поддерживались неизменными. Эксперименты проводились при давлениях 6, 7, 40 бар, удельных тепловых потоках до $8{,}0 \cdot 10^6$ Вт/м^2, и скоростях жидкости от 0,7 до 11,5 м/с.

Результаты исследований показали, что влияние вышеперечисленных факторов на теплоотдачу зависят от температуры недогрева жидкости.

Так в случае малых недогревов, где $\Delta t_н \leq (\Delta t_н)_{пред.}$ влияние самого недогрева жидкости на теплоотдачу настолько мало, что им можно пренебречь. При фиксированных тепловом потоке и давлении с увеличением скорости циркуляции теплоотдача увеличивается и пропорциональна $Re^{0.17}$. При фиксированных тепловом потоке и скорости циркуляции с увеличением давления теплоотдача увеличивается и пропорциональна $P^{0.35}$. При фиксированных скорости циркуляции и давлении с увеличением

удельного теплового потока, теплоотдача увеличивается, она пропорциональна $q^{0.7}$ и вносит определяющее воздействие на интенсивность теплоотдачи.

В случае больших температур недогрева, где $\Delta t_н > (\Delta t_н)_{пред.}$ чем больше $\Delta t_н$ тем меньше теплоотдача, и наоборот с уменьшением температуры недогрева, теплоотдача увеличивается. Влияние скорости циркуляции жидкости на теплоотдачу остается таким же, как и в первом случае, она пропорциональна $Re^{0.17}$. При фиксированных тепловом потоке, температуре недогрева и скорости циркуляции с увеличением давления теплоотдача увеличивается и пропорциональна $P^{0.25}$. Влияние удельного теплового потока на теплоотдачу при больших температурах недогрева жидкости имеет такое же влияние, как и при малых недогревах, теплоотдача пропорциональна $q^{0.7}$.

Литература

1 Скворцов С.А. Выдающиеся ученые курчатовского института. – М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2015. – 288 с.

2 Васильев А.Н. Кризис теплообмена, связанный с резким вскипанием жидкости в каналах малого диаметра. // Автореферат дисс. к.т.н. – Киев: институт технической теплофизики, 1972. – 21 с.

3 Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ В РЕАКТОРАХ ВВЭР

А.Д. Горбачева, А.М. Терехова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В качестве выгорающего поглотителя в реакторных установках типа ВВЭР возможно использование Gd_2O_3 и Eu_2O_3. Разработки технологий ВВЭР нацелены на использование разных

ВП, усовершенствование их концентрации и размещения в твэлах с целью замены «жидкостной» системы компенсации избыточной реактивности [1-2]. Проводились исследования различных применений ВП: использование гранулированного Gd_2O_3 в UO_2-матрице, размещения проволоки из Gd_2O_3 в центральном отверстии твэлов, использование комбинированных таблеток и др. Нейтронно-физические расчеты ячейки проводились с использованием программного комплекса UNK с учетом выгорания топлива и поглотителя.

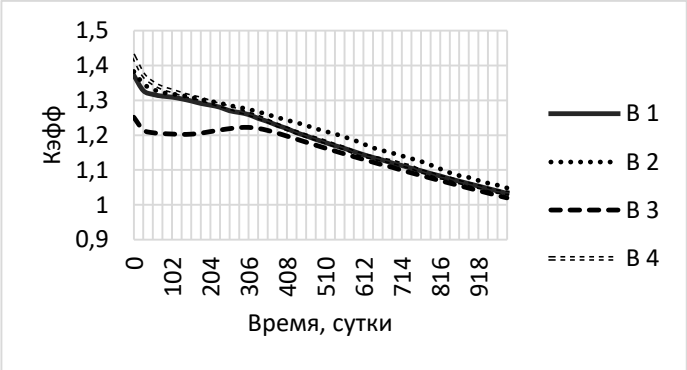


Рис. 1. Зависимость эффективного коэффициента размножения от времени выгорания для трех вариантов размещения ВП и топлива: В 1 – в центральном отверстии твэга; В 2 – напылением на топливо; В 3 – в гомогенной смеси; В 4 – без ВП.

Проведен расчетный анализ использования гадолиния в твэгах ВВЭР-1000 и его расположения: в центральном отверстии, как напыление на топливо, в качестве гомогенной смеси с топливом. Результаты сравниваются с ТВС, в которой гадолиний отсутствует. График зависимости эффективного коэффициента размножения в ТВС без гадолиния представлен на рис. 1.

Литература

1 Рисованый В.Д., Захаров А.В., Клочков Е.П. Поглощающие материалы и органы регулирования ядерных реакторов: учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом «МЭИ», 2012. – С. 127-135.

2 Рисованый В.Д., Захаров А.В. Использование соединений гадолиния в качестве выгорающих поглотителей в активных зонах ядерных реакторов. ОАО «ГНЦ РФ НИИАР», г. Димитровград, 2012. – С. 24-31.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТВОРИМЫХ ГЕТТЕРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НАТРИЯ ОТ КИСЛОРОДА

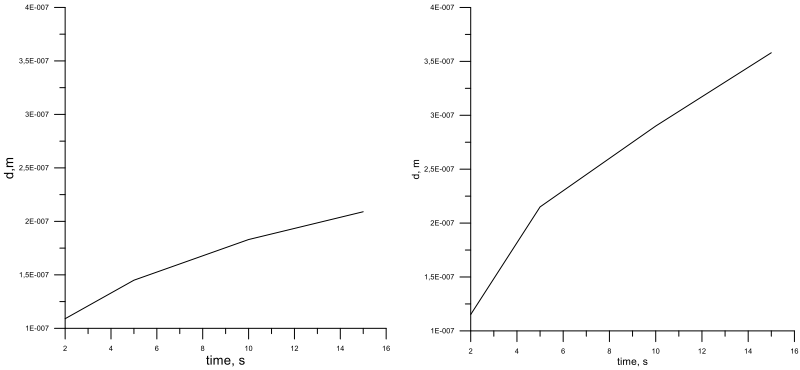
Р.О. Зыкова, В.В. Алексеев, И.А. Сутягин
АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», г. Обнинск, Россия

Применение жидкометаллических теплоносителей (ЖМТ) в БР ставит задачу поддержания чистоты ЖМТ в первом контуре ЯЭУ. Для БР стоит задача создания встроенных в бак реактора систем очистки натрия. Наиболее перспективны геттерные системы очистки с растворимыми геттерами, обладающие возможностью проведения низкотемпературной очистки [1].

В работе проанализированы эффективности двух вариантов системы очистки с растворимым геттером (магнием и барием). Выбранные материалы обладают способностью активного химико-физического взаимодействия с оксидом натрия с образованием твердого оксида геттера, с последующим его удалением с помощью фильтрации [2].

Проведены расчеты эффективности предлагаемых геттеров с использованием смоделированной математической модели процесса коагуляции в диапазоне температур – 200 – 500 С. На первом этапе очистки идет инфильтрация натрия через пористый слой растворимого геттера. Изменение концентрации геттеров в натрии продолжается пока они взаимодействуют с Na_2O (кислородом). На втором этапе разбавление профильтрованного натрия исходным натрием приводит к резкому увеличению концентрации Na_2O и, соответственно, уменьшению концентрации геттера. Геттер, взаимодействующий с кислородом, образует оксид, растворимость которого в натрии ниже, чем растворимость самого геттера. Ввиду этого в потоке натрия образуется взвесь нерастворенного оксида геттера.

С увеличением температуры время окончания образования твердого оксида геттера (взвеси) уменьшается. При окончании образования взвеси дальнейшее изменение дисперсного состава системы будет зависеть только от параметров коагуляции. На рис. 1 отображена зависимость среднего размера частиц в ансамбле, которые вносят основной вклад в массоперенос, при температуре натрия 200 ºС от времени.



а) Mg б) Ba

Рис. 1. Зависимость среднего размера частиц взвеси от времени (температура натрия 200 ºС).

Исследуя два типа растворимых геттеров, можно заключить, что при одинаковых исходных условиях процесса коагуляции эффективность Ba, как геттера, выше, чем Mg. Это связано с возможностью образования наиболее крупных частиц для последующего улавливания фильтрующим устройством. Для дальнейших исследований требуется рассмотреть другие материалы (кальций, бериллий, стронций) для возможности использования в виде растворимых геттеров в устройстве очистки натрия от кислорода.

Литература

1 Кузина Ю.А., Алексеев В.В., Сорокин А.П., Воронин И.А., Коновалов М.А., Зыкова Р.О. Исследование геттерной очистки

натрия от кислорода // ВАНТ. Серия: Ядерно-реакторные константы. - Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ, 2020. – С. 110-116.

2 Кузина Ю.А., Алексеев В.В., Сорокин А.П., Воронин И.А., Коновалов М.А., Зыкова Р.О. Исследование геттерной очистки натрия от кислорода // Теплофизика реакторов нового поколения. Теплофизика-2020. – Обнинск: ГНЦ РФ – ФЭИ, 2020. – С. 41-42.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДИАПАЗОНА ИСТОЧНИКА СИСТЕМ АКНП ДЛЯ АЭС

Ю.С. Коптелов
Закрытое акционерное общество “СНИИП-СИСТЕМАТОМ”, г. Москва, Россия

В работе представлены результаты научно исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию термо- и радиационно-стойкой конструкции нового неперемещаемого блока детектирования (БД) плотности потока тепловых нейтронов в диапазоне источника работы реакторной установки (РУ), а также теоретических расчетов и экспериментальных исследований изменения чувствительности разработанной подвески с учетом изменившихся воздействующих факторов.

Неперемещаемый БД разработан на основе терморадиационно-стойкой модификации коронных счетчиков нейтронов, и основан на физических принципах и основных конструктивно-технологических решениях по аналогии со счетчиками нейтронов СНМ-11 ОД0.339.070 ТУ.

Чувствительность БД к тепловым нейтронам в диапазоне энергий 0,025 - 0,5 эВ составляет 4±1 см^2 (число импульсов за 1 с под воздействием потока нейтронов с плотностью 1,0 с$^{-1}$ см$^{-2}$).

Конструкция БД неразборная и герметичная, термо- и радиационно-стойкая. Следовательно, отсутствует необходимость в перемещении БД в канале ионизационных камер в процессе эксплуатации, что исключает перетирание и разрыв кабеля на барабане механизма перемещения и как

следствие выход из строя БД, а также дополнительную радиационную нагрузку на персонал.

Литература

1 Koptelov Yu.S., Malenkin D.A., Mironov A.Yu., Sadekov T.A. Unmovable Detection Unit of the Thermal Neutron Flux in the Source Range of the Reactor/ XIII International Youth Scientific and Practical Conference “Future of Atomic Energy – AtomFuture 2017”, KnE Engineering, P. 389–399. DOI 10.18502/keg.v3i3.1639.

2 Коптелов Ю.С. Влияние воздействующих факторов на чувствительность блока детектирования на основе коронных счетчиков СНМ-11. //Ядерная физика и инжиниринг. – 2018. – Т. 9. – № 6. – С. 69–75.

3 Коптелов Ю.С. Аппаратура контроля нейтронного потока для АЭС поколения 3+ и 4 // Атомная энергия. – 2018. – Т. 125. - №1. – С. 23–26.

ВОДОРОДНАЯ ОЧИСТКА КОНТУРОВ СО СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ ОТ ШЛАКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ ОКСИДОВ

М.М. Кошелев, В.В. Ульянов
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск, Россия

Свойства свинецсодержащих теплоносителей (низкая химическая активность, высокая температура кипения, низкое давление паров) позволяют рассматривать их для охлаждения перспективных реакторных установок на быстрых нейтронах [1].

В процессе эксплуатации контуров с таким теплоносителем возможно образование шлаковых отложений на основе PbO [2] в случае попадания в контур кислорода воздуха.

Для очистки тяжелых жидкометаллических теплоносителей от PbO могут применяться разные методы: фильтрация, обработка гидразингидратом ($N_2H_4 \cdot H_2O$), обработка газовыми смесями «H_2–H_2O–Ar» [3]. Последний метод является наиболее технологичным, предпочтительным и, как следствие, распространенным. Определяющей является реакция

взаимодействия водорода и оксида свинца с образованием водяного пара и свинца. Последний при этом возвращается в состав теплоносителя.

Проведены экспериментальные исследования кинетики реакции восстановления свинца из его оксида. В качестве модельных шлаков [2] использовались гранулы оксида свинца, полученные путём прессования порошка и последующего обжига. Восстановление проводилось при температурах 400, 500 и 600 ºС. Полученные экспериментальные зависимости степени восстановления от времени представлены на рис.1.

Обработка полученных данных показала, что механизм протекания реакции может быть описан уравнением Грея-Веддингтона «сокращающейся сферы»:

$$1-(1-\alpha)^{1/3} = k \cdot t,$$

где: α – степень восстановления; k – константа скорости химической реакции, c^{-1}; t – время, с.

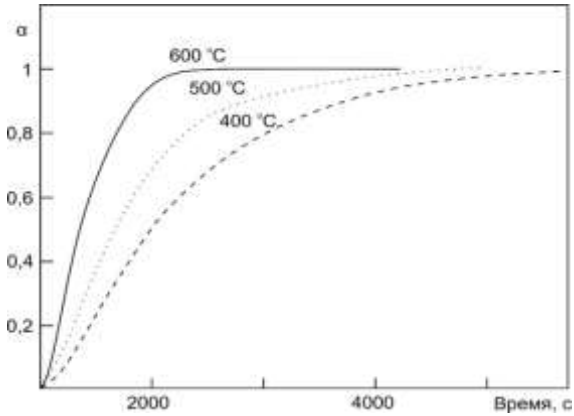


Рис. 1. Кинетические кривые восстановления оксида свинца в среде водорода.

Энергия активации реакции восстановления гранулированного оксида свинца в условиях эксперимента составила 32 кДж/моль. Погрешность её определения оценена на уровне 17%. Можно сделать вывод, что реакция протекает в

переходной области реагирования. Интенсификация водородной очистки контуров возможна за счёт повышения эффективности доставки восстановителя к шлаковым отложениям. Необходимо вводить водородсодержащую смесь в контур со степенью дисперстности достаточной для её транспортировки потоком теплоносителя.

Литература

1 Khorasanov G.L., Samokhin D.S., Zevyakin A.S. A 208 Pb coolant for a multipurpose nuclear reactor // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. 2018. – С. 012008

2 Ульянов В.В., Асхадуллин Р.Ш., Мельников В.П., и др. Свинецсодержащие теплоносители в перспективных технологиях переработки твердого, жидкого и газообразного сырья // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. 2019. – № 1. – С. 52-66.

3 Ulyanov V.V., Gulevsky V.A., Storozhenko A.N., Teplyakov Y.A. Control of oxidizing potential of Pb and Pb-Bi coolants. //Oriental Journal of Chemistry. 2015. – Т. 31. – № 4. – С. 2059-2069.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ АЭС

А.Ю. Кушаков, Д.А. Распопов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Актуальным для любого АЭС является безотказная работа установленных асинхронных электродвигателей и, соответственно, бесперебойность технологического процесса. Для решения данной задачи необходимо их качественное техническое обслуживание в процессе эксплуатации и проведение ремонтных работ высококвалифицированным персоналом с учетом всех требований.

Асинхронные двигатели являются наиболее распространенными в АЭС среди всех электрических машин. В количественном отношении они составляют около 90 % всего парка машин, а по установленной мощности – около 55 %. [1] Поэтому наиболее важным остается предвещать и диагностировать возможные неполадки АЭД.

Актуальность проблемы и направление исследований. Мониторинг состояния технического объекта является одним из этапов эксплуатации, так как позволяет отслеживать изменения в работе оборудования, связанные с неправильной эксплуатацией, износом деталей, и предупреждать аварийные ситуации.

Наиболее распространенными методами диагностики АД являются: диагностика АД по среднеквадратичному значению (СКЗ) вибросигнала; вибродиагностика АД с помощью фазовых портретов (траекторий колебаний); спектральный анализ; спектральный анализ огибающей; кепстральный анализ; ультразвуковая дефектоскопия и акустическая диагностика; специальные диагностические параметры; вейвлет-анализ; статистические методы обработки сигналов вибрации; диагностика на основе нейронных сетей. [2]

В настоящее время широкое распространение получил метод спектрального анализа потребляемого тока. Важным преимуществом этого подхода является то, что проведение мониторинга тока электродвигателя может быть выполнено как непосредственно на нем, так и в электрощите питания. Физический принцип, положенный в основу этого метода, заключается в том, что любые возмущения в работе электрической или механической части электродвигателя и связанного с ним устройства приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого электродвигателем тока. Наличие в спектре тока двигателя характерных частот определенной величины свидетельствует о наличии повреждений электрической или механической части АЭД и связанного с ним механического устройства.

С помощью устройства, лабораторного экспериментального стенда, был проведен эксперимент по сбору данных

электрических шумов АЭД при различных режимах работы. Благодаря таким программам как Octave и Python, появляется возможность по собранным данным построения спектрального анализа, благодаря которому можно оценивать эксплуатационные характеристики АЭД в специально созданных диагностических условиях.

Решение задач технической диагностики требует анализа множества состояний, в которых объекты могут находиться в период эксплуатации, классификации этих состояний, выбора диагностических параметров и признаков, установления связи между конкретными значениями диагностических параметров и конкретным техническим состоянием объекта, разработки решающего правила и алгоритма постановки диагноза.

Математическое моделирование состояний асинхронного двигателя на основе анализа электрошумавых характеристик, является актуальной задачей, так как высокий уровень информативности дает возможность разрабатывать бесконтактные методы контроля и осуществлять диагностику эксплуатационного состояния асинхронного двигателя в реальном времени.

Литература

1 Копылов И.П. Электрические машины: учеб. для вузов, 2-е изд., перераб. и доп. − М.: Высшая школа, 2000. – 607 с.

2 Шевчук В.А., Семёнов А.С. Сравнение методов диагностики асинхронного двигателя // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3-4.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОШУМОВОЙ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

М.А. Марин, Д.А. Распопов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Атомная энергетика предъявляет повышенные требования для всего оборудования устанавливаемого на АЭС. Одну из основных ролей в работе атомных электростанций при этом играет насосное оборудование, которое задействовано практически во всех ключевых технологических процессах: главный циркуляционный контур, для перекачки теплоносителей в реакторных установках, действующих АЭС; циркуляционная система для охлаждения конденсаторов турбин; питательные насосы в системе подачи воды; насосы в системе безопасности и прочие. Именно поэтому данные машины нельзя оставлять без присмотра и контроля их технического состояния.

Диагностика является важнейшей функцией технического обслуживания и фактором, обеспечивающим безаварийную работу насосного оборудования. Во время диагностики проверяют состояние оборудования, производят чистку, промывку, продувку, ремонт изоляции, доливку или замену масел, выявляют дефекты эксплуатации и нарушения правил безопасности, уточняют состав и объем работ, подлежащих выполнению при очередном текущем или капитальном ремонте. Различают два вида технического диагностирования: тестовое и функциональное. Тестовое техническое диагностирование - диагностирование, при котором на объект от системы контроля подаются специальные тестовые воздействия. Функциональное техническое диагностирование осуществляется в процессе непосредственного использования объекта контроля по назначению, когда на него поступают только рабочие воздействия, предусмотренные алгоритмом функционирования.

Рис. 1. Прибор Smart Socket – Smart Energy Systems.

Для начала диагностики необходимо было получить данные характеристик, для этого использован экспериментальный лабораторный стенд Smart Socket – Smart Energy System изображенный на рис. 1. С его помощью проведены эксперименты по сбору данных тока и напряжения при различных режимах работы насосного оборудования, а также были проведены наглядные сопоставления реакции данных показателей на характеристики насосоного оборудования: давление, расход, разряжение, крутящий момент. Для решения задачи были разработаны методы и алгоритмы контроля технического состояния на основе спектрального, корреляционного и шумового анализа данных эксплуатации насосного оборудования.

Литература

1 Будов В.М. Насосы АЭС. - М.: Энергоатомиздат,1986. – 408 с.

2 Герасимова А.Г. Контроль и диагностика оборудования ТЭС и АЭС. – Учеб. пособие, Минск: Выш. шк., 2011. – 272 с.

3 Распопов Д.А. Белоусов П.А. Возникновение техногенных рисков в результате аварий в энергосистемах объектов ядерной отрасли. / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 45.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМЕРИЦИЯ В КАЧЕСТВЕ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ РЕАКТОРА ВВЭР

А.Д. Павлова, И.А. Тишина
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Одним из направлений совершенствования топливного цикла реакторов типа ВВЭР является повышение глубины выгорания топлива и удлинение кампании реактора, что достигается повышением обогащения топлива и использованием выгорающих поглотителей [1].

С помощью использования выгорающих поглотителей можно добиться целого ряда преимуществ:

- свести к минимуму число подвижных поглощающих стержней;
- увеличить первоначальную загрузку топлива в активную зону, (которая требуется для увеличения длительности кампании, без увеличения запаса реактивности);
- возможность выравнивания распределения энерговыделения по объему реактора.

Целью данной работы является анализ использования америция в качестве выгорающего поглотителя для реакторной установки ВВЭР. На рис.1 показано, что сечение поглощения в тепловой области для Am-241 достаточно велико [2].

Были рассмотрены два случая размещения оксида америция:

- гомогенное смешение выгорающего поглотителя с делящимся материалом;
- гетерогенное размещение твэгов в тепловыделяющей сборке.

Расчеты производились в программном комплексе UNK. Для расчета выгорания ячейки с микротвэлами по программе UNK. Была построена двухмерная модель тепловыделяющий сборки.

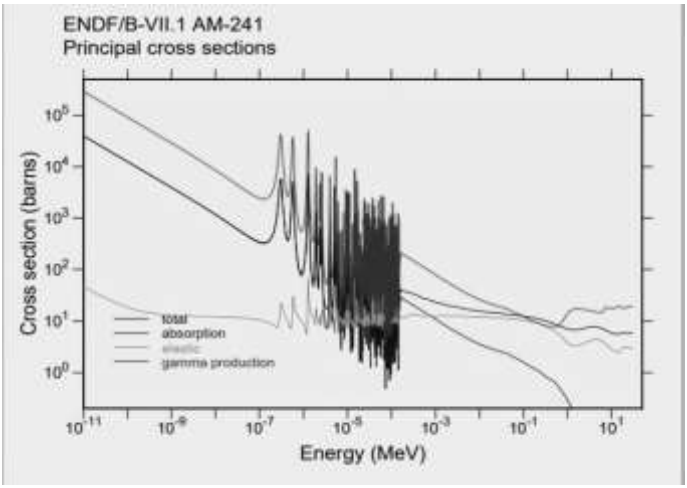


Рис.1. Сечение поглощение в тепловой области для Am-241.

Был проведен анализ гетерогенного и гомогенного размещения оксида америция. Использование америция в качестве выгорающего приносит эффект. Целесообразно использование гомогенного размещения оксида америция. Однако существует проблемы с получением оксида америция для выгорающего поглотителя связаны с радиоактивностью данного элемента.

Литература

1 Каражелевская Ю.Е., Левон М.А., Терехова А.М. Америций - выгорающий поглотитель нейтронов / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 36-37.

2 ENDF/B-VII.1 Neutron Data// Сайт Los Alamos National Laboratory [Электронный ресурс] Режим доступа: https://t2.lanl.gov/nis/data/endf/ (дата посещения 17.03.2021).

О РОЛИ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

С.Н. Потеряев, И.Э. Розаненков, И.А. Сивинских, О.Л. Ташлыков
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Основная часть графической информации по оборудованию объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), и в первую очередь, атомных станций представлена на основе 2D-графики. Это является сдерживающим фактором в развитии системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) и особенно, при разработке проектов производства работ по выводу из эксплуатации ОИАЭ, создававшихся в 1960-70-е годы [1], [2].

Создание 3D-моделей оборудования и систем является наиболее эффективным и в конечном счете экономичным способом виртуального отображения объектов, позволяет получить полноценную визуальную и достоверную информацию об объекте ремонта (или демонтажа).

Общая 3D-модель помещения с оборудованием позволяет: наглядно продемонстрировать процесс ремонта и технического обслуживания элементов систем; определить возможные несостыковки в технологических процессах; оптимизировать маршруты персонала в зонах работы с источниками ионизирующего излучения; предусмотреть маршруты и пути следования грузоподъёмного оборудования и средств перемещения грузов; обеспечить совмещение во времени выполнения основных и вспомогательных операций [3].

Это особенно важно при планировании работ на радиоактивном оборудовании с целью минимизации облучаемости персонала [4].

На рис. 1 представлена визуализация процесса демонтажа элементов двухкаскадной ванны для дезактивации металла при ремонте системы подачи отмывочной воды.

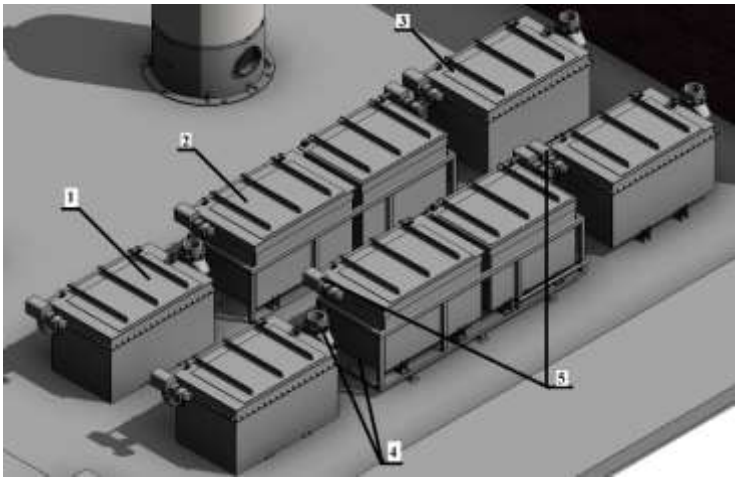


Рис. 1. Комплекс ванн для химической и электрохимической дезактивации: 1 – ванна электрохимической дезактивации; 2 – ванна промывки; 3 – ванна химической дезактивации; 4 – патрубки подвода/отвода раствора; 5 – механизмы открытия/закрытия крышек.

Благодаря развитию систем автоматизированного проектирования, таких как SolidWorks, Autodesk 3ds Max, Autodesk Revit, представляется перспективным создание инструкций по ТОиР на основе 3D-моделей, что также сокращает время при чтении персоналом графического изображения объекта и его систем.

Литература

1 Ташлыков О.Л. Ремонт оборудования атомных станций: учебник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2018. – 352 с.

2 Ташлыков О.Л. АЭС: Продление ресурса и снятие с эксплуатации: учебник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 216 с.

3 Zavadskii D.I., and Tashlykov O.L. Optimization of radiation protection of staff using BIM-designing // AIP Conference Proceedings 2313, 070017 (2020).

4 Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Пути реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала // Ядерная физика и инжиниринг. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 393-401.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

И.В.Савченко[1], Е.С.Лухманова[2]
[1] – «Колатомэнергоремонт» филиал АО «Атомэнергоремонт»,Россия
[2] – ГБПОУ СО «Самарский машиностроительный колледж», г. Самара, Россия

Для объектов, которые являются потенциальным источником опасности, важным понятием является «безопасность». Безопасность – свойство объекта при изготовлении и эксплуатации и в случае нарушения работоспособного состояния не создавать угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды.

Результаты анализа нарушений безопасности позволяют определить основные причины их возникновения:

- несоблюдение регламента технологических процессов;
- недостаточный профессионализм участников процесса;
- частая сменяемость руководителей структурных подразделений, отделений и хозяйств;
- низкий уровень системных требований к разработке, производству и испытанию приборов и в целом к системам, обеспечивающим безопасность технических объектов. [1]

Неразрушающий контроль является неотъемлемой частью процесса обеспечения безопасности технических объектов. На данный момент существует разделение на объекты, которые подведомственны Ростехнадзору, Госатомнадзору и тд.

При такой модели обеспечения качества существует серьезная проблема при переходе специалистов из одной отрасли в другую. Так же оценка компетентности специалистов требует индивидуального подхода. [2,3] Отталкиваясь от физических

процессов сварки и методов неразрушающего контроля, можно сделать вывод, что весь процесс обеспечения качества делится на классы в которых обеспечивается необходимый запас прочности. [4]

При таком подходе нормы оценки качества могут быть описаны в едином документе, который задаст нормы оценки качества как к объектам, не несущим больших физических нагрузок, так и к объектам, к которым предъявляются максимально жесткие требования.

При реализации данной модели, специалисты в области неразрушающего контроля будут находиться в одном поле экспертизы, к ним будут предъявляться единые требования, но в разном объеме, в зависимости от квалификации.

Литература

1 ОТТ-23.040.00-КТН-120-17. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Толстостенные патрубки специальной формы. Общие технические требования.

2 НП-084-15. Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций.

3 СТО Газпром 2-2.4-083-2006. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов.

4 НП-105-18. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже".

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЁТА НАДЁЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ И ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ

Д.С. Самохин, Е.С. Ракитянская, К.Е. Уткина
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В настоящее время проблема разработки отечественных программных комплексов для расчёта надёжности радиоэлектронной аппаратуры является весьма актуальной.

Идёт активное развитие и создание всё нового высокотехнологичного оборудования. Это, в свою очередь, требует непрерывного развития соответствующих программных комплексов для расчёта надёжности.

Использование зарубежных аналогов имеет свои недостатки: высокая стоимость, технологическая зависимость, а также подготовка персонала для работы с зарубежными программами.

Российские программные комплексы такие как АСРН, CRISS, БАРС и другие имеют ряд недостатков, не позволяющих в полной мере провести всестороннее исследование надёжности электрорадиоизделий.

Целью данной работы является создание нового отечественного программного комплекса для расчёта надёжности радиоэлектронной аппаратуры, отвечающей всем современным требованиям надёжности и точности измерений.

Литература

1 Строгонов А., Жаднов В., Полесский С. Обзор программных комплексов по расчёту надёжности сложных технических систем // Компоненты и технологии. – 2007. – №5. – С. 183-190.

2 Тарасов В.А., Зайлер А.В. Анализ программных комплексов по расчёту надёжности // Информационные технологии. – 2020. – С. 134-137.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ЦИРКУЛЯЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS FLUENT

В.А. Севостьянов, В.И. Слободчук
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ ЗО) предназначена для длительного отвода тепла, выделяющегося под ЗО при запроектных авариях (ЗПА), а также для снижения и поддержания в заданных проектом пределах давления под ЗО при наступлении таких аварий [1].

В работе посредством интегральной оценки, качественных рассуждений и численного расчета с использованием CFD-кода Ansys Fluent было проведено детальное исследование системы в процессе установления первичной циркуляции. Были получены зависимости расхода теплоносителя и его температур от времени работы системы. Исследована гидравлическая неравномерность трубной поверхности теплообменника и оценено время работы до момента закипания теплоносителя.

На рис. 1 представлен график изменения расхода теплоносителя в системе от времени процесса установления циркуляции, а на рис. 2 – распределение расходов теплоносителя по длине коллекторов на конец численного расчета (τ = 310,3 с). Полученные результаты хорошо согласуются с приведенной в работе интегральной оценкой и качественными рассуждениями.

Оцененное время до момента закипания теплоносителя в системе составило 6,5 часов, что позволяет говорить о возможности работы системы далеко за пределами установленного проектом времени работы в 24 часа.

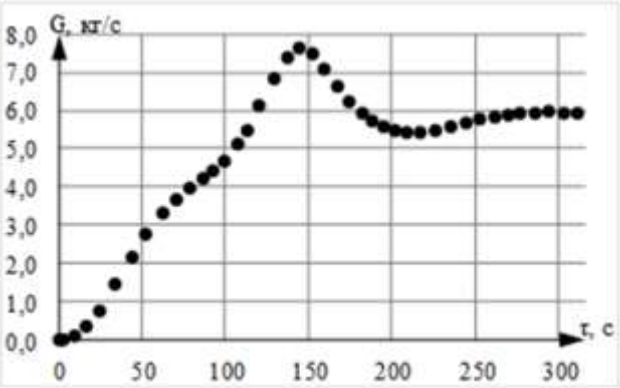


Рис. 1. График изменения расхода теплоносителя при установлении первичной циркуляции от времени протекания процесса.

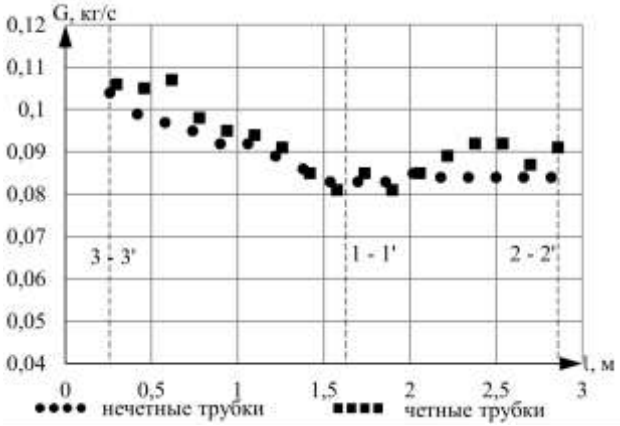


Рис. 2. Распределение расходов в трубках ТО по длине коллекторов на τ = 310,3 с. работы системы.

Литература

1 Безлепкин В.В., Семашко С.Е., Ивков И.М. и др. Система пассивного отвода тепла из внутреннего объема защитной оболочки // пат. 2595639 Рос. Федерация МПК G21C 15/00; заяв. 04.12.2014; опубл. 27.08.2016.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОСКОПИИ

Е.А.Сенаторова[1], Д.А.Распопов[1], Д.М.Беспалов[2], В.Д. Мартыненко[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – Публичное акционерное общество Приборный завод «Сигнал», г. Обнинск, Россия

На атомной электростанции есть такие важные элементы, как системы управления защитой (далее – СУЗ) и блоки детектирования, применяемые для контроля технологических параметров реактора и выдачи сигнала регулирования мощности или остановки реактора в системе управления и защиты реактора. В состав СУЗ и блоков детектирования входят печатные платы, монтаж которых необходимо контролировать и прогнозировать для улучшения технического состояния и обеспечения безопасного эксплуатирования АЭС. В связи с этим, надежность оборудования для атомных станций является первоочередным вопросом на всех стадиях производства, в том числе при монтаже печатных плат.

В данный момент контроль паяных соединений на печатных платах производится только визуально. «Внутрь» пайки заглянуть невозможно, из-за чего нет возможности предугадать уязвимые места после монтажа платы. Каждое паяное соединение представляет собой индивидуальное электрическое соединение. Хорошее паяное соединение помимо параметров, которые контролируются визуально («скелетность» пайки, состояние поверхности паяного соединения), должно также иметь определенную структуру в толще припоя. Наличие пузырьковых включений и раковин может привести к разрушению соединения в процессе эксплуатации и выходу из строя ответственного узла в системе управления защитой [2].

Рентгеноскопический метод является современным методом контроля скрытых внутренних дефектов пайки. С помощью данного метода на рентгеновских снимках визуально можно обнаружить пузырьковые включения воздуха и посторонние частицы в паяном соединении на печатной плате [1]. Изучение этой информации необходимо для корректировки технологии монтажа и подбора качественной паяльной пасты. Важной задачей является прогнозирование и обнаружение вышеперечисленных включений, приводящих к аварийным ситуациям. Поэтому в настоящее время актуальна разработка математических диагностических моделей, которые позволят автоматически выявлять наличие включений в паяных соединениях на ранней стадии производства и улучшить качество выпускаемых блоков детектирования и системы управления и защиты реактора входящей в состав АСУ ТП энергоблока АЭС. Для создания и разработки моделей в работе использовались базы данных рентгенограмм печатных плат с одиночными включениями пузырьков воздуха и современные алгоритмы машинного обучения, искусственного интеллекта и архитектуры искусственных нейронных сетей для решения задач распознавания образов и компьютерного зрения [3].

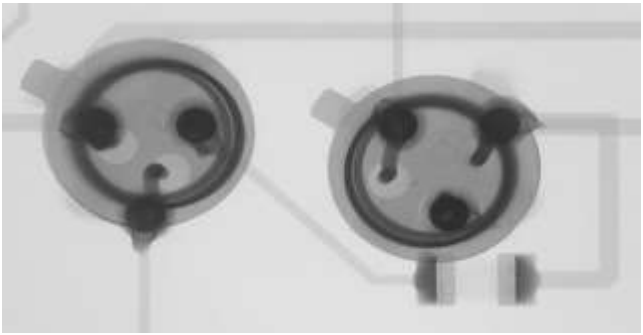


Рис. 1 Рентгенограмма элементов печатной платы разработанной и произведенной в ПАО ПЗ «Сигнал».

Литература

1 ГОСТ Р 53386 - 2009. Национальный стандарт Российской Федерации. Платы Печатные. Термины и определения\

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: //docs.cntd.ru / document / gost- r-53386-2009

2 ГОСТ Р. 56251-2014. Платы печатные. Классификация дефектов. [Электронный ресурс] //Режим доступа: http://docs. cntd. ru/document/-1200114718

3 Дж П. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение //СПб.: Питер. – 2018.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ПРИМЕСЕЙ В ХОЛОДНЫХ ЛОВУШКАХ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ

И.А. Сутягин, В.В. Алексеев, Р.О. Зыкова
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск, Россия

При разработке перспективных АЭС, для повышения уровня безопасности и экономичности ЯЭУ с натриевым теплоносителем необходимо усовершенствование компонентов реакторной установки. Одним из таких компонентов является холодная ловушка (ХЛ). Например, при проектировании БН-1200 было принято решение о размещении системы очистки внутри бака реактора. Данное условие накладывает ограничение на объём ХЛ. Поэтому возникает необходимость в повышении ёмкости ХЛ по примесям и увеличении производительности [1].

В настоящее время, используемые ХЛ имеют неравномерное заполнение зон осаждаемыми примесями. При анализе литературы можно сделать вывод, что существует реальная возможность увеличения ёмкости ХЛ, а также при усовершенствовании конструкции возможно увеличение производительности. В результате оптимизации параметров ХЛ можно повысить экономичность и технологичность устройства очистки натрия.

Разработка трёхмерного кода проводится для расчёта массопереноса примесей в объеме ХЛ. Сложное пространственное распределение примесей, осаждающихся на поверхностях массообмена, может корректно моделироваться с использованием программ вычислительной гидродинамики (CFD). Для выполнения данной работы использовалась открытая

платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред OpenFOAM [2]. Открытый пакет OpenFOAM – набор программ и библиотек для выполнения расчетов задач в области механики сплошной среды, включая вычислительную гидродинамику, методом контрольных объемов, а также средств языка программирования C++ для настройки и расширения решателей.

Подход к численному моделированию тепло- и массообмена в холодной ловушке с помощью пакета OpenFOAM, используемый в расчете, предусматривает следующие основные этапы:

1) создание трехмерной модели натриевого теплоносителя, заполняющего внутреннюю полость ХЛ с помощью пакета SALOME по исходным чертежам;

2) разбиение модели натрия на расчетную сетку с помощью утилиты, входящей в состав OpenFOAM – snappyHexMesh;

3) решение теплогидравлической задачи с помощью решателя buoyantSimpleFoam;

4) решение массообменной задачи с использованием решателя transportFoam.

Геометрия расчетной области представляет собой упрощенную конфигурацию макета ХЛ: цилиндрический сосуд, в котором натрий проходит пустую область и область с сеточной набивкой [3].

В результате проведенных расчётов было получено распределение оксида натрия по поверхностям в объеме ХЛ. Задача дальнейших исследований состоит в валидации расчётных данных.

Литература

1 Алексеев В.В., Бондаренко И.М., Варсеев Е.В., Кондратьев А.С. Численный расчет теплогидравлических характеристик экспериментального участка с осевой термопарой. // Сб. докладов конференции «Теплофизика реакторов на быстрых нейтронах (Теплофизика-2012)». – Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 2012.

2 Открытый ресурс по использованию пакета OpenFOAM. URL: https://www.openfoam.com (дата обращения: 11.11.2020).

3 Latge C.A. Study of sodium oxide crystallization mechanisms and kinetics in cold traps. // Proc. of int. conf. on Liquid metal engineering and technology. London: BNES, 1984.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ВОДЫ НА СВТ В КАНАЛАХ КРУГЛОЙ ФОРМЫ КРИСТАЛЛИЗАТОРОВ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

В.В. Ульянов, М.А. Коновалов, М.М. Кошелев, С.Е. Харчук
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск, Россия

Одним из перспективных направлений использования тепла кристализаторов машин непрерывного литья заготовок является генерация электроэнергии [1,2]. Существующая система охлаждения кристаллизаторов не позволяет получать пар с параметрами достаточными для осуществления паросилового цикла. Предлагается использовать свинцововисмутовый теплоноситель (СВТ) для охлаждения кристаллизаторов, обладающего преимуществами по сравнению с водой [3], что позволяет сохранить эффективность теплообмена при снижении температурного напора.

Для подтверждения работоспособности исследуемого жидкометаллического охлаждения кристаллизуемой стали проводилось сравнение полученных решений (поля температуры, объемного содержания жидкой фазы в затвердевающей стали) в канале кристаллизатора круглого сечения, охлаждаемого водой с температурой 20 °С и СВТ с температурами 180 °С, 450 °С. Анализ выполнялся с использованием CFD кода OpenFOAM. Описание процесса превращения жидкой стали в твердую проводилось с использованием модели превращения фаз.

На рисунке 1 показаны результаты расчета доли жидкой фазы в затвердевающей стали по длине охлаждающего канала при охлаждении различными хладагентами. Показано, что объемные доли твердой фазы стали на выходе из кристаллизатора при охлаждении различными хладагентами практически совпадают. Наибольший поток тепла, снимаемый с кристаллизатора,

достигается при температуре свинец-висмута на входе в кристаллизатор 180°С. При этом на выходе из кристаллизатора температура свинец-висмутовой эвтектики достигнет 400 °С.

Полученные результаты подтверждают принципиальную возможность перехода от охлаждения водой кристаллизатора к жидкометаллическому охлаждению с термодинамическими параметрами теплоносителя на выходе из кристаллизатора достаточными для реализации паросилового цикла и сохранении эффективности охлаждения стали. При этом с одного кристаллизатора можно снять до 600 кВт тепловой мощности.

Рис. 1. Объёмное содержание жидкой фазы в затвердевающей стали в канале кристаллизатора, охлаждаемого водой (а), свинец-висмутом при температурах 180 °С (б) и 450 °С (в).

Исследования проводятся при поддержке Правительства Калужской области и Российского Фонда Фундаментальных исследований (грант № 19-48-400003).

Литература

1. Ульянов В.В., Кошелев М.М., Коновалов М.А., Харчук С.Е. Возможности снижения энергопотребления сталелитейных комплексов за счет использования свинецсодержащих теплоносителей в машинах непрерывного литья заготовок / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. - С. 45-47.

2. Кошелев М.М., Ульянов В.В., Коновалов М.А., Гулевский В.А., Харчук С.Е. Перспективы использования тяжелых жидкометаллических теплоносителей в высокоэнергонапряженных теплообменных аппаратах //

Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2019. – № 1. – С. 15-20.

3. Ульянов В.В., Кошелев М.М., Коновалов М.А., Харчук С.Е. Моделирование теплопередачи в каналах круглой формы машин непрерывного литья заготовок с перспективным свинцово-висмутовым кристаллизатором // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2020. – № 2. – С. 131-140.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРИЙ-УРАНОВОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РЕАКТОРЕ ТИПА ВВЭР-1000

Е.С. Хныкина, Ю.А.Казанский
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

По всем сценариям, быстрый рост спроса на уран приведет к необходимости открытий новых залежей урана в период до 2040 г. С учетом непрекращающегося роста потребностей уже сегодня введение ториевого топливного цикла будет играть вспомогательную роль и обеспечивать легкость доступа к основным видам топлива. Принимая во внимание, что общие запасы тория в земной коре (8 — 13 г/т), а содержание тория в морской воде 0,05 мкг/л, торий существенно увеличит сырьевую базу ядерной энергетики. В расчетном исследовании проведена разработка режима работы реактора типа ВВЭР-1000 с топливом на основе тория, подбор оптимальной топливной композиции, выделение преимуществ перед традиционными видами топлива [1].

В программном комплексе SERPENT построена модель активной зоны реактора типа ВВЭР-1000, что позволило провести расчеты нейтронно-физических характеристик реактора с различными топливными композициями.

Проведены расчеты следующих составов топлива:

- оксидное топливо на основе ^{238}U с обогащением 4,4% и3,2% по ^{235}U;
- оксидное топливо на основе ^{232}Th с обогащением 3,2% и 2,5% по ^{233}U;
- оксидное топливо на основе ^{232}Th с обогащением 3,2% по ^{235}U.

В результате исследования были получены, нейтронно-физические характеристики материального состава реактора, выбраны оптимальные концентрации делящихся изотопов для реактора типа ВВЭР-1000, при неизменном уровне производства электроэнергии. Показано, что в условиях конструкции реактора ВВЭР-1000 возможна минимальная в сравнении с традиционным урановым топливом загрузка делящегося нуклида ^{233}U. Минимальное обогащение делящимся изотопом ^{233}U при условии годового топливного цикла и сохранении уровня мощности производства электроэнергии составило 2,5%. Год работы такого реактора потребует загрузки около 1,8 тонн ^{233}U

Полученные результаты выгорания традиционного топлива с обогащением 3,2% и топлива на основе тория и ^{235}U (3,2%) показали, что в случае уранового топлива выгорает $3{,}38 \cdot 10^{-4}$ ядер/см^3 делящегося ^{235}U, а в случае уран-ториевого топлива выгорание делящихся ядер составляет $2{,}59 \cdot 10^{-4}$ ядер/см^3.

Сравнение различных топливных композиций позволяет сделать однозначный вывод, о преимуществе сырьевого ^{232}Th над сырьевым ^{238}U с любым из делящихся нуклидов (^{233}U, ^{235}U), при использовании тепловых реакторов, и частично замкнутого топливного цикла (выделение тория и делящихся ядер из отработавшего ядерного топлива [2]).

Литература

1 Мурогов В.М., Троянов М.Ф., Шмелев А.Н. Использование тория в ядерных реакторах. – М.: Энергоатомиздат, 1983 Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. 262с.

2 Колобашкин В.М., Рубцов П.М., Ружанский П.А., Сидоренко В.Д., Радиационные характеристики облученного

ядерного топлива. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 382 с.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ТЕРМОЭМИССИОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЕВОЙ КАПЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Д.О. Чернов, А.А. Смирнов, Г.Э. Лазаренко
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В настоящее время существует потребность в высоковольтных генераторах для электропитания установок, генерирующих ионизирующее излучение в том числе в полевых условиях. Для этих целей целесообразно использование установок с прямым преобразованием энергии, поскольку они не содержат подвижных узлов и вследствие этого обладают повышенной надежностью. К сожалению, наиболее эффективные термоэмиссионные электрогенерирующие установки (ТЭГУ) являются низковольтными, сильноточными генераторами. Целью настоящего доклада является наметить пути создания высоковольтного термоэмиссионного генератора(ВТЭГ). Рассмотрим конструкцию высоковольтного термоэмиссионного генератора и рассчитаем его возможности, а также предложим направления использования.

Основная идея состоит в переносе заряда каплями жидкого металла(цезия) через противоположно направленное электрическое поле. Капли расплава получаются в результате продувки паров цезия через сопло его адиабатического расширения и частичной конденсации.

После образования капли расплава приобретают положительный заряд в результате термоэмиссии электронов с их поверхности. Сама же смесь превращается в слабоионизованную плазму, капли в ней выполняют роль тяжелых ионов, которые за время жизни около десятка микросекунд за счёт термоэмиссии теряют порядка 100

электронов. Участок трубки с низкотемпературной плазмой размещен внутри соленоида с формированием в его конце «стяжки» (дополнительная катушка, «пережимающая» магнитный поток и формирующая градиент магнитного поля). Электроны плазмы с учетом кругового движения в магнитном поле формируют диполи. Диполи активно выталкиваются из градиентного магнитного поля, а тяжелые капли проходят через участок с градиентом практически без потери кинетической энергии. Далее капли летят в электростатическом поле на положительно заряженный электрод(ловушка) и поглощаются на нем, отдавая ему заряд (совершают работу против электростатических сил). В итоге электродами являются стенка трубки и ловушка, с которых в дальнейшем возможно снимать высокое напряжение.

По выполненным оценкам при умеренных параметрах пара цезия возможно получить на электродах разность потенциалов порядка 1 МВ при токе в мА.

Предложенная конструкция позволяет создать компактный высоковольтный генератор для возможного использования в полевых условиях в комплекте с источником ионизирующего излучения с целью, например, проведения обеззараживания почвы и воды.

Литература

1 Лазаренко Д.Г., Лазаренко Г.Э., Прудников П.И., Андрюшин И.И. Разработка технологии термоэмиссионного преобразования энергии на основе капельно – плазменной рабочей среды. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – №1 – С. 28-30.

2 Смирнов Б.М. Процессы в плазме и газах с участием кластеров. // Успехи физических наук. – 1997. – Т.167 – №11 – С. 1169 – 1199.

РАСПОЗНАВАНИЕ КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА SVM

В.В. Шешукова, А.О. Скоморохов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Кризис теплообмена при кипении - это явление резкого ухудшения теплоотдачи на теплопередающей поверхности, ведущее, как правило, к быстрому возрастанию ее температуры.

Алгоритм раннего обнаружения кризиса теплообмена разрабатывался для корабельной ЯЭУ с водяным теплоносителем. Исследования проводились на стенде СВД--2. Экспериментальный участок представлял собой стержень квадратного профиля, вписанный в цилиндр диаметром 7.0 мм - имитирующим тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ). Режим задавался как тройка основных параметров - давление, расход и температура на выходе$\{P, G, T\}$.

Для каждой экспериментальной точки при достижении параметрами установившихся значений проводился спектральный анализ акустического сигнала. Спектры, измеренные в моменты после скачка температуры стенки ТВЭЛа, относились к классу «кризис теплообмена» [1, 2]. Примеры “нормы” и “кризиса” приведены на рис. 1.

Тридцать наиболее информативных диагностических признаков среди измеренного множества спектров были определены при помощи критерия хи2. Для выбранных признаков строилось решающее правило, в качестве которого использовался метод опорных векторов (англ. Support Vector Machine, SVM) [3].

В данной работе было рассмотрено применение метода опорных векторов для задачи распознавания кризиса теплообмена с использованием языка программирования python и его библиотеки sklearn. В качестве ядерной функции было выбрано радиально-базисное ядро.

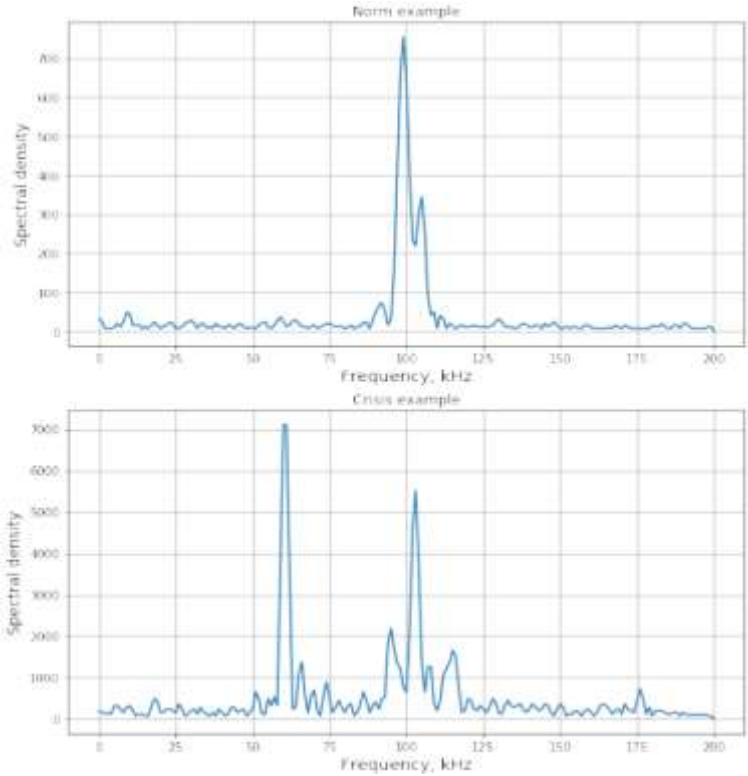


Рис. 1. Примеры “нормы” и “кризиса”.

Литература

1 Скоморохов А.О., Многомерные статистические методы диагностики аномальных состояний ЯЭУ: автореферат диссертации ... доктора технических наук: 05.14.03. – Обнинск, 2011.

2 Mogilner A.I., Skomorokhov A.O., Shvetsov D.M. On the problem of noise spectra classification in nuclear power plant operation diagnostics //Nuclear Technology. – 1981. – Т. 53. – №. 1. – С. 8-18.

3 Bzdok D., Krzywinski M., Altman N. Machine learning: supervised methods // Nat Methods. – 2018. – 15. – P. 5–6. https://doi.org/10.1038/nmeth.4551

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕАКТИМЕТРОВ

А.Г. Юферов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Правила эксплуатации ядерных реакторов требуют выполнения непрерывного контроля текущих значений плотности нейтронного потока (мощности ядерного реактора), скорости изменения плотности нейтронного потока (периода) и реактивности.

Вопросы улучшения адекватности и точности измерения этих величин естественно рассматривать во взаимосвязи, поскольку данные величины определяются одним уравнением динамики ЯР. Для решения измерительных задач эту связь удобно выразить в форме уравнения реактиметра-периодомера

$$r(t) = \alpha(t) + Y(t)/n(t) + Q(t)/n(t), \qquad (1)$$

выражающего баланс относительных скоростей нейтронных процессов:

- относительной скорости репродукции популяции нейтронов – мгновенного обратного периода $\alpha(t) = v(t)/n(t)$;
- относительной скорости репродукции мгновенных нейтронов - реактивности в Λ-шкале $r(t) = \rho(t)/\Lambda$;
- относительной скорости репродукции предшественников запаздывающих нейтронов $Y(t)/n(t)$;
- и с относительной интенсивностью источника $Q(t)/n(t)$.

Слагаемые уравнения (1) удобно отображать в координатах «скорость-мощность» на общем поле графиков. Это упрощает восприятие информации о состоянии ЯР и тенденции его дальнейшего поведения. Выбор мощности в качестве оси абсцисс позволяет, при необходимости, отобразить на мониторе всю историю процесса. Кроме того, из уравнения (1) следует возможность градуировать периодомеры в единицах реактивности.

Таким образом, вместо отслеживания нейтронной динамики ядерного реактора по крайней мере по трём приборам, – реактиметру, периодомеру и указателю уровня мощности, - можно обойтись одним устройством. Тем самым повышается точность и согласованность измерений, улучшаются эргономические характеристики реактиметра и работы оператора БЩУ.

Уравнение (1) унифицирует прямую (расчёт поведения мощности) и обратную (измерение реактивности) задачи динамики ЯР. Обе задачи сводятся к вычислению интеграла репродуцирования предшественников запаздывающих нейтронов (ИРП)

$$Y(t) = \int_0^t h(t-\tau)\nu(\tau)d\tau$$

Тем самым обеспечивается согласованность измеренной и вычисленной реактивности. Уравнение (1) снимает проблему жёсткости исходной системы дифференциальных при расчёте динамики мощности, поскольку при вычислении ИРП посредством тех или иных квадратурных формул имеет место сглаживающий эффект.

Существенной проблемой при эксплуатации реактиметра является адаптация его параметров (констант запаздывающих нейтронов - КЗН) к текущему состоянию ядерного реактора. На основе уравнения (1) эта задача решается путём идентификации функции репродукции предшественников (ФРП) – ядра ИРП

$$h(t-\tau) = \sum_{j=1}^{J} (\beta_j / \Lambda) \exp(-\lambda_j (t-\tau)) \qquad (2)$$

в эксплуатационных условиях без обращения к расчётной оценке выгорания для определения выбора одной из заранее подготовленных систем КЗН. Идентификация функции репродукции выполняется в реальном времени по нейтронным шумам на основе интерпретации уравнения (1) как авторегрессионного. При этом найденные коэффициенты авторегрессии – отсчёты ФРП непосредственно используются

для вычисления ИРП без восстановления экспоненциальной формы ФРП (2).

Литература

1 Юферов А.Г. Цифровой периодомер-реактиметр. Патент RU 2659093, 2018 г.

2 Юферов А.Г. Способ контроля периода, мощности и реактивности ядерного реактора и устройство для его осуществления. Патент RU 2674268, 2018г.

СЕКЦИЯ 2. ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

ОЦЕНКА РИСКА ВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ОЯТ В ХРАНИЛИЩАХ РЕАКТОРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ДО ИХ ВЫВОЗА НА ПЕРЕРАБОТКУ

М.Т.Акобян[1], А.И.Ксенофонтов[1], С.А.Саргсян[2]
[1] – Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
[2] – ЗАО «ААЭС», г. Мецамор, Армения

В настоящее время на Армянской Атомной Электростанции действует система двухэтапного хранения отработавшего ядерного топлива.

Этап 1 – извлечение отработавших тепловыделяющих сборок из реактора и размещение их на “мокрое” хранение в бассейнах выдержки энергоблоков 1 и 2.

Этап 2 – загрузка отработавших тепловыделяющих сборок из бассейна выдержки в сухотарный защитный пенал, перемещение в транспортном контейнере в сухое хранилище отработавшего топлива и размещение на долголетнее хранение в железобетонный горизонтальный модуль хранения.

Целью данной работы является анализ результатов расчета сценариев, начальные события которых ведут к потере теплоотвода из бассейна выдержки, исследование вопроса о возможности нарушения важных критериев безопасности в результате сложившихся аварийных ситуаций. Расчеты выполнялись для оценки возможности охлаждения бассейна выдержки ВВЭР-440/270 (Армянская АЭС, энергоблок №2) и эффективности действия оператора по применению насосов низкого давления в ходе аварии в условиях потери теплоотвода из бассейна выдержки.

Для вычислений, выполняемых в этом отчете, использовался компьютерный код RELAP5/Mod3.2.

Критерии, главным образом, сфокусированы на предотвращении разрушения многочисленных барьеров, обеспечивающих защиту от разрушения топлива БВ и неконтролируемого выхода радиоактивных веществ. Вышеуказанные события рассматриваются как крайне невероятные, применяемые для этого процесса критерии - определенны в [1]. Оценка соответствия рассчитанного режима приемочным критериям - приведена в таблице 1.

Таблица 1

Документирование сценария потери теплоотвода из БВ без вмешательства оператора

Информация по сценарию:	Результаты:
Сценарий аварии	Разрыв линии расхолаживания БВ
Оцениваемые приемочные критерии безопасности (ПКБ)	МТО (максимальная температура оболочки)< 1200°С.ПЛО (полное локальное окисление) < 17 % от начальной толщины оболочки.H_2 (общее количество водорода) < 1% от гипотетического количества
Время расчета	140202.2 сек
Результаты расчета параметров ПКБ	МТО 1200.0 °С; ПЛО – 66.77 мкм; Н2 – 2.46 кг; МТТ 1200.0 °С. [2].
Оценка конструктивных характеристик станции	Надежность охлаждения бассейна выдержки

Сравнив расчетные параметры, очевидно, что приемочные критерии по температуре оболочки нарушаются при исходном событии без вмешательства оператора. При организации подпитки уровень бассейна выдержки увеличивается и быстро перекрывает топливную часть кассет, тем самым предотвращая повреждение топлива.

Литература

1 Руководство по анализу проектных аварий «Детерминистический анализ безопасности» (Декабрь 2001г.) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

2 «Nuclear energy – Light water reactors – Calculation of decay power in nuclear fuels. International standard, ISO 10645, First edition, 1992-03-01//Reference number ISO 10645:1992(E).

ПОВЫШЕНИЕ ВЫГОРАНИЯ ТОПЛИВА РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ КЛТ-40С ПРИ ВВЕДЕНИИ В СОСТАВ ТОПЛИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ^{231}PA

Т. Баатар, Е.Г. Куликов
Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г.Москва, Россия

Введение в состав топливной композиции протактиния и нептуния значительно увеличивает выгорание топлива легководного реактора [1-3]. В настоящей работе рассматривается использование протактиния в качестве выгорающего поглотителя для повышения выгорания топлива реакторной установки КЛТ-40С, реактора малой мощности, который эксплуатируется на плавучей атомной электростанции [4, 5]. Для нейтронно-физических расчетов используются программные комплексы SCALE-6.2 и SKETCH-N [6-8]. Особое внимание уделяется обеспечению благоприятных значений коэффициентов реактивности по температуре топлива и теплоносителя.

Показана принципиальная возможность за счет введения протактиния обеспечить выгорание топлива свыше 187 ГВт*сут/т (топливная кампания в 4 раза дольше, чем используемое в настоящее время топливо), однако соответствующая топливная композиция характеризуется положительным коэффициентом реактивности по температуре теплоносителя. Это свидетельствует о том, что требования безопасности, выражающиеся в обеспечении отрицательных значений коэффициентов реактивности на протяжении всей

кампании топлива, ограничивают потенциал протактиния в увеличении глубины выгорания топлива. Установлено, что топливная композиция (30% ^{235}U + 51% ^{238}U + 8% ^{231}Pa) O_2 + 11% силумина характеризуется отрицательными коэффициентами реактивности на протяжении всей кампании топлива, обеспечивая выгорание на уровне 69 ГВт*сут/т, что примерно в 1,5 раза превосходит текущие значения реакторной установки КЛТ-40С.

Литература

1 Баатар Т., Куликов Е.Г. Обоснование безопасности РУ ВВЭР-1000 при использовании топливных композиций с допингом протактиния и нептуния // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2020. – Т.1. – С. 26-36.

2 Shmelev A.N., Kulikov G.G., Kulikov E.G., Apse V.A. Protactinium-231 as a new fissionable material for nuclear reactors that can produce nuclear fuel with stable neutron-multiplying properties // Kerntechnik. – 2016. – No.81(1). – P.34-37.

3 Baatar T., Glazkov O.V. Increasing burn-up of KLT-40S fuel by introduction of neptunium. // IOP Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V.1689.

4 International Atomic Energy Agency. Overview of KLT-40S. – 2013. – P.40.

5 Sarkisov A.A., Antipov S.V., Smolentsev D.O., Bilashenko V.P., Kobrinsky M.N., Sotnikov V.A. and Shvedov P.A. Safe development of nuclear power technologies in the Arctic: prospects and approaches // Nuclear Energy and Technology. – 2018. – No. 4(4). – P. 235-241.

6 Gauld I.C., Radulescu G., Ilas G., Murphy B.D., Williams M.L., Wiarda D. Isotopic Depletionт and Decay Methods and Analysis Capabilities in SCALE // Nuclear Technology. – 2011. – V.174(2). – P. 169-195.

7 Bowman S.M. Overview of the SCALE Code System. Nuclear Science and Engineering // American Nuclear Society. – 2007. – V.97. – P. 589-591.

8 Zimin V.G. Sketch-N: A Nodal Neutron Diffusion Code for Solving Steady-State and Kinetics Problems. Users Guide, Japan Atomic Energy Research Institute. – 2000. – V.2.

СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТРАСПОРТНЫХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО ЛИТИЯ

Ю.А. Бабаева, И.А. Чусов
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

На основе анализе многочисленных экспериментальных данных, в настоящей работе приведены расчетные соотношения для жидкого лития и занесены в базу данных ExThermD ГК «Росатом». Всего при построении регрессионных соотношений использовались результаты 89 экспериментальных работ. Временной диапазон проведения экспериментов с 1933 года по 2018 год. Данные работы были опубликованы в различных журналах и материалах научных конференций, в связи с чем хочется отметить, то, что их сбор был достаточно трудоемкой задачей. В большинстве монографий, а также статей отмечается, что литий и его сплавы являются материалами будущего. Литий обладает рядом уникальных свойств, которые являются основой его применения как элемента, контактирующего с плазмой токамака, а также в качестве тритий-воспроизводящего материала и теплоносителя бланкета ядерных реакторов. Литий считается одним из эффективных теплоносителей для тепловых труб и ядерно-энергетических установок. В таблице 1 приведены сводные данные о количестве использованных в анализе экспериментальных работ, временном диапазоне проведения экспериментов, количестве опытных точек и диапазоны температур при проведении экспериментов.

Физические свойства лития в жидкой фазе в большинстве случаев описывались регрессионной функцией вида:

$$f = \sum_{i=0}^{m} a_i T^i$$

где a_i – коэффициент регрессии, вычисляемый методом наименьших квадратов. С помощью предварительно оцененного набора данных осуществлялся расчет его величины. При построении нелинейной регрессионной функции применялся метод Левенберга-Марквардта.

Таблица 1

Сводные данные по экспериментальным работам для жидкого лития

Параметр	Число работ*	Период, гг.	Диапазон температур, К	Общее число точек	Число точек в оценке
Плотность	19	1950 – 2011	454 – 2000	528	490
Коэффициент динамической вязкости	13	1952 – 1989	454 – 1800	231	179
Удельная теплоемкость	10	1958 – 2000	454 – 2000	210	150
Коэффициент теплопроводности	9	1958 – 1988	454 – 1300	132	86
Коэффициент поверхностного натяжения	10	1951 – 2008	454 – 1250	155	106
Удельное электрическое сопротивление	3	1933 – 1989	454 – 1050	24	24
Скорость звука	4	1969 – 1988	454 – 1400	112	112
* Число работ, по материалам которых проводился анализ					

Задача выбора степени регрессионной функции, которая гарантировала бы наилучшее приближение регрессии к оцененным опытным значениям, решалась с использованием критерия Фишера

$$\frac{R_i - R_{i+1}}{R_{i+1}}(n - m - 1) \geq F_{z,1,n-m-1}$$

где $F_{z,\,1,\,n\text{-}m\text{-}1}$ – z – процентная точка F – распределения с числом степеней свободы 1 и n-m-1. Величина R находилась на основе минимизации квадратичного функционала вида:

$$R = \sum_{i=0}^{n} \left(f_{\text{эксп},i} - f_{\text{расч},i}\right)^2 w_i$$

где m – число членов ряда; n – число экспериментальных точек; $f_{\text{эксп},i}$, $f_{\text{расч},i}$ – соответственно экспериментальное и рассчитанное по регрессионному соотношению значение искомого термодинамического свойства; w_i – статистический вес экспериментальной точки, определяемый как отношение погрешности этой точки к суммарной погрешности всех экспериментов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЮРИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА РЕАКТОРА РБЕЦ

Т.С. Дикова, Д.Д. Лызина, Ю.Е. Каражелевская, А.М. Терехова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Малые актиниды, получающиеся в ядерных реакторах в результате кампании топлива, вносят основной вклад в радиоактивность отработавшего ядерного топлива. Кюрий является последним элементом в ряду малых актинидов и большинство его изотопов получаются в ходе работы ядерных реакторов. Изотопы кюрия являются α-излучающими радионуклидами. ^{244}Cm обладает большой вероятностью испускания спонтанных нейтронов и вносит основной вклад в формирование активности в отработавшем ядерном топливе.

Целью работы является рассмотреть возможность использования кюрия в качестве топлива быстрых реакторов на примере реактора РБЕЦ [1].

Объемные доли изотопов кюрия возьмем из отработавшего ядерного топлива реактора ВВЭР-1000 после 10 лет выдержки [2]:

- 0,2% ^{243}Cm,
- 94,08% ^{244}Cm,
- 5,72% ^{245}Cm.

В качестве топлива реактора РБЕЦ в работе использовался (Cm + U)N. Были рассчитаны объёмные доли топлива необходимые для функционирования реактора: UN-0.92 и CmN-0.08. Использовался уран с обогащением 0,1% по изотопу ^{235}U.

Расчеты нейтронно-физических параметров активной зоны реактора РБЕЦ проводились при помощи расчетного комплекса Serpent, который в своей основе использует метод Монте-Карло. В ходе работы нами была смоделирована гетерогенная активная зона реактора РБЕЦ (рис.1). Было проведено сравнение основных нейтронно-физических параметров уран-кюриевого и уран-плутониевого топлива. Концентрация кюрия в уран-кюриевом топливе уменьшается за время выгорания, а также уменьшаются концентрации и других малых актинидов.

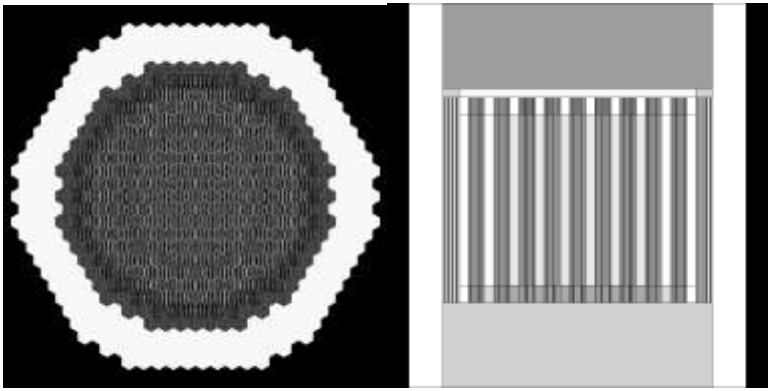


Рис. 1. Активная зона ректора РБЕЦ.

Литература

1 Алексеев П.Н., Васильев А.В., и др. Оптимизация концептуальных решений для свинцово-висмутового быстрого

реактора РБЕЦ-М // Атомная энергия. – 2004. – Т. 97. – Вып. 2. – С. 115-125

2 Dikova T.S., Karazhelevskaya Yu.E., Terekhova A.M. Investigation the possibility of burning Cm a curium fuel reactor // Journal of Physics: Conference Series, – 2020. – V. 1689 – P. 1-6 DOI: 10.1088/1742-6596/1689/1/012048.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕВРОПИЯ В РАДИОИЗОТОПНОМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ГЕНЕРАТОРЕ

В.С. Костарев, И.А. Ширманов, Е.Д. Стругов, С.Е. Щеклеин
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ) космического назначения с первой половины 1960-х годов и последующие космические РИТЭГи в качестве первичного источника энергии использовали радионуклид плутоний-238 (Pu-238) [1]. Плутоний-238 имеет достаточной большой период полураспада – 87,7 лет и удельное тепловыделение 0,57 Вт/г.

В следствие чрезвычайно высокой стоимости в настоящее время производство плутония-238 в мире практически прекращено, а дальнейшего возобновления производства в ближайшие годы не планируется. Но без использования РИТЭГ дальнейшего исследования объектов Солнечной системы может стать затруднительным. На сегодняшний день возник интерес к радиоизотопным источникам электроэнергии мощностью в единицы и десятки ватт и ресурсом более 20 лет [2-3]. Одними из элементов, которые могут послужить замене плутония-238, могут стать изотопы европия (Eu-152, Eu-154, Eu-155). Данные изотопы имеют ряд преимуществ: большой период полураспада, который для европия-152 равен 13,5 лет, а для европия-154 8,6 лет и удельное тепловыделение 0,2 Вт/г. Европий имеет относительно невысокую стоимость производства в РБН [4].

В данной работе была рассмотрена возможность создания РИТЭГ на основе изотопов европия-152,154,155 (Eu-152, Eu-154,

Eu-155), а в частности применение европия-154 (Eu-154) по причине большой мощности тепловыделения при радиоактивном распаде. Рассмотрены общие сведения об европии-154 и состояния работ по применению европия-154 в РИТЭГ.

Обсуждены существующие возможности и проблемы, требующие решения, для создания РИТЭГ космического назначения на европии-154 с использованием существующих или перспективных термоэлектрических материалов.

Литература

1 Лазаренко Ю.В., Пустовалов А.А., Шаповалов В.П. Малогабаритные ядерные источники электрической энергии / М.: Энергоатомиздат, 1992. – 207 с.

2 Пустовалов А.А., Панкин М.И., Прилепо Ю.П., Рыбкин Н.Н., Синявский В.С. Космические радиоизотопные термоэлектрические генераторы на америции-241 // Космическая техника и технологии. 2016. – №1. – С. 57-63

3 Williams H.R., Ambrosi R.M., Bannister N.P., Samara-Ratna P., Sykes J.A. Conceptual spacecraft radioisotope thermoelectric and heating unit (RTHU) // International Journal of Energy Research. 10 October 2012. – V. 36. – P. 1192–1200.

4. Карпенко А.И., Тучков А.М., Чернов И.А., Оглезнев В.И. Упрощенная методика расчета основных физических характеристик отработавших европиевых стержней СУЗ реактора БН-600 // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2009. – №2. – С. 95-100.

ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОИЗОТОПНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА НА ОСНОВЕ ^{241}AM

А.А. Кравец, С.В. Кушнерёва, Д.С. Самохин
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В настоящее время одной из существенных проблем атомной энергетики является утилизация ОЯТ, во многом благодаря минорным актинидам, одним из которых является Am-241. Однако, классифицировать его как отход было бы не совсем корректно, так как он имеет небольшое тепловыделение вследствие своего альфа-распада и может быть использован как источник низкопотенциального тепла[1].

Целью работы является проверка параметров работы уже существующей модели радиоизотопного источника тепла на основе Am-241, а именно, расчёт распределения тепловых полей в модели, при различных условиях эксплуатации или транспортировки. Дополнительный вопрос, стоящий перед авторами работы это проверка безопасности параметров эксплуатации установки при пассивном отводе тепла в целях минимизации вероятности её саморазогрева до температур близких, к температурам плавления.

Ещё одной задачей работы является уточнение параметров установки в ходе эксплуатации, так как изотопный состав будет меняться, по мере распада америция-241 и его дочерних изотопов. Поскольку, каждый из изотопов имеет свой параметр тепловыделения, общая мощность установки изменится с течением времени.

Предполагаемая мощность установки должна составлять 9 кВт тепловой энергии, а масса основной, тепловыделяющей части около 250 кг. Рабочие температуры варьируются от 70°C, до 150 °C. При этих параметрах, объём тепловыделяющей части должен быть не более 1/10 метра кубического, а температура нагрева окиси америция, в наиболее термически нагруженных

частях его объёма не превысит 1000°С, что на 500°С раза ниже температуры его плавления.

Построение модели радиоизотопного термогенератора было произведено в программе SolidWorks. Теплогидравлические расчёты реализованы с помощью программного комплекса ANSYS CFX.

Литература

1 Mikhalev A.V., Chernov D.O., Korobeinikov V.V. Use of Am-241 in RTGs //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. – V. 1689. – №. 1. – P. 012063.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАВШИХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ПРИ ИХ ПИРОЛИЗЕ В ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ

В.С. Кремлёва, В.В. Ульянов, С.Е Харчук., М.М. Кошелев
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск, Россия

На сегодняшний день в результате деятельности атомных электростанций накоплено значительное количество отработавших ионообменных смол > 28 тыс.м^3 [1]. Актуальность задачи разработки эффективного и экологичного метода их утилизации не вызывает сомнений. Наиболее прогрессивные методы утилизации, разрабатываемые в РФ, Японии, Канаде, Германии и Швеции, основаны на деструкции отработавших ионообменных смол. Процесс деструкции представляет собой разрушение полимерных цепочек материалов смолы под воздействием различных условий. Использование низкотемпературного термического разложения в инертной атмосфере, так называемый пиролиз, обоснованно [2] является одним из наиболее технологичных направлений утилизации такого типа отходов.

Рассматривая пиролиз с точки зрения технологии его проведения, можно выявить, что основной лимитирующей стадией процесса является скорость нагрева пиролизируемых веществ. Увеличение скорости нагрева возможно за счет

применения прямоконтактактного теплообмена [3]. Исследование свинецсодержащего расплава в качестве теплоносителя прямоконтактного теплообменного аппарата может обеспечить не только высокие параметры теплообмена и, как следствие, высокую скорость разогрева, но и химическую инертность между теплоносителем, сырьем и продуктами пиролиза.

В условиях лабораторной установки проведены исследования кинетики процесса пиролиза ионообменных смол в свинецсодержащем теплоносителе и газе. На рисунке 1 представлены кинетические кривые для процесса пиролиза при 500 ºС в свинецсодержащем теплоносителе (сплошная линия) и газе (пунктирная линия).

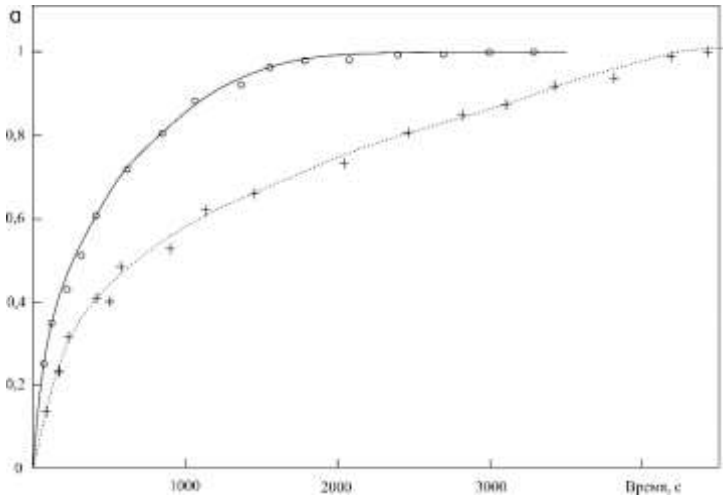


Рис. 1. Зависимость степени протекания реакции пиролиза в свинецсодержащем теплоносителе и инертном газе при 500 ºС.

Видно, что пиролиз в свинецсодержащем теплоносителе протекает значительно быстрее (в 2 раза) в сравнении с пиролизом в инертном газе.

Полученные результаты подтверждают перспективность пиролиза отработавших ионообменных смол в свинецсодержащем расплаве.

Литература

1 Савкин А.Е. Варианты обращения с ионообменными смолами на АЭС. / Девятая международная научно-техническая конференция «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики», 2014. –С. 114.

2 Ульянов В.В., Кошелев М.М., Харчук С.Е., Гулевский В.А., Тимочкин А.В Исследование закономерностей пиролиза твердых органических полимеров при их нагреве расплавом металла. // Нефтехимия. – 2018. – Т. 58. – № 1. – С. 72-79.

3 Ульянов В.В., Асхадуллин Р.Ш., Мельников В.П., Гулевский В.А., Кошелев М.М., Стороженко А.Н. Свинецсодержащие теплоносители в перспективных технологиях переработки твердого, жидкого и газообразного сырья. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы. – 2019. – № 1. – С. 52-66.

ВЫГОРАНИЕ АМЕРИЦИЯ В РЕАКТОРАХ НА ТЕПЛОВЫХ И БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

М.А. Левон, Ю.Е. Каражелевская, А.М. Терехова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Отработавшее ядерное топливо (далее ОЯТ) имеет радиоактивность, которая на много порядков превышает радиоактивность свежего топлива. В первые сотни лет основной вклад в радиоактивность выгруженного топлива вносят осколки деления, а затем образующиеся в реакторе новые тяжелые нуклиды – изотопы плутония и изотопы так называемых минорных актинидов. Америций, как представитель минорных актинидов, обладает огромным сечением радиационного захвата в тепловой области (рис.1) [2].

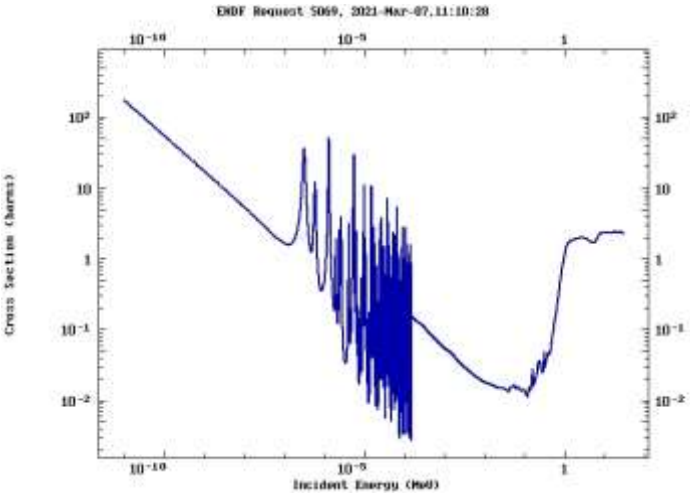


Рис. 1. Сечение поглощения ^{241}Am.

Изотопный состав америция в облученном топливе [1]:

- 42,1% ^{241}Am,
- 0,0000016% ^{242}Am,
- 32,6% ^{243}Am.

Объектом исследования являются топливные сборки реактора ВВЭР-1000 и сборка БН-600.

Целью работы является исследование эффективности выгорания америция в тепловых реакторах на примере ВВЭР, так и в быстрых реакторах на примере реактора БН-600.

В качестве топлива в работе был использован UO_2 с добавлением Am_2O_3 в топливо. Были рассчитаны объёмные доли топлива необходимые для нормальной работы реактора.

Расчеты проводились при помощи расчетного комплекса Serpent, который в своей основе использует метод Монте-Карло. В ходе работы были смоделированы тепловыделяющие сборки реактора ВВЭР-1000 и БН-600. Было проведено сравнение уранового топлива с добавлением америция. Рассмотрено изменение изотопного состава америция за кампанию и его вклад в деление.

Выжигание америция в тепловом реакторе оказалось более эффективным, кроме того америций сам по себе является

делящимся изотопом и в быстром реакторе может рассматриваться как топливо.

Литература

1 Коробейников В.В., Колесов В.В., Терехова А.М., Каражелевская Ю.Е. Исследования возможности выжигания и трансмутации Am-241 в реакторе с америциевым топливом: Ядерная энергетика ФЭИ–3284. — Обнинск, ГНЦ РФ–ФЭИ, 2018. — 14 с.

2 Казанский Ю.А., Иванов Н.В., Романов М.И. Результаты трансмутации малых актинидов в спектре нейтронов реакторов на тепловых и быстрых нейтронах // Известия вузов. Ядерная энергетика. — 2016. — №2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПТУНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА РЕАКТОРА РБЕЦ

Д.Д. Лызина, Т.С. Дикова, Ю.Е. Каражелевская, А.М. Терехова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В ходе кампании реакторов происходит накопление радиоактивных отходов, в том числе малых актинидов. Именно они являются основной причиной повышенной радиоактивности РАО. Одним из способов уменьшения активности радиоактивных отходов является использование малых актинидов в качестве добавок к топливу. Важным аргументом в пользу данного метода служит получение электроэнергии в добавок к снижению доли минорных актинидов [1].

В данной работе отдано предпочтение реактору на быстрых нейтронах, из-за наличия у него избытка нейтронов достаточного для превращения радионуклидов в стабильные ядра или короткоживущие изотопы и уровня развития технологии быстрых реакторов, эти два фактора представляют оптимальное сочетание.

Целью работы является исследовать эффективность использования нептуния в качестве топлива реактора на быстрых нейтронах.

Относительно долгоживущие изотопы нептуния (Np-237, Np-235, Np-236) обладают способностью делиться, а значит могут быть использованы в топливе [2]. Исследования будем проводить на примере реактора РБЕЦ [3]. В реакторе РБЕЦ вместо топлива (U+Pu)N будет использовано соединение (U+Np)N. Объемные доли необходимые для функционирования реактора: UN-0.79 и NpN-0.21. Будем использовать отвальный уран с обогащением 0,1% по U-235. В расчетах использовался стандартный для этого реактора теплоноситель: свинец-висмут.

Для расчетных исследований использования нептуния в топливе использовалась гетерогенная активная зона реактора РБЕЦ смоделированная с помощью программного кода SERPENT, реализующего метод Монте-Карло.

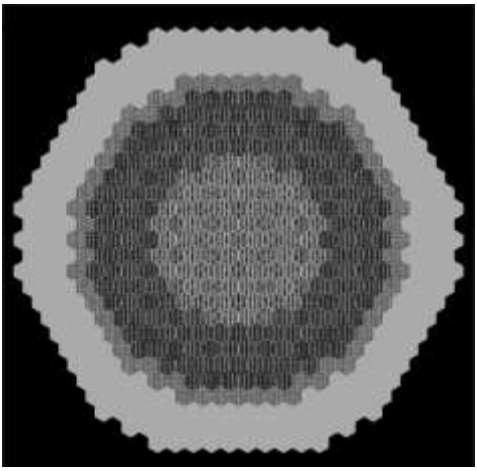


Рис. 1. Активная зона реактора РБЕЦ.

Результаты расчетов показывают, что концентрация нептуния в топливе за время кампании реактора РБЕЦ убывает, однако, так же параллельно выжиганию происходит наработка новых минорных актинидов.

Литература

1 Коробейников В.В., Колесов В.В., Терехова А.М., Каражелевская Ю.Е. Исследование возможности выжигания минорных актинидов в быстром реакторе с металлическим топливом на основе только минорных актинидов // ВАНТ. Ядерно-реакторные константы. – 2020. – № 1. – С. 59-68.

2 Лемехов В.В., Смирнов В.С., Уманский А.А. Минорные актиниды как фактор безопасности уранового старта ядерной энергетики на быстрых нейтронах / Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики: Тезисы докладов Третьей международной научно-технической конференции. – Москва: ОАО «НИКИЭТ», 2014 – С. 32-34.

3 Алексеев П.Н., Васильев А.В., и др. Оптимизация концептуальных решений для свинцово-висмутового быстрого реактора РБЕЦ-М //Атомная энергия. – 2004. – Т. 97. – Вып. 2. – С. 115-125.

ОБ АСПЕКТАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ИНТЕРЕСОВ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН НА АКТУАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ В НАЦИОНАЛЬНЫХ ДОКЛАДАХ РОССИИ В РАМКАХ ОБЪЕДИНЕННОЙ КОНВЕНЦИИ

Е.Г. Мамчиц, В.И. Дорогов
ИБРАЭ РАН, г. Москва, Россия

С ратификации Объединённой конвенции о безопасности обращения с ОЯТ и РАО (Объединенная конвенция) Россия в шести национальных докладах последовательно информирует мировое профессиональное сообщество о деятельности по выполнению взятых обязательств [1–3].

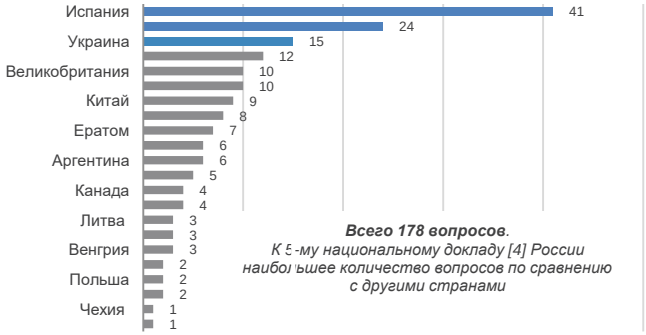


Рис.1. Количество вопросов по национальному докладу, заданных России другими странами.

Таблица 1

Актуальные вопросы к национальному докладу Российской Федерации

Годы	2006	2009	2012	2015	2018	Всего
Всего вопросов	11	139	142	126	178	
Темы национального доклада	*Вопросов по темам*					
Водоемы-хранилища ГХК, СХК, Маяк, в т.ч. В-9, В-17	1	2	6	4	3	16
Закачка в глубокие геологические пласты	-	8	9	4	8	29
Транспортировка, переработка ОЯТ, ОДЦ	-	6	9	12	14	41
Создание ПИЛ (НКМ)	-	-	-	-	12	12

Анализ заданных вопросов и представление национальных докладов России на 5-ти Совещаниях Договаривающихся сторон позволяет констатировать неизменный интерес к наиболее сложным и актуальным отраслевым вопросам. Особенно острые и постоянные интересы сконцентрированы на решении экологических проблем (таблица 1).

Открытая форма представления данных и информативные ответы на вопросы других стран на Совещаниях в 2006-2018 гг.

благотворно сказались на укреплении доверия к деятельности России по масштабному решению задач по защите окружающей среды, в т.ч., в части обеспечения безопасности открытых водоемов-хранилищ РАО, обращения с ОЯТ, захоронения ЖРО.

В частности, настороженность по осуществлению закачки РАО в геологические пласты в 2006 г. заметно изменилась в 2012 г. и, особенно, в 2015 г., на взвешенное и детальное обсуждение необходимых и достаточных действий России по выполнению программы обеспечения долговременной безопасности захоронения ЖРО, принятой Россией по рекомендации и замечаниям Миссии МАГАТЭ.

Литература

1 International Atomic Energy Agency Web National Reports https://jciaeaorg/NRListasp

2 Линге И.И., Дорогов В.И., Шарафутдинов Р.Б., Непейпиво М.А., Хаперская А.В. Об опыте представления Национальных докладов Российской Федерации по выполнению обязательств в рамках Объединённой конвенции // Ядерная и радиационная безопасность. – 2016. – №1(79). – С. 18—27.

3 Крюков О.В., Хаперская А.В., Дорофеев А.Н., Ферапонтов А.В, Кудрявцев Е.Г., Линге И.И., Уткин С.С., Дорогов В.И., Шарафутдинов Р.Б., Понизов А.В., Василишин А.Л. Выполнение обязательств России в рамках Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами //Радиоактивные отходы. – 2019. – № 1. – С. 25—36.

4 Дорогов В.И., Понизов А.В., Хаперская А.В. О подготовке пятого национального Доклада Российской Федерации о выполнении обязательств, вытекающих из Объединённой конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами // Радиоактивные отходы. — 2017. — № 1. — С. 99—106.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА БЕТОН, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ОБЪЕКТОВ ЯТЦ

С.А. Олейников, А.В. Соболев
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Объекты ядерного топливного цикла являются объектами повышенной опасности, поэтому в процессе их проектирования, строительства и анализа безопасности возникает необходимость учитывать события малой вероятности такие, как падение/удар летящего объекта. Для противодействия таким событиям необходимо разработать защитные строительные конструкции, позволяющие снижать урон, причинённый ответственным системам. При разработке таких конструкций требуется провести ряд испытаний. В виду сложности и дороговизны полномасштабных экспериментов имеет смысл разработать численные модели для расчёта защитных конструкций, учитывая опыт реальных испытаний малых масштабов.

В работе [1] приведены результаты экспериментальных исследований процессов динамического деформирования и разрушения некоторых видов мелкозернистого бетона: современного конструкционного бетона B25 и фибробетона CARDIFRC. Исследования механических свойств этих материалов были выполнены при квазистатических (~ 10^{-3} $с^{-1}$) и высоких (~ $0{,}5\cdot10^{2}$ – $3\cdot10^{3}$ $с^{-1}$) скоростях деформации. В результате проведенных экспериментов были получены прочностные, деформационные, временные и энергетические характеристики, а также зависимости их от скорости деформации, скорости роста напряжений и амплитуды нагрузки.

Для валидации модели разрушения бетона за образец был взят один из экспериментов работы [1]. При построении численной модели эксперимента были использованы некоторые современные математические модели динамического деформирования и разрушения материалов, используемые в

программном комплексе LS-DYNA: модель 5, модель 14, модель 78, модель 84 или бетон, модель 111 или модель бетона Джонсона-Холмквиста. Численное моделирование экспериментов по внедрению шарика было проведено с разными начальными скоростями (152, 169 и 187 м/с) в образец мелкозернистого бетона В25 и сравнение с результатами реальных испытаний. Можно отметить, что результаты расчета удовлетворительно соотносились с экспериментальными данными только при использовании моделей 5 и 78. Распределение полей пластической деформации, интенсивности напряжений и давления при использовании моделей 5 и 78 при скорости ударника 187 м/с приведено на рис. 1.

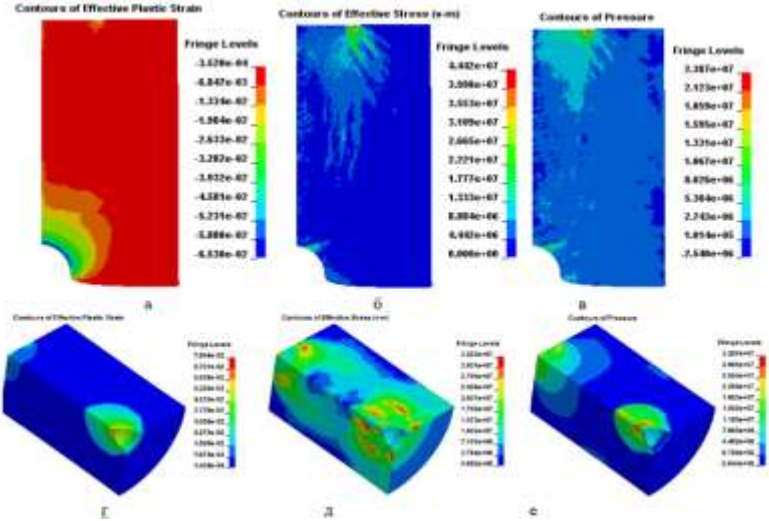


Рис. 1. Поля пластической деформации, интенсивности напряжений (в Паскалях) и давления (в Паскалях), полученные в численных расчётах при использовании модели 5 (а-в) и модели 78 (г-е).

Литература

1 Ламзин Д.А. Высокоскоростное деформирование и разрушение мелкозернистых бетонов: дисс. канд. техн. наук: 01.02.06 / Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. – Нижний Новгород, 2014. – 161 с.

К ПРОБЛЕМЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В БАССЕЙНАХ ВЫДЕРЖКИ ОЯТ АЭС

С.Н. Потеряев, И.Э. Розаненков, И.А. Сивинских, С.Е. Щеклеин
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, России

В настоящее время в атомной энергетике всех стран мира в основном реализуется открытый (разомкнутый) ядерный топливный цикл (ОЯТЦ) [1]. При нормальной эксплуатации энергоблока кампания активной зоны (одной полной компоновки ТВС, массой от 80 до 100 т. топлива) составляет от 2 до 5 лет.

После выгрузки из реактора ОЯТ нуждается в непрерывном отводе теплоты. Нестационарный характер энерговыделения (связанный с распадом и периодическими перегрузками ОЯТ) нивелируется большим водным объемом бассейна выдержки (БВ) ОЯТ, но требует переменной мощности систем охлаждения для поддержания его постоянной температуры. В перспективных проектах АЭС 4-го поколения стоит задача создания систем пассивного отвода теплоты от критического оборудования, в т.ч. БВ ОЯТ в течение неограниченного времени, что требует знания максимального энерговыделения ОЯТ в БВ для всех возможных перегрузочных циклов, реализуемых на АЭС [2].

В общем виде цикл ОЯТ после останова реактора выглядит следующим образом:

1) Выдержка в реакторе в течение 2-3 суток после останова;

2) Выгрузка ОЯТ в БВ, где происходит дальнейшее снижение тепловыделения и активности топлива (хранение до 10 лет);

3) Хранение ОЯТ в сухом хранилище АЭС или вывоз его в специализированные хранилища;

4) Захоронение ОЯТ, примерно после 40 лет хранения.

На основе имеющейся информации [3] был произведен расчет мощности энерговыделений ОЯТ в БВ, результат которого представлен на графике – рис. 1. Анализируя данные, можно видеть, что тепловыделение имеет периодический характер

изменения, по прошествии определенного времени, значения Q_{MAX} и Q_{MIN} стабилизируются.

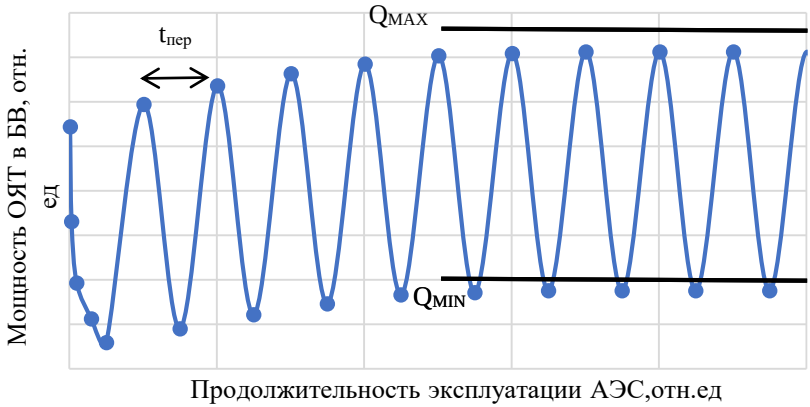


Рис.1. Тепловыделение ОЯТ в БВ при последовательных перегрузках.

Оценка возможного максимального тепловыделения ($Q_{ОЯТ}^{max}$) для АЭС с реактором ВВЭР-1000 для топлива из UO_2 с максимальным обогащением 4,95 % по U^{235} и продолжительности кампании 3 года с полной перегрузкой (глубина выгорания 70 ГВт·сут/т) с использованием нормативных характеристик ОЯТ [3] требует системы охлаждения максимальной тепловой мощностью ~ 7,0 МВт. Создание такой системы, использующей пассивные принципы отвода тепла, является важной задачей для повышения безопасности мирового парка атомных электростанций.

Литература

1 Нестеров В.Н., Шаманин И.В. Реакторная установка в традиционных и перспективных ядерных топливных циклах: учебное пособие для вузов – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — 101 с.

2 Подопригора А.В., Свириденко И. И., Шевелев Д. В. Пассивная система аварийного ремонтного расхолаживания ВВЭР-1000 // Вестник СЕВНТУ – 2011. – №119 – С. 127-132.

3 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, приказ № 106 от 11.03.2020, об утверждении

руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Радиационные и теплофизические характеристики отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных».

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ПОТОКА ЧЕРЕЗ НАСЫПНОЙ СЛОЙ СОРБЕНТА

С.В. Чалпанов, И.А. Бессонов, А.Д. Лезов,
О.Л. Ташлыков, В.А. Климова. С.В. Морданов
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

В процессе работы реакторных установок, дезактивации оборудования, помещений и спецодежды образуются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), которые представляют собой гомогенные или гетерогенные смеси в кислом или щелочном состоянии. Основными радионуклидами в кубовых остатках являются: $^{134,\ 137}$Cs в ионной форме; ^{60}Co, ^{54}Mn в форме комплексонов с соединениями, которые используются для дезактивации оборудования [1]. Главной задачей при обращении с ЖРО является изоляция кондиционированных радиоактивных отходов [2]. Среди методов обработки ЖРО наибольшую эффективность имеет метод селективной сорбции, позволяющий сконцентрировать радионуклиды в небольшом объёме сорбента в специальных фильтр-контейнерах [3].

В данной работе рассматривается компьютерное моделирование и экспериментальное исследование фильтр-контейнера с сорбентом и пути оптимизации его конструкции.

На первом этапе работы была построена твердотельная компьютерная модель фильтр-контейнера. Для построения компьютерной модели используется пакет вычислительной гидродинамики SOLIDWORKS Flow Simulation. Во Flow Simulation пористые среды моделируются, как сопротивление потоку. Для них задается порозность, тип проницаемости, а также проницаемость в виде гидравлического сопротивления

$$k = -\frac{grad(p)}{\rho \cdot u},$$

где ρ – плотность текучей среды; u – ее условная скорость, рассчитанная на полное сечение канала. Коэффициент k задается в виде эмпирической зависимости перепада давления от скорости потока, полученной экспериментально.

Моделирование проводилось для разных скоростей потока и вариантов сорбента. На рисунке показаны результаты моделирования течения через слой сорбента «СМЕТ» в сравнении с результатами эксперимента на специальной колонне.

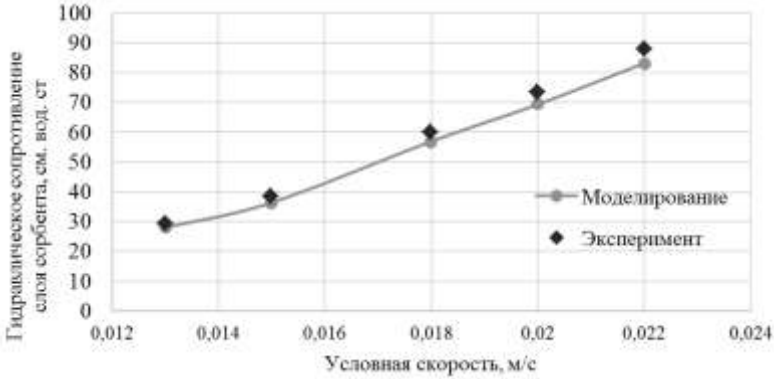


Рис. 1. Зависимость гидравлического сопротивления слоя сорбента от скорости течения.

Результаты экспериментов и моделирования могут быть использованы для оптимизации конструкции фильтр-контейнеров с целью повышения эффективности процесса селективной очистки, включая подбор режима течения, формы и размеров гранул сорбента, расположения слоя в установке.

Литература

1 Ташлыков О.Л., Кузнецов А.Г., Арефьев О.Н. Эксплуатация и ремонт ядерных паропроизводящих установок АЭС: – М.: Энергоатомиздат, 1995. Кн.1. – 256 с.

2 Новиков Г.А., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Обеспечение безопасности в области использования атомной энергии: учебник. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 552 с.

3 Ремез В.П., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Иошин А.А., Кузнецов С.Б. Повышение Эффективности локализации радионуклидов кобальт-60 и цезий-137 из жидких радиоактивных отходов в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности АЭС // Ядерная физика и инжиниринг. – 2016. – Т.7. – № 2. – С.129–137.

СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОГЕННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСКИ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

EXTERNAL EXPOSURE DOSE ASSESSMENT FOR THE POPULATION LIVING NEAR THE JSC "KARPOV INSTITUTE OF PHYSICS CHEMISTRY"

T. Chilambo, O.A. Momot
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Introduction: The experiences of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents showed that dosimetry was an essential tool in the emergency situation for decision making processes, such as evacuation and application of protective measures. It has now become a practice for nuclear institutions to regularly monitor their surroundings to ensure that radiation doses do not exceed their limits [1].

One such institution is JSC Karpov Institute of Physics and chemistry. It is a research centre that carries out various experiments and offers services in the nuclear field. It is an important case study because it is located quite near to human settlements. This report assesses the exposure dose to the population around Karpov Institute by testing soil samples.

Aim: The goal of the research was to calculate the exposure dose of the population living near the Karpov Institute using monitoring and sampling data from soil samples taken in 2019 and 2020.

Materials used: For the purpose of determining the exposure dose, 19 soil samples are examined. The radionuclides studied were Cesium-137, Radium- 226, Thorium-232 and Potasium-40. Then calculations are carried out using methodology [2].

Results. It is found that the specific activity concentration of Ra-226, in the collected samples was from 8.70 Bq/kg to 18.41 Bq/kg. For Th-232, the range was from 9.94 Bq/kg to 24.90 Bq/kg. For K-40, the range was from 277.90 Bq/kg to 425.3 Bq/kg.And finally, the activity concentrations for Cs-137, the range was from 0 Bq/kg to 9.05 Bq/kg.

The range of effective dose for the radionuclides were calculated for all points. In 2019, highest annual effective dose calculated was 0.795 mSv, for point 1.9 located in a forest in-front of the institute. The point that recorded the lowest effective dose was point 2.8 which is located in an open area between the fencing of the institute and the forest, calculated at 0.464 mSv. In 2020, the point with the highest effective dose was 1, located in the forest opposite the institute and calculated at 0.779 mSv/year. The lowest was 0.508 mSv at point 2.4(near the wall at the front of the institute). The total results of these calculations are shown in table 1 below. The calculations are compared to the annual permissible dose which is set at 1 mSv/year for the general population [3].

Table 1

Results of the total calculated effective dose from outside the perimeter of JSC Karpov Institute

Range of doses	Annual Effective Dose, mSv	
	2019	2020
Maximum	0.795	0.779
Minimum	0.464	0.508

Conclusion: From the results found in the table above, it can be concluded that the emissions are below the set parameters. This proves that the dose is below the standard set annual effective dose, which is set at 1 mSv/yr.

References

1 Barquinero J.F., Fattibene P. (2021). Lessons from past radiation accidents: Critical review of methods addressed to individual dose assessment of potentially exposed people and integration with medical assessment. Environment International, 146, 106175. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106175

2 EPA. (2019, August). External Exposure to radionuclides in air, water and soil (EPA-402/R19/002). https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-08/documents/fgr_15_final_508_2019aug02.pdf [Accessed on 15/12/20]

3 IAEA. (2014). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf.

VARIATION OF RADON (^{222}RN) PROGENY CONCENTRATIONS IN INDOOR AIR AS A FUNCTION OF TIME, TEMPERATURE, AND RELATIVE HUMIDITY

O.S. Ifayefunmi, B.I. Synzynys
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Study of radon and radon progeny in the air is indispensable, as these deliver the highest radiation dose to human beings among all-natural radioactive sources. It has been estimated that inhalation of short-lived radon progeny accounts for more than half of the effective dose from natural sources [1]. Airborne concentrations of radon and its progeny vary from time-to-time, depending upon the meteorological conditions, such as temperature, relative humidity, wind speed, rainfall, etc.

In the present work, we measured the time-to-time variation in the equivalent equilibrium concentration of radon (^{222}Rn) progeny in the indoor environment of a food store. Measurements were performed at a fixed place at the height of 1.8m above the ground surface for 60 days, with measurements each day covering two of the three sessions (morning, afternoon, evening).

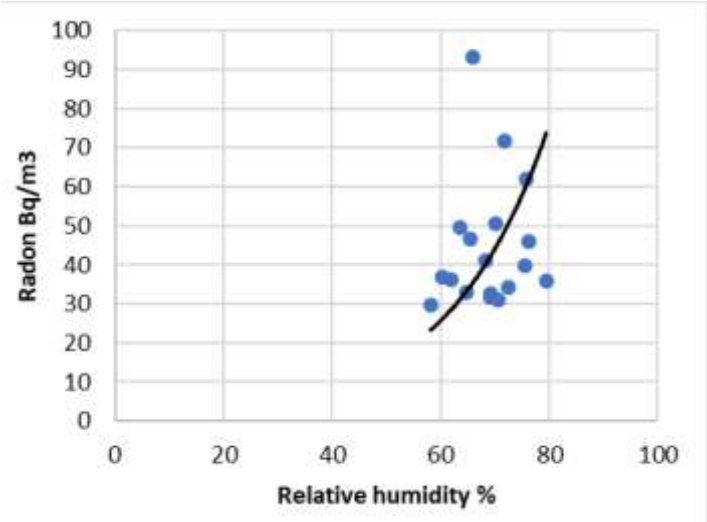


Fig.1. Correlation between Radon and relative humidity.

Fig. 1, shows the correlation between relative humidity and radon is also approximately exponential but positive, with a correlation coefficient of $R^2 = 0.98$. The possible cause of this positive correlation between relative humidity and radon might be the strong interrelationship between temperature and relative humidity.

References

1 United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with annexes, United Nations, 1993. - New York.

RADIOTOXICITY EVALUATION OF THE MOX FUEL FROM THE VVER-1200 REACTOR

T.I. Keya, M.A.H.B. Azad, O.A. Momot
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Nowadays UO_2 fuel is used in nuclear power plant. As the abundance of uranium is decreasing day by day so we need to think about an alternative nuclear fuel. May be the usage of MOX fuel will be more effective. Already several countries have started using MOX fuel in nuclear power plant. It will be a great concern that, from the spent nuclear fuel which we will get after burn up of MOX fuel in the reactor core, what and which amount of waste we will have and how much radiotoxic it will be.

Aim of this work: Determination of the radiotoxicity of MOX fuel and UO_2 fuel and comparison of their radiotoxicity.

Materials and methods: Modeling of VVER-1200 fuel assemblies with a full content of MOX fuel is carried out with the percentage of plutonium is 7 and in UO_2 fuel the percentage of uranium is 4. For simplicity one fuel assembly is used for both type of fuel. For the calculation of the radioactivity of MOX fuel and UO_2 fuel at the end of the fuel campaign (3 years) SERPENT is used. And for the calculations of the radiotoxicity Microsoft Excel is used.

Result: The radioactivity (RA) can be defined as the disintegration of atoms of a material per unit time or transform from one isotope from another with which emission of radiation occur. The radioactivity quantity is not the true reflection of the biological effect of the radioactivity. so, a new quantity “radiotoxicity” is introduced where RA is multiplied with dose conversion factor [1].

The results of radiotoxicity calculations on the fig. 1 are presented.

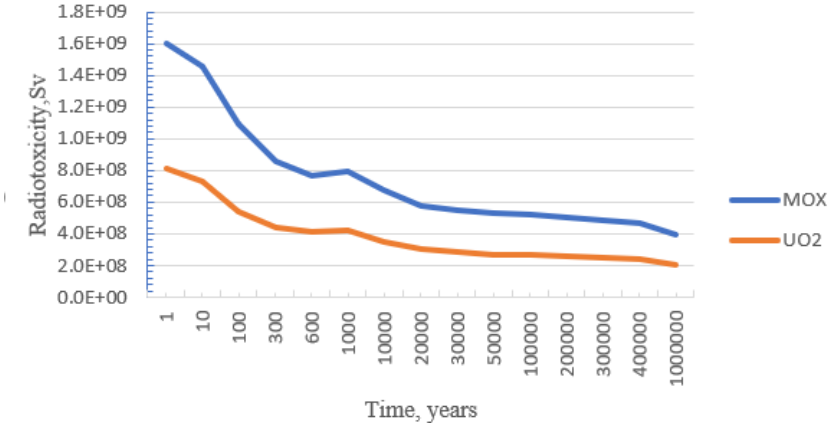


Fig.1. Change in radiotoxicity with time for MOX and UO_2 fuel.

Spent nuclear fuel of MOX and UO_2 according to the content of fission product, minor actinides and plutonium the radiotoxicity is higher for MOX fuel than UO_2 as shown in the fig. 1. The radiotoxicity of MOX fuel is 4-5 times higher than that of UO_2 fuel from 1 years to 1 million years. This is because MOX fuel contains more isotopes of Pu than UO_2 therefore Pu and its daughter nuclides contribute largely to radiotoxicity at a long-time range. The contribution of minor actinides is also responsible for high radiotoxicity.

Conclusion: In biological point of view the uses of MOX fuel in reactor is much more hazardous for environment and population than UO_2 if the spent nuclear fuel is not reprocessed. Because the radiotoxicity is higher than UO_2.

References

1 Dufek J., Arzhanov V., Gudowski W. Nuclear spent fuel management scenarios. Status and assessment report R-06-61. – Stockholm (Sweden), Department of Nuclear and Reactor Physics, Royal Institute of Technology, 2006. – 88 p.

RADON IN AREAS AROUND ZAMBIA'S UNDERGROUND MINE AND ITS CONTAMINATION IN DRINKING WATER

M. Mungwalubilo, B.I. Synzynys
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Zambia is a country in the southern part of Africa which relies on copper and cobalt mining as the main economic activity. Due to the radiation- induced, public hazards through the release of radon and its concentration from the mines which is highly dissolved in streams and wells used for drinking purposes remains of great interest.

Materials and Methods. Radon concentration in water was measured by the short living daughter products generated by radon decay inside the chamber Radon Thoron Measure detector (RTM 2200) of which after decay, the ^{218}Po nuclei is charged positively for a short time because some shell electrons are scattered away by the emitted alpha particles. The number of ^{218}Po collected is proportional to radon concentration inside the chamber. Below is the formular used to calculate the annual effective dose:

$$DW=C_W * C_{RW} * D_{CW}$$

Where: DW= annual effective dose (μSv/y) because of ingestion of radionuclides from consumption water. CW= concentration of radon in ingested water (Bq/l). CRW= annual intake of drinking water (1/year). DCW= ingested dose conversion factor for radon (Sv/Bq) of 5*10-9 Sv/Bq was used as suggested by United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation.

Results and Conclusion. The results of activity determination below were obtained between November 2013 and September 2015 and a total of 12 samples were collected from each water source in surroundings around lumwana mine as presented in figure 1 below:

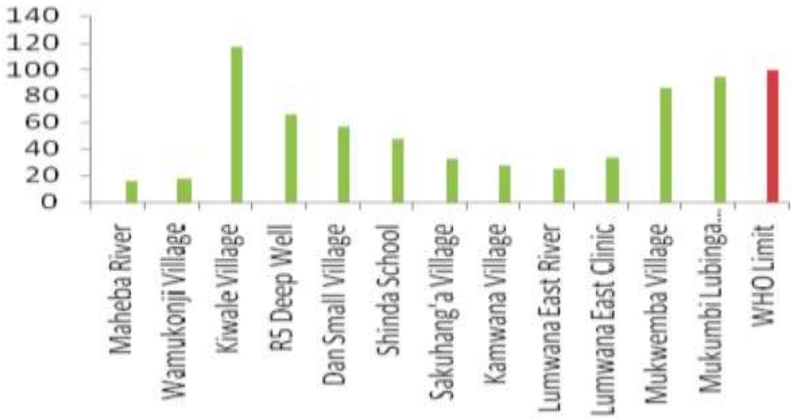


Fig. 1 Annual average effective dose (μSv/y).

Water from swallow wells had high concentrations of radon in comparison to deep well and rivers if we compare with the World Health Organization (WHO) recommendation for drinking water (100μSv/y). Kiwale village is located near chimuwingo open pit mine which is rich in uranium mineralogy hence it recorded the highest annual effective dose of 117.28 μSv/y.

References

1 WHO (World Health Organization). Guidelines for drinking-water quality, 3rd edition: Volume 1 – Recommendations. –WHO Library Cataloguing-in-Publication Data World Health Organization. rd ed. Geneva, 2004.

EFFECTIVE DOSE ESTIMATION AND RISK ASSESSMENT ON POPULATION DUE TO TRITIUM IN DRINKING WATER BEFORE COMMISSIONING OF ROOPPUR NPP IN PEOPLE'S REPUBLIC OF BANGLADESH

R.K. Sadhukhan, O.A. Momot, B.I. Synzynys
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

Tritium (^3H) is the radioactive isotope of hydrogen having both natural and technogenic origin. It exists in the environment either as tritiated water (HTO) or as organically bound tritium (OBT) [1]. ^3H is the main radionuclide released from the NPP [2]. When ingested with food, water, inhaled air, or through damaged body coverings, ^3H can become a source of health risk if it enters the cells and tissues.

Purpose of Work – Effective dose estimation and risk assessment on population of Rooppur due to ^3H in drinking water before commissioning of Rooppur NPP (RNPP) in People's Republic of Bangladesh.

Materials and Methods – The maximum ^3H radionuclide concentration in drinking water in the vicinity of Rooppur before commissioning of RNPP is 1.2 Bq/L [3].

The dose of ^3H β-radiation is assessed using equations by Momot *et. al.* (Eq. (1)) [4] and Zhuravkov *et. al.* (Eq. (2)) [5]:

$$D_\beta = 2.0 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\bar{E}_\beta \cdot A_v \cdot V \cdot f \cdot T_{eff}}{m} \cdot \left(t + \frac{T_{eff}}{0.693} \cdot e^{\frac{-0.693 \cdot t}{T_{eff}}} - \frac{T_{eff}}{0.693} \right) \quad (1)$$

where: D_β - absorbed dose [rad]; $\bar{E}_\beta$ - average energy of ^3H β-radiation decay [MeV], (5.7 keV); t - exposure time [days], (365 days); A_v - ^3H specific activity in drinking water [Bq/L]; V - intake rate of drinking water [L/day], (2 L/day); f - transfer coefficient in critical organ, (f = 1 for ^3H); T_{eff} - effective half-life of ^3H [days], (9.98 days); m - mass of human body [g], (7×10^4 g).

$$E = B_{al} \cdot A; \qquad A = A_v \cdot V \cdot 365 \qquad (2)$$

where: E - annual effective dose [Sv/yr.]; B_{al} - dose coefficient [Sv/Bq], (4.2×10^{-5} mSv/kBq for age > 17 yrs.); A - annual ^3H specific

activity in drinking water [Bq/yr.]; A_v - ^3H volume activity in drinking water [Bq/L]; V - intake rate of drinking water [L/day], (2 L/day).

The radiation risk presented is calculated using the following eq.:

$$R = r_E \cdot E$$

where: R - individual risk [person^{-1}]; E - effective dose [Sv]; r_E – linear coefficient of radiation risk [person^{-1}·Sv^{-1}]. r_E equals 5.5×10^{-2} person^{-1}·Sv^{-1} (NRB-99/2009) considering the risk of malignant tumors due to consumption of drinking water with low ^3H specific activity.

Results and Conclusions

Table 1

Results of estimated effective dose and assessed risk on population of Rooppur due to ^3H in drinking water before commissioning of RNPP

Name of Researcher	Annual D_β (rad) $\times 10^{-6}$	Annual D_β (Gy) $\times 10^{-8}$	Annual E (Sv) $\times 10^{-8}$	Annual R (pers.$^{-1}$) $\times 10^{-9}$	$\frac{Risk_{acceptable}}{Risk_{obtained}}$ $\times10^4$
Momot *et. al.*	1.37	1.37	3.42	1.88	2.66
Zhuravkov *et. al.*	1.47	1.47	3.68	2.02	2.48

Estimated effective dose from ^3H in drinking water of 3.42×10^{-8} and 3.68×10^{-8} Sv using eqs. (1) and (2) respectively both are below 1 mSv acceptable dose limit for population. Assessed risk 1.88×10^{-9} and 2.02×10^{-9} when using Momot *et.al.* and Zhuravkov *et. al.* methods respectively are below acceptable risk of 5.0×10^{-5}. Both the equations leading to same results show that drinking water is safe for population of Rooppur from ^3H β-radiation risk before commissioning of RNPP.

References

1 Synzynys B.I., Momot O.A., Mirzeabasov O.A. et. al. Radiological Problems of Tritium// KnE Engineering / XIII International Youth Scientific and Practical Conference "Future of atomic energy - AtomFuture 2017". – 2018. – 3(3). – P. 249-60

2 Sadhukhan R. K., Synzynys B.I. Review of tritium in Bangladesh before commissioning of NPP Rooppur// IOP Conf. Series: Materials

Science and Engineering 976 (2020) 012009. doi:10.1088/1757-899X/976/1/012009

3 Mikailova R.A., Panov A.V., Kurbakov D.N. The programme and results of the radioecological monitoring of freshwater ecosystems in the vicinity of Rooppur NPP (People's Republic of Bangladesh)// RAP Conference Proceedings. – V.4. – P. 108-12

4 Momot O.A., Synzynys B.I., Oudalova A.A. Health risk assessment of potable water containing small amount of tritium oxide// IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 784 (2017) 012040 doi:10.1088/1742-6596/784/1/012040

5 Zhuravkov V., Skibinskaya A. , Poznyak S. Assessment of dose loads from the trition to different age populations at the initial stage of construction of the Belarusian NPP/ Sakharov Readings 2019: Environmental Problems of the XXI Century: Textbook. 19th International Scientific Conference, Minsk, Republic of Belarus: at 3 o'clock / Belarusian State University, ISEI BSU. - Minsk: Information and Computing Center of the Ministry of Finance, 2019. – Part 2. – P. 259-262.

INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF RADIONUCLIDES AND HYDROSCPIC MOISTURE CONTENT IN SOIL AROUND A NUCLEAR FACILITY

H. Simwinga, O.I. Leshukov, A.H. Chan, A.A Oudalova
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI», Obninsk, Russia

One of the concerns for environmental safety is the presence and distribution of radionuclides which mobility and fate in the environment depends on many factors including soil quality and characteristics.

In this study physico-chemical properties of soil around a nuclear facility, Karpov Institute, in the south west of Obninsk city are investigated. Soils are sampled from 19 locations around Karpov Institute in summer 2020. Several indexes are planned to be analyzed in determining the soil quality. In this report, the preliminary data will be given about maximum hygroscopic moisture content and the

specific activities of radionuclides. Hygroscopic moisture content of the soil is determined by an air-drying method. The results of measurements are shown in figure 1. Overall soil-water interaction is paramount to understanding the quality of soil and behavior of pollutants in soil layer, particularly radioactive elements with nuclear facilities in mind.

The activity concentrations of naturally occurring ^{40}K, ^{226}Ra, and ^{232}Th radionuclides and of the artificial ^{137}Cs radionuclide are measured in the soil samples by means of gamma spectrometry with a Nal (TI) detector. The activity concentrations varied in the range of 8.7 to 18.4 for ^{226}Ra, 9.9 to 24.9 for ^{232}Th, 241.1 to 425.3 for ^{40}K, and 0.00 to 9.05 for ^{137}Cs. The activity concentrations of radionuclides in soil samples are compared to the international values reported by United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation [1]. As observed in table 1, values fall within the global range according to the UNSCEAR Survey of Natural Radiation Exposures. The ^{137}Cs levels also seem to fall within the safe zone if we compare it with the areas around the Chernobly NPP accident [2].

Table 1

Activity concentrations of radionuclides in soil around Karpov Institute compared to worldwide data

Radionuclides Meausured	World Records (range)	Specific activity (Bq/kg)	
	Russain Federation	Maximum	Minimum
^{137}Cs	0.3 - 284.6*	9.05±2.26	0.00±0.93
^{226}Ra	1 - 76	18.41±4.00	9.36±2.68
^{232}Th	2 - 79	21.64±4.39	9.94±2.77
^{40}K	100 - 1 400	425.3±82.6	247.1±52.8

* the range of ^{137}Cs activity concentrations around Chernobyl NPP accident area (radius 1400 km from NPP)

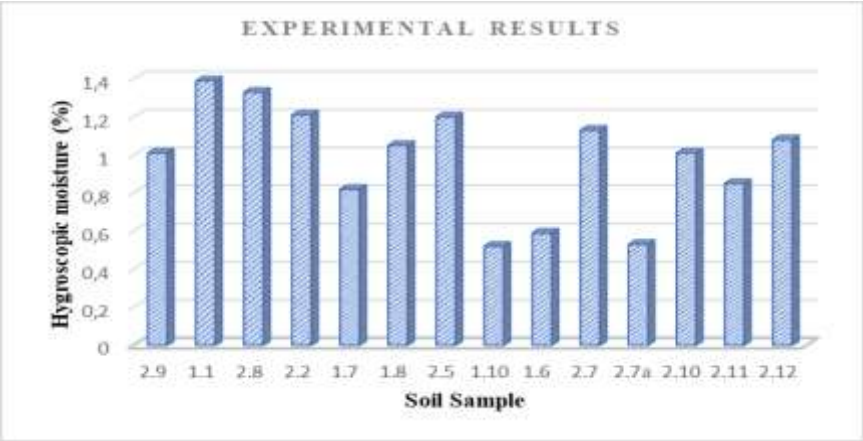


Fig. 1. Results distribution of the hygroscopic moisture content measurements at different locations around Karpov Institute.

References

1 Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annex es – 2002.

2 Soil ^{137}Cs concentrations contaminated by the CNPP accidents.// [Electronic resource] https://www.nature.com/articles/s41598-020-64812-9/tables/1 – Access date: 09/03/2021.

ASSESSMENT OF RADIONUCLIDES ACTIVITY CONCENTRATIONS IN SOIL IN THE AREA OF THE OPERATING RESEARCH REACTOR

M. Ziouche [1], A.A. Zvantsev[1], V.M. Demin [1], A.A. Oudalova [1,2]
[1] – National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia
[2] – Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI»,Obninsk, Russia

Karpov Physical Chemistry Institute (NIFCI) in Obninsk manages a diversity of research and production activities in the nuclear field.

Nevertheless, NIFCI regularly monitors the quality of its sewage and stormwater as well as discharges and emissions, radioactive and chemical substances are certainly infiltrated into the close environment, thus, monitoring and assessing of their quantity in the different environmental compartments are indispensable.

The aim of our research was to determine and assess the activity concentrations distribution of ^{137}Cs as anthropogenic radioactivity source and the activity concentrations of ^{226}Ra,^{232}Th,^{40}K as natural radioactivity sources within a 30-cm soil depth in order to quantify spatial radioactivity variations.

The object of the study was the soil sampled in 2018-2020 according to [1] by the envelope method at 18 points from the sanitary protection zone (SPZ) and the surveillance zone (SZ) located behind the fence of Karpov Physical Chemistry Institute (NIFCI) in Obninsk. As part of the radioecological monitoring, in order to obtain more detailed information about the environment state around NIFCI territory, it was decided to take soil samples from all sides of the surveillance zone (SZ) of NIFCI. Samples preparations were carried out according to [2]. The specific activity of ^{137}Cs (662 keV), ^{226}Ra (analyzed via their daughters), ^{232}Th (analyzed via their daughters), ^{40}K (1460 keV) radionuclides in soil samples was determined at the National Research Nuclear University MEPhI (laboratory of instrumental methods of radiation safety and design of devices) by using a gamma spectrometer Progress-Gamma (Russia) with a scintillation detection unit (NaI (Tl), Ø63x63 мм) placed in a low background lead cave. Equipped with specialized PROGRESS software that detects gamma radiation in energy range from 30 keV to 3000 keV.

The radioactivity levels of ^{226}Ra in 2018, 2019 and 2020 respectively, was found to be within the range from 8±3 to 16±3 Bq/kg, 7.3±7 to 20.5±8.0 Bq/kg and 8.7±2.4 to 18.4±4.0 Bq/kg. The radioactivity concentration of ^{232}Th was in the range of 11±3 to 18±4 Bq/kg, 4.8±6.7 to 18±9.5 Bq/kg and 9.9±2.8 to 24.9±4.5 Bq/kg. The radioactivity concentration of ^{40}K in soil samples was found in the range of 220±70 to 370±80 Bq/kg, 224±88.5 to 390±139 Bq/kg and 247.1±52.8 to 425.3±82.6 Bq/kg. The activity concentrations of the natural radionuclides (^{226}Ra,^{232}Th, ^{40}K) studied corresponds to the

natural contents of these radionuclides in natural soils of Kaluga region with average activity concentrations of ^{232}Th, ^{226}Ra, and ^{40}K in the 30-cm depth soil were 14.4, 13.5, and 312.7 Bq/kg, respectively and they are within the worldwide average concentrations.

The ^{137}Cs activity concentration in the sanitary protection zone and in the observation zone of the radiation-hazardous facility (NIFCI) varies in the range of 0 to18±4 Bq/kg, 0 to 12±4.8 and 0 to 9.1±2.3 in the samples taken during the years 2018, 2019 and 2020 respectively, which was within the reported world mean.

References

1 State Standard 17.4.4.02-84. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of soil objects for their pollution analysis. Moscow, Standartinform Publ., 2002. (In Russian).

2 Guiding Document 52.18.686-2006. Unified state automated system for monitoring the radiation situation in the territory of the Russian Federation. Guidance on ground-based radiation reconnaissance in the early phase of a radiation accident. (In Russian).

ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИЯХ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Ю.Антонова[1], А.В. Огиенко[1], Е.А. Бураева[2]

[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия,

[2] – Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ростовская область – преимущественно степной сельскохозяйственный регион с огромным количеством небольших населённых пунктов, расположенный в черноземной и каштановой почвенных зонах. Активное использование удобрений с высоким содержанием естественных радионуклидов (фосфаты) на пахотных угодьях может изменять (ухудшать) природный радиоактивный фон региона [1].

Работа посвящена оценке мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) и годовой эффективной дозы

(ГЭД, мЗв) на территории типичных сельских поселений (СП) Ростовской области. Все СП находятся в умеренном степном климате с жарким и сухим летом и мягкой зимой, количество осадков достаточно велико осенью и весной, и низкое летом.

Измерения МЭД проводились на территории 10 сельских поселений Ростовской области (п. Кулешовка, п. Персиановский, п. Матвеев-Курган, х. Недвиговка, с. Большие Салы, ст. Старочеркасская, с. Стефанидинодар, п. Овощной, х. Новоалександровка, х. Морской Чулек). Все населенные пункты схожи по климатическим условиям и по количеству населения. МЭД измеряли на высоте 100 см от поверхности земли методами пешеходной гамма-съемки вдоль улиц с помощью дозиметров-радиометров ДРБП-03, СРП-88н и ДКС-96.

Средняя по всем сельским поселениям МЭД составляет 0,12 мкЗв/ч, модальная – 0,1 мкЗв/ч и медиальная – 0,12 мкЗв/ч, что полностью соответствует НРБ-99/2009. В каждом конкретном СП средние значения МЭД варьируют в пределах 0,10–0,15 мкЗв/ч. Это свидетельствует о стабильной радиационной обстановке на территории Ростовской области, изменений и аномалий МЭД выявлено не было. Средняя ГЭД на открытой местности за 2019 год составляет 1 мЗв, что полностью соответствует НРБ-99/2009.

В целом, на данный момент времени степень урбанизации и активная сельскохозяйственная деятельность не приводит к увеличению и/или изменению природного гамма-фона на территориях сельских поселений Ростовской области. При этом стоит отметить, что дальнейшее проведение регулярных радиоэкологических обследований территорий необходимо не только для снижения социальной напряженности среди населения из-за радиофобии, но и для независимого контроля регионов с наличием предприятий ядерной топливной энергетики (Ростовская АЭС).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Государственное задание в области научной деятельности, Южный федеральный университет, 2020 г.).

Литература

1. Кузнецова Н. Е. Титова И. М. Гара Н. Н..Химия 9 класс. — М.: Вентана-Граф, 2010. — С. 287.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

М.А. Басова[1,2], Э.Н. Денисова[1], И.М. Меджидов[1], Ю.А. Кураченко[1]

[1] – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

[2] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Разработка дозиметрической модели щитовидной железы (ЩЖ) крупного рогатого скота (КРС) проводилась для решения задачи по определению поглощенной дозы ^{131}I, приводящей к разрушению тканей ЩЖ. В исследовании использовалась камерная модель метаболизма йода [1] и экспериментальные данные облучения йодом коров и телят [2, 3]. Расчёт характеристик поля излучения проводился при помощи MCNP5.

Размеры и масса ЩЖ КРС взяты из литературы: для коров массой ~ 500 кг усреднённые значения составили 20,0 см^3 и 20,6 г соответственно. Для телят массой 60 кг 11,6 см^3 и 12,0 г, соответственно. Ткань имеет плотность ~ 1,03 г/см^3.

Дозиметрическая модель ЩЖ КРС (рисунок 1) представлена осесимметричным телом из 9 сегментов, получаемых осевым и радиальными цилиндрическими сечениями. Сегменты расположены на трахее симметрично и соединяются попарно, образуя 4 излучающих тела. Пятый источник представляет перешеек.

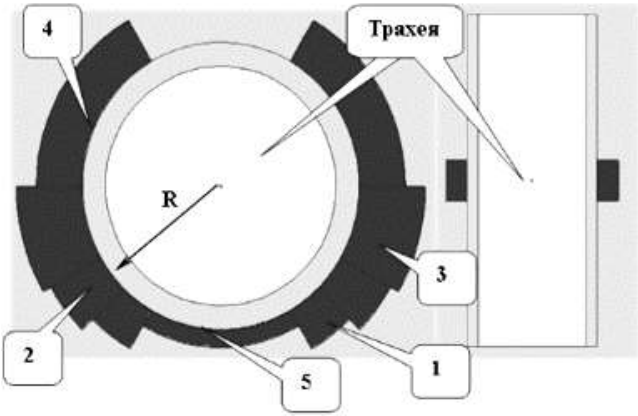


Рис.1. Радиальное (слева) и осевое сечение расчётной модели ЩЖ.

Изотопная активность распределена равномерно по объему ЩЖ. Для каждого сегмента модели последовательно проведен расчет: а) переноса β-излучения в ЩЖ, включая вторичное излучение и его перенос; б) переноса собственного γ-излучения ^{131}I с учетом генерации и транспорта рентгеновского и флуоресцентного излучений и др. Диссипация энергии учитывалась до 1 кэВ, интегральная дисперсия дозы составила <0,1%. Дозы от двух типов источников, с учетом массы/объема сегментов, суммировались для вычисления полной мощности дозы.

В результате получена зависимость суммарной мощности дозы от времени. Для каждого временного интервала рассчитана накопленная к конкретному моменту времени поглощенная доза. Доза, приводящая к разрушению тканей ЩЖ телят, составила ~ 300 Гр. Такую же величину можно найти в зарубежных и отечественных источниках литературы. Также для ряда изотопов йода (^{131}I, ^{132}I, ^{133}I, ^{135}I) получены коэффициенты конверсии «Бк => Гр/с» (таблица 1).

Таблица 1

Коэффициенты конверсии для взрослых коров

Изотоп	Коэффициент конверсии, Гр/с на 1 Бк
^{131}I	2.34×10^{-12}
^{132}I	6.73×10^{-12}
^{133}I	4.35×10^{-12}
^{135}I	9.51×10^{-12}

Литература

1 Снегирев А.С., Козьмин Г.В., Исамов Н.Н., Фесенко С.В. Камерная модель метаболизма радионуклидов в организме жвачных сельскохозяйственных животных / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов I Международной (XIV Региональной) научной конференции – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2017. – С.17-19.

2 Спирин Е.В., Лазарев Н.М., Сарапульцев И.А. Формирование дозы облучения щитовидной железы телят при поступлении ^{131}I с кормом / Докл. РАСХН. – 2004. – №4. – С.54-55.

3 Сироткин А.Н., Панченко И.Я., Тюменев Л.Н., Пантелеев Л.И., Николаева Е.М., Гришин А.И. Корнеев Н.А. Сравнительное поведение ^{131}I у коров при различных источниках поступления его в организм / В сб. Биологическое действие внешних и внутренних источников радиации. М: Медицина. – 1972. – С. 72-77.

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ^{137}CS В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ПОЧВЫ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

В.А. Бобылев[1], Е.А. Бураева[2]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г.Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета г. Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время многие предприятия ядерной топливной энергетики могут быть потенциальными источниками поступления в окружающую среду искусственных радионуклидов (ИРН). В Ростовской области таким предприятием является Ростовская (Волгодонская) АЭС.

В данной работе представлены результаты независимого радиоэкологического мониторинга зоны наблюдения Ростовской АЭС.

Объектами исследования являются почвы степной зоны Ростовской области, распространенные на контрольных участках в Волгодонском, Цимлянском и Дубовском районах. Пробы почв отбирались ежегодно в летний период с 1999 года.

Мощность эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения в зоне наблюдения Ростовской АЭС с 2000 по 2019 гг. не изменяется и в среднем составляет 0,13 – 0,14 мкЗв/ч, что не превышает гамма-фон, регламентированный Нормами радиационной безопасности [1], с максимальным значением в 0,3 мкЗв/ч. Полученные значения МЭД совпадают с литературными данными [2] и не превышают «Нулевой фон».

Средняя удельная активность ^{137}Cs в 0-10 см слое почве на контрольных участках снизилась с 32,6 Бк/кг до 14,6 Бк/кг за период 2000-2018 годы (рис. 1). Полученные данные соответствуют средним концентрациям радиоцезия в разных районах по Ростовской области, и сопоставимы с литературными данными [3,4].

Это связано с естественным распадом радиоцезия, его выносом растительностью, перераспределением по почвенному профилю, за счет миграции в результате собственной диффузии

и конвективного переноса в водорастворимой форме. Не исключено влияние биотурбации на перераспределение ^{137}Cs в верхних почвенных горизонтах.

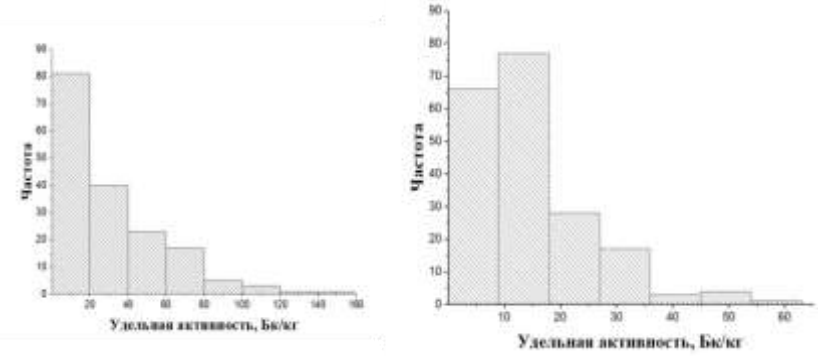


Рис.1. Диаграмма распределения ^{137}Cs в 0 –10 см слое почвы Ростовская АЭС за 2000 и 2018 год.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г № 47 с 01 сентября 2009 г.

2 Шершаков В.М., Булгаков В.Г., Крышев И.И., Вакуловский С.М., Каткова М.Н., Ким В.М., Крышев А.И. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году // Обнинск –2019 – С. 228-234.

3 Hejl A.M., Ottmar R.D., Timothy J.G., Eddy T.P., Rathbun S.L., Commodore A.A., Pearce J.L., Naeher L.P. Radionuclide activity concentrations in forest surface fuels at the Savannah River Site // Journal of Environmental Management – 2013 – №115 – P. 217-226.

4 Marie Edena, Bernhard Felbermeierb, Reinhard Mosandlb, Jörg Völkela. Vertical distribution of 137Cs in the contaminated soil of a spruce forest in southern Germany 12 years after regeneration cutting // Forest Ecology and Management – 2017 – №406 – P. 402-409.

МИГРАЦИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ В 2019-2020 ГОДАХ

В.Г. Булгаков, А.Д. Уваров, В.Д. Гниломедов, М.Н. Каткова, А.О. Епифанов, С.М. Вакуловский
ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

Настоящая работа выполнялась в рамках работ по уточнению радиационной обстановки на территории населенных пунктов, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС. Объектом исследования являлись 85 населенных пунктов Брянской области, обследованных в 2019-2020 годах территория которой подверглась наибольшему загрязнению из всех областей РФ.

В работе выполнена оценка такого важного с экологической точки зрения параметра как заглубление основного (в настоящее время) чернобыльского загрязнителя ^{137}Cs.

Отбор проб почв в населенных пунктах осуществлялся в соответствие с методическими документами [1,2]. В каждом населенном пункте отбирались также по две послойных пробы почвы для оценки заглубления ^{137}Cs.

О вертикальной миграции радионуклидов в почве как важной составляющей ответственной за дозовые нагрузки населения написано множество работ, например [3, 4].

Предшествующими исследованиями было установлено, что основное количество ^{137}Cs на загрязненных участках сосредоточено, в настоящее время, в слое почвы от поверхности до глубины 30 см. Распределение содержания ^{137}Cs в пределах этого слоя может быть крайне неравномерно в зависимости от типа почвы. На рис.1 показано распределение ^{137}Cs в верхнем 30-сантиметровом слое для различного типа почв.

Одним из основных факторов, влияющих на скорость заглубления ^{137}Cs в почву, является величина сорбционной ёмкости. Присутствие глинистых минералов увеличивает сорбционную ёмкость почвы.

Это видно из рисунка, где наименьшее заглубление ^{137}Cs в почве, из рассматриваемых типов почв, происходит в суглинистых почвах.

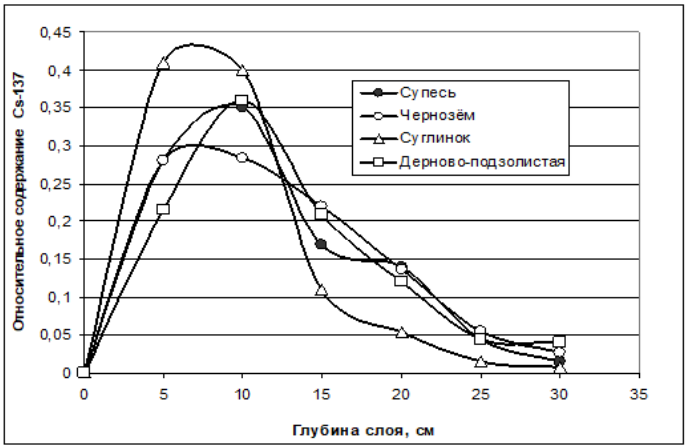


Рис. 1. Усредненное относительное содержание ^{137}Cs по глубине в пробах почвы Брянской области, полученных в результате экспедиционных исследований в 2019-2020 гг.

Литература

1 РД 52.18.766-2012. Руководство по радиационному обследованию компонентов природной среды на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции / Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». – 2013. – 65 с.

2 Изменение №1 РД 52.18.766-2012 ОРН-038 Руководство по радиационному обследованию компонентов природной среды на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции/Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». – 2015. – 10 с.

3 Свиридова Т.С. Миграция цезия в почвах зоны природного и техногенного радиоактивного загрязнения // Известия тульского государственного университета Естественные науки. – 2009. – Вып. 1. – С. 259-264.

4 Квасникова Е.В., Жукова О.М., Гордеев С.К., Константинов С.В., Киров С.С., Лысак А.В., Манзон Д.А. Цезий-137 в почвах ландшафтов через 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС // Серия географическая. – 2009. – №5. – С. 66-83.

ОЦЕНКА ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ ВЫБРОСОВ ^{131}I ВБЛИЗИ АО «НИФХИ ИМ. Л.Я.КАРПОВА»

А.А. Бурякова[1,2], А.А. Удалова[1], А.И. Крышев[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

В связи с растущим спросом на радиофармацевтическую продукцию, увеличиваются объемы производства, активно расширяются производственные площадки. Изготовление радиофармпрепаратов является одним из возможных источников появления ^{131}I в атмосферном воздухе. Присутствие радиоактивного йода в атмосфере является надежным индикатором распространения выброса. В настоящей работе выполнена оценка дозовой нагрузки на население г. Обнинска и его окрестностей вследствие штатных выбросов АО «НИФХИ им. Л.Я.Карпова» (далее – НИФХИ) основного дозообразующего и радиологически значимого радионуклида ^{131}I.

С помощью модельного расчета содержания ^{131}I в окружающей среде на основе классической гауссовой модели переноса и рассеяния примеси из трубы выброса и согласно методике МТ 1.2.1.15.1176-2016 [1] была проведена оценка дозовой нагрузки на население в динамике (2015-2019 гг.). С учетом метеорологических особенностей вблизи предприятия определены референтные точки с максимальным содержанием

^{131}I в атмосферном воздухе, в которых население проживает постоянно либо ведет сельскохозяйственную деятельность.

Результаты расчетов динамики годовой дозы облучения населения показаны на рис. 1.

По результатам оценки радиационного воздействия на население в рассматриваемых населенных пунктах суммарные дозы облучения населения в 2015-2019 гг. изменялись в пределах от 0,5 мкЗв/год до 2,0 мкЗв/год, что значительно ниже квоты предела дозы для населения, проживающего в районе расположения НИФХИ (300 мкЗв/год). Максимальная дозовая нагрузка в этот период была характерна для населения, постоянно проживающего и ведущего хозяйственную деятельность в критической точке КТ (1,9 км северо-восточнее источника выброса) в 2018 году. Преобладает вклад молекулярной фракции ^{131}I в суммарную дозовую нагрузку на население, который составляет в среднем 74 – 92 %.

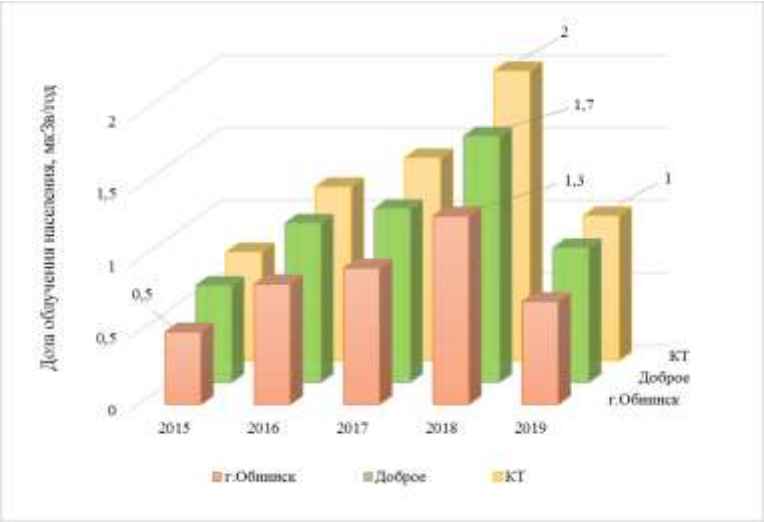


Рис.1. Суммарные дозы облучения населения от ^{131}I в районе расположения НИФХИ в 2015-2019 гг., Зв/год.

На основании полученных результатов сделан вывод об отсутствии значимого воздействия на население. Риск от

дополнительного радиационного воздействия выбросов ^{131}I НИФХИ в 2015-2019 гг. для жителей г.Обнинска и его окрестностей является пренебрежимо малым.

Литература

1 МТ 1.2.1.15.1176-2016. Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций в атмосферный воздух. Методика. / АО «Концерн Росэнергоатом». – 69 с.

СИСТЕМА НАВИГАЦИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ГЛУБОКОВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ

А.А. Василенко, А.П. Елохин
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

С начала освоения атомной энергетики человечество столкнулось с проблемой радиоактивного загрязнения окружающей среды и задачей разработки средств оценки уровня загрязненности окружающей среды, безопасными для человека. В работах [1, 2] рассматривается система контроля уровня загрязненности акваторий и их донной поверхности. Для контроля уровня загрязненности акваторий предлагается использовать подводный дозиметрический комплекс (ПДК), имеющий возможность дистанционного управления, что исключает непосредственный контакта человека с потенциально опасной средой или зараженным радиацией оборудованием.

Одним из возможных режимов работы рассматриваемого ПДК является автономная работа, результатом которой является построение тепловой карты загрязненности акватории. Для осуществления возможности автономной работы ПДК необходимо решить задачу его навигации под водой, что и является целью настоящей работы.

В данной работе рассматриваются различные подходы к определению пространственных координат ПДК под водой в

реальном времени, их преимущества и недостатки. Производится выбор наиболее оптимального способа навигации, а также оценка его выходных характеристик, таких как погрешность определения пространственных координат ПДК, максимальная частота вычислений координат и степень загрузки канала связи с ПДК.

Выбранный способ навигации ПДК под водой представляет собой комбинацию из двух систем навигации – AOA (Angle Of Arrival) для определения местоположения ПДК относительно буферного устройства на поверхности воды [1, 2] и TDOA (Time Difference Of Arrival) для определения долготы и широты местоположения буферного устройства (используется ГЛОНАСС и GPS).

Литература

1 Елохин А.П., Василенко А.А. Автоматизированная система передачи данных в водной среде для управления беспилотным подводным радиоуправляемым аппаратом // Тезисы докладов XXXII Международной научно-технической конференции «Проблемы автоматизации и управления в технических системах – 2017», 06-08 июня 2017 Пенза, Изд-во ПГУ, 2017, – Т 1. – С.25-30.

2 Елохин А.П., Василенко А.А., Улин С.Е., Юксеклер С., Юксеклер М. Исследование системы автоматизированного управления подводного дозиметрического комплекса при дистанционном измерении придонной радиоактивности в глубоководных акваториях // Глобальная ядерная безопасность. – 2020. –№3. – С. 18-39.

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ ^{226}RA, ^{232}TH, ^{40}K, ^{137}CS В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННО-ОПАСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.М.У. Доан[1], Г.В. Лаврентьева[1,2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

На севере Калужской области функционируют несколько радиационно-опасных объектов, в числе которых НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Постоянно осуществляется контроль выбросов и сбросов предприятия, а мониторинг и оценка влияния на объекты окружающей среды являются обязательными [1]. При этом изучение миграция техногенных и естественных радионуклидов в системе «вода – донные отложения – водная растительность» является актуальным направлением.

Данная работа направлена на изучение миграции радионуклидов ^{137}Cs, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K в водных объектах, расположенных вблизи АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Объектом исследования являлась вода и донные отложения, отобранные на водных объектах территории санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения НИФХИ им. Л.Я. Карпова (рис. 1).

Объемная активность радионуклидов в воде и удельная активность радионуклидов в донных отложениях измерялась на гамма-спектрометре со сцинтилляционным блоком детектирования и программным обеспечением «Прогресс». Для анализа миграции радионуклидов в системе «вода – донные отложения» рассчитывали коэффициент перехода: отношение удельной активности радионуклида в донных отложениях к активности в воде.

Анализ изменения активности радионуклидов в воде проведен с учетом удаленности от источника сброса (рис. 1, табл. 1).

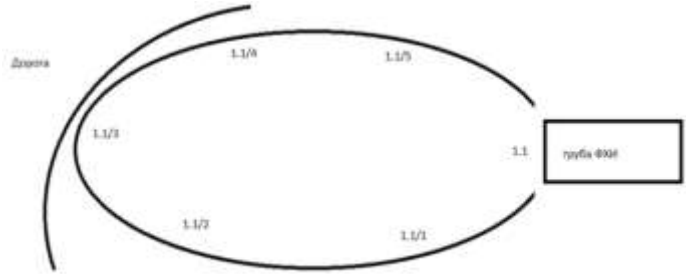


Рис.1. Схема отбора проб воды и донных отложений.

Таблица 1

Значения удельной активности радионуклидов в воде

№ проба	Объемная активность, Бк/л			
	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
1.1	3.30±1.00	1.68±3.90	–	-
1.1/1	1.20±2.7	-	-	2.80±37.40
1.1/2	-	1.40±4.86	0.32±4.94	-
1.1/3	-	0.57±3.32	-	-
1.1/4	0.38±2.44	4.63±4.35	-	-
1.1/5	0.47±1.95	2.48±3.37	-	-

Примечание: « – » значение ниже предела обнаружения.

От источника сброса активность ^{137}Cs в воде уменьшается в 2.8, 7.0 и 8.7 раз при удалении к точкам отбора 1.1/1, 1.1/5 и 1.1/4, соответственно.

Активность ^{226}Ra изменяется случайно, не зависит от удаленности от источника сброса. При этом активность радионуклида до 9 раз превышает уровень вмешательства.

Объемные активности ^{232}Th и ^{40}K обнаружены в точке 1.1/1 и 1.1/2 и не превышают установленные нормативы согласно НРБ-99/2009.

Коэффициенты перехода радионуклидов из воды в донные отложения составляют следующие значения: для ^{137}Cs от 1058 до 4230, для ^{226}Ra – от 3.96 до 27.12, для ^{232}Th – 31.09, для ^{40}K – 96.43.

Литература

1 Отчет по экологической безопасности за 2019г. / АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова», 2019 – 34 с.

ОСОБЕННОСТИ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ВО ВЛАГАЛИЩНОМ ЭПИТЕЛИИ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А.С. Домахина, А.В. Корсаков, В.П. Трошин
ФГБОУ ВО Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

На протяжении последних нескольких десятилетий накапливаются все больше данных о ведущей роли генома в развитии и функционировании клеток, тканей, органов, а также в развитии и течении заболеваний, прежде всего, онкологических [1].

Химическое загрязнение окружающей среды приводит к формированию различных цитогенетических нарушений, повышенной пролиферации и деструкции ядра в эксфолиативных клетках [2-3].

По мнению ведущих ученых необходимо внедрение микроядерного теста как метода диагностики и профилактики заболеваний, проводимых в рамках скрининга [2-4].

По официальным оценкам [5] в Брянской области в структуре выбросов химических веществ в атмосферный воздух от стационарных источников прослеживается наибольшее увеличение (на 29%) летучих органических соединений (ЛОС), включая вещества первого и второго класса опасности (бенз(а)пирен, формальдегид, бензол, стирол, фенол и др.). Также зарегистрировано увеличение выбросов диоксида серы – (17%), оксида углерода (14%), взвешенных частиц (8,8%) и оксидов азота (2,7%) по сравнению с 2016 годом [5].

Уровень химического загрязнения атмосферного воздуха в Брянской области по газообразным поллютантам колеблется в

широких пределах. Так, по валовым выбросам в атмосферный воздух на площадь района (г/м^2) уровень загрязнения варьируется от 9 до 28 047, из них: по CO – от 6 до 11 934, NO_x – от 0 до 8 434, SO_2 – от 0 до 1 924 и ЛОС – от 0 до 5 755 [6]. Нами были выделены территории химического загрязнения (г. Брянск) и экологически благополучный район (Клетнянский).

Нами был получен биологический материал (эпителий заднего свода влагалища) группы беременных женщин одного возраста, срока гестации, без сопутствующей соматической патологии (20 чел.). Проведено исследование частоты цитогенетических нарушений (наличие микроядер, клеток с множественными микроядрами) и показателей пролиферации (двуядерных клеток). Проанализировано около 20 тыс. клеток.

Сравнительная оценка частоты цитогенетических нарушений и показателей пролиферации во влагалищном эпителии женщин, проживающих в условиях химического загрязнения атмосферного воздуха, выявляет статистически достоверное (на 43,2%) увеличение числа клеток с микроядрами и двуядерных клеток по сравнению с контрольной группой.

Полученные результаты указывают на возможное негативное влияние газообразных поллютантов на цитогенетический статус женского организма.

Литература

1. Bonassi S., El-Zein R., Bolognesy C., Fenech M. // Mutagenesis. – 2011. – V. 26 (1). – P. 93-100.

2. Сычева Л.П. Цитогенетический мониторинг для оценки безопасности среды обитания человека // Гигиена и санитария. – №6. – 2012. – С. 68-72.

3. Полиорганный микроядерный тест в эколого-гигиенических исследованиях. Под ред. Рахманина Ю.А., Сычевой Л.П. – М., «Гениус», 2007. – 312 с.

4. Fenech M., Holland N., Zeiger E. et al. // Mutagenesis. – 2011. – V. 26 (1). – P. 239-245.

5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. – 888 с.

6. Корсаков А.В., Домахина А.С., Трошин В.П., Гегерь Э.В. Заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области в зависимости от уровней радиационного, химического и сочетанного загрязнения: экологическое исследование // Экология человека, 2020. – № 7. – С. 4–14.

МОРСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ ПО МОНИТОРИНГУ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ В 2020 ГОДУ

М.Н. Каткова[1], А.Д. Уваров[1], Г.Б. Артемьев[1], А.О. Епифанов[1], А.О. Корунов[1], А.И. Прякина[1], М.И. Храмов[1], Д.В. Ромашин[1], А.О. Тарасенко [1], С.А. Калмыков[2], Р.А. Минишев[2], А.О. Никитин[2] В.А. Реклайдис[3], И.В. Смирнов[3], А.А. Тадиашвили[3]
[1] – ФГБУ НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия
[2] – Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт", г. Москва, Россия
[3]– ФГБУ «Северное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», г. Архангельск, Россия

Экспедиционные обследования проводились в целях реализации мероприятия 4.7. подпрограммы 4 «Организация и обеспечение работ и научных исследований в Арктике и Антарктике» государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» [1].

Для выполнения поставленной задачи в 2020 году Росгидрометом была организована морская экспедиция на НИС «Иван Петров» в заливы Степового и Литке на архипелаге Новая Земля, а также в район п.Амдерма (с высадкой и работой в прибрежной зоне), расположенного на побережье Карского моря. В работе представлена общая информация по организации и проведению морской экспедиции в указанные районы.

Морская экспедиция была проведена с 25 сентября по 19 октября 2020 года. Головным институтом, отвечающим за проведение экспедиции, являлся ФГБУ «НПО «Тайфун». В экспедиции также приняли участие специалисты ФГБУ «Северное УГМС» и НИЦ «Курчатовский Институт».

Основными задачами экспедиции в 2020 г. были изучение уровня радиоактивного загрязнения морской среды (воды, донных отложений и биоты) в заливах Степового и Литке и в прибрежных районах п. Амдерма.

В экспедиции проводились следующие виды работ: отбор проб воды с различных горизонтов по глубине и разделение их на растворимые и взвешенные составляющие; отбор проб донных отложений, как поверхностного слоя, так и послойно; отбор проб биоты (водоросли); дозиметрический контроль отобранных образцов; предварительное концентрирование водных проб; предварительные гамма-спектрометрические измерения. В ходе наземных работ в прибрежной зоне п.Амдерма были отобраны пробы водорослей, мидий, донных отложений, почвы, травы

В ходе экспедиции на борту судна с помощью портативного гамма-спектрометра с ОЧГ-детектором серии TransSPEC (ORTEC) был выполнен ряд измерений проб донных отложений и воды для оценки содержания в них техногенных радионуклидов и предварительной оценки активности отобранных проб на содержание Cs-137.

В целом, предварительные результаты содержания Cs-137 в донных отложениях не превышали значений, полученных в предыдущие годы. При этом, можно отметить, что в одной из точек отбора во внутренней части залива Степового (в районе затопленных контейнеров с радиоактивными отходами), удельная активность проб донных отложений, отобранные коробчатым дночерпателем, была примерно на два порядка выше.

Окончательные выводы по экспедиционным обследованиям будут представлены в итоговом отчете после получения результатов радионуклидного анализа в лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун».

Литература

1 Постановление Правительства РФ от 31.03.2020 № 397 «О внесении изменений в Государственную программу РФ «Охрана окружающей среды» (по состоянию на 18 марта 2021 г.) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ КАВКАЗСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Е.С.Есин[1], Е.А.Бураева[2]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Кавказские Минеральные Воды (КМВ) – группа городов-курортов, расположенных в гористой местности на высоте в среднем более 500 метров над уровнем моря. Климат умеренно континентальный, без резких колебаний годовых и суточных температур, отличается мягкой зимой и жарким летом. В городах КМВ не находится большое количество промышленных предприятий, но гамма-дозиметрия территории данных регионов крайне важна в связи с наличием некоторых потенциально радиационно-опасных объектов в зоне влияния, таких как, например, бывшие рудники № 1 и № 2 по добыче урановых руд, а также хвостохранилище после разработок урановой руды бывшего НПО «Алмаз» в г. Лермонтов. Гамма-дозиметрия данных территорий необходима, так как она может своевременно сообщить об опасности для здоровья, как туристов, так и местного населения, а, также, может помочь при разработке плана действий при внештатной ситуации.

Целью работы являлась оценка распределения гамма-фона (мощности эквивалентной дозы гамма-излучения; МЭД, мкЗв/ч) на территориях таких городов-курортов КМВ, как: Пятигорск, Кисловодск, Железноводск и Ессентуки.

Гамма-дозиметрия проводилась в парковых зонах, в зонах городской застройки в городах-курортах, обозначенных выше. МЭД гамма-излучения измеряли методом пешеходной гамма-съемки на высоте 1 метр над землей с использованием дозиметров-радиометров “ДКС-96” и “ДРБП-03”. Всего проведено более чем 1000 измерений гамма-фона в каждом городе.

В целом МЭД гамма-излучения во всех городах в среднем, значения в 0.3 мкЗв/ч, регламентированного Нормами радиационной безопасности Российской Федерации (НРБ 99/2009), не превышает, что согласуется с результатами более ранних работ [1]. Гамма-фон туристических зон не отличается от гамма-фона зон городской застройки во всех исследуемых городах (разница около 0,1 мкЗв/ч). Некоторые превышения НРБ-99/2009 в отдельных измерениях можно объяснить либо повышенным содержанием естественных дозообразующих радионуклидов в строительных материалах и дорожных покрытиях, либо загруженностью улиц автомобильным транспортом. Также, средние МЭД в городах КМВ примерно до двух раз выше, чем на равнинных территориях Ставропольского края обусловленного влиянием космического излучения и солнечной радиации с увеличением высоты над уровнем моря.

В городах КМВ достаточно благоприятная радиоэкологическая обстановка в данный момент времени как в туристических, так и в городских зонах. При этом необходимы дальнейшие радиационные исследования в районе размещения рудников и хвостохранилищ для оценки вреда для природы и населения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 Khorzova L.I., Sidyakin P.A., Yanukyan E.G. Radiation Situation at Construction Sector Objects in Caucasus Mineral Waters Region and Prospects of its Decrease // Procedia Engineering. – 2016. – 150. – P. 2031-2035.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ГАЗООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ (В ЧАСТНОСТИ КИСЛОРОДА) В ПРОБАХ МАГАТЭ С ПОМОЩЬЮ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ

И.П. Зорин[1], О.Н. Колесников[2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – НП «Лаборатория анализа микрочастиц», г. Москва, Россия

Масс-спектрометрия вторичных ионов является крайне востребованным методом анализа веществ в разнообразных отраслях, начиная от геологии и космологии, и заканчивая радиационной безопасностью и ядерной криминалистикой. Изотопное отношение кислорода в веществе несколько отличается в различных породах, а также изменяется в зависимости от географического места образования исследуемого объекта. Поэтому при контроле за ядерной деятельностью МАГАТЭ, когда неизвестно происхождение материала, контролирует изотопное отношение кислорода в микрочастицах в пробах, отобранных инспекторами для определения возможного местонахождения предприятия ядерного топливного цикла, на котором был наработан исследуемый материал.

Для анализа разных элементов может требоваться использование разных источников первичных ионов. К примеру, для анализа изотопов урана используют кислородный источник. Но для анализа газообразующих элементов требуется использовать альтернативные источники, например цезиевый. В лаборатории ядерной криминалистики была получена проба МАГАТЭ, требующая анализа на наличие изотопов кислорода. По техническим причинам (были неисправны цезиевые источники ионов как на масс-спектрометре вторичных ионов CAMECA 1280, так и на масс-спектрометре вторичных ионов CAMECA ims 4f) провести данный анализ не предоставлялось возможным.

Целью данной работы стало сравнение изотопного отношения кислорода в микрочастицах в пробе МАГАТЭ с отношением фонового кислорода и определение возможностей метода масс-спектрометрии вторичных ионов для решения этой задачи.

Для достижения этой цели требуется решить несколько задач: провести технические работы для восстановления цезиевого источника первичных ионов, провести измерения изотопного отношения фонового кислорода, измерение отношения в пробе МАГАТЭ.

На данный момент проведены технические работы для восстановления цезиевых источников первичных ионов на масс-спектрометрах вторичных ионов. Проведено пробное измерение изотопного отношения фонового кислорода на масс-спектрометре вторичных ионов CAMECA ims 4f с использованием в качестве первичного пучка положительных ионов цезия. Точность измерения изотопных отношений кислорода (сигма) составили: для ^{16}O – 0.1%, для ^{17}O – 10%, для ^{18}O – 5%.

Поэтому на данный момент для измерения изотопного отношения кислорода в микрочастицах пробы МАГАТЭ необходимо провести мероприятия по улучшению точности измерения, а также соответственно измерить саму пробу.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ 30-КМ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

Д.В. Иванков[1], Е.А.Бураева[2], С.С. Карташев[1]
[1] – Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Научно-исследовательский институт физики ЮФУ г. Ростов-на-Дону, Россия

Изучение закономерностей распределения радионуклидов на территории радиационно-опасных объектов является одним из

актуальных вопросов научно-технологического развития Российской Федерации.

В Ростовской области к радиационно-опасным объектам относится Ростовская атомная электростанция. В работе представлены данные многолетних исследований.

Гамма-фон измеряли дозиметрами-радиометрами СРП-88н, ДРБП-03 и ДКС-96 на высоте 1 м от поверхности почвы. Удельную активность радионуклидов в почвенных образцах определяли гамма-спектрометрическим методом.

На рис.1 представлено распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) на территории 30-км зоны наблюдения Ростовской АЭС (РоАЭС).

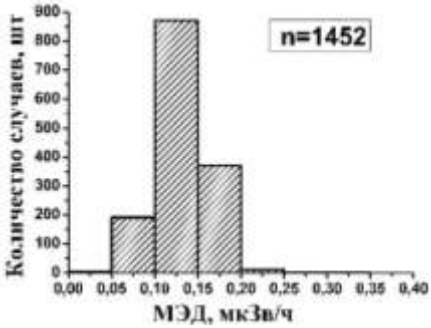
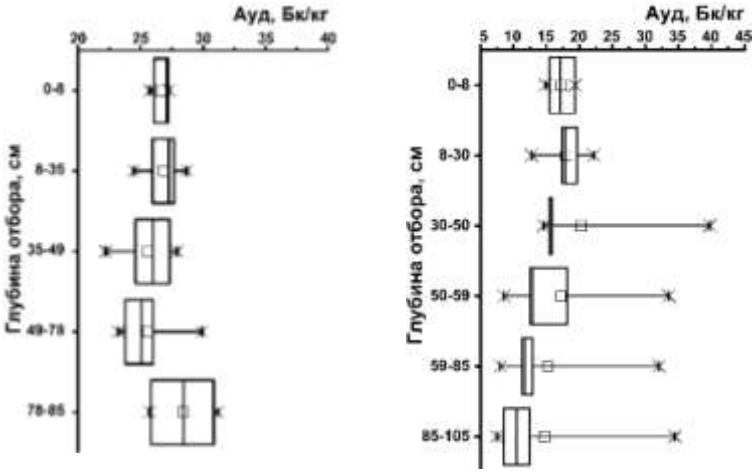


Рис. 1. Диаграмма распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на высоте 100 см в 30-ти км зоне наблюдения РоАЭС.

В целом МЭД 30-ти км зоны наблюдения РоАЭС варьирует в пределах от 0,02 мкЗв/ч до 0,32 мкЗв/ч, при среднем значении мощности эквивалентной дозы 0,13 мкЗв/ч.

К наиболее общему показателю, влияющему на содержание радионуклидов в почве, можно отнести такой показатель как тип почв. На рис. 2 представлено распределение 226Ra в темно-каштановой (а) и аллювиально-луговой (б) почвах зоны наблюдения РоАЭС.



а) б)

Рис. 2. Распределение удельной активности (Ауд) ^{226}Ra по глубине почвенного профиля: а) темно-каштановой и б) аллювиально-луговой почвы зоны наблюдения РоАЭС.

Как видно из рисунка 2, ^{226}Ra вниз по почвенному профилю темно-каштановой почвы распределен равномерно. Предел его изменений лежит в пределах ошибки метода (15%). Наше внимание затрагивают поведение ^{226}Ra по почвенному профилю аллювиально-луговой почвы. В верхних горизонтах распределение ^{226}Ra равномерно и связано с наличием гумуса (до 2%). А начиная с глубины 30 см вариации данного радионуклида достигает 4 раз. Это объясняется тем, что данная почва сформировалась в пойме р. Дон и отличается слоистым строением профиля, характерным для аллювиальных почв – слои с разным содержанием песчаных и глинистых фракций.

Проведенное комплексное исследование зоны наблюдения РоАЭС не выявило повышенного содержания радионуклидов в исследуемых почвах по сравнению с фоновыми территориями.

ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ^{144}CE,^{106}RU,^{137}CS В ДЕРНОВОЙ ПОЧВЕ КАРАЧАЕВСКОГО СЛЕДА

Н.Н. Казаченок
Белорусско-Российский университет,
г. Могилев, Республика Беларусь

Известно, что наибольшей проблемой радиационной безопасности населения, проживающего на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению является внутреннее облучения от молока из личных хозяйств [2]. Риск получения молока, не соответствующего радиационно-гигиеническим нормативам особенно велик в начале пастбищного периода, когда надземная часть травы ещё недостаточно отросла и животные при пастьбе могут захватывать дернину и почву. Многочисленные исследования показывают, что через десятилетия послеаварийной ситуации на объектах ядерного цикла наибольшая активность техногенных радионуклидов может наблюдаться в верхнем слое почвы и дернине (лесной подстилке, степном войлоке) [1].

Территория Карачаевского радиоактивного следа, отличается от других тем, что атмосферные выпадения на неё представляли собой пересохшие донные отложения технологического водоема [1]. Представляется интересным сравнить динамику активности техногенных радионуклидов в дернине и верхнем слое почвы в начальный период после ветрового разноса илов.

Сотрудники Уральского научно-практического центра радиационной медицины отбирали пробы и проводили анализ содержания ^{144}Ce,^{106}Ru,^{137}Cs в начальный период после формирования Карачаевского следа. В таблице 1 представлены обработанные данные из архива отдела внешней среды УНПЦ РМ. Неоднородность осаждения приводит к большой вариабельности значений удельной активности, однако можно сделать вывод, что и через год после выпадений, активность ^{144}Ce,^{106}Ru,^{137}Cs в дернине была в несколько раз выше, чем в почве.

При этом активность всех радионуклидов в дернине в первые недели после загрязнения выросла, а в почве резко упала. Это не соответствует скорости радиоактивного распада и современным представлениям о скорости миграции наиболее изученного ^{137}Cs. «Изчезновение» более 90% радионуклидов из верхнего слоя почвы за летний период вызывает большой интерес и требует более глубокого изучения.

Таблица 1

Удельная активность радионуклидов, Бк/кг

Дата отбора	Дернина			Почва		
	^{144}Ce	^{106}Ru	^{137}Cs	^{144}Ce	^{106}Ru	^{137}Cs
10.05.1967	3916± 1446	2346± 903	4197± 1172	5482± 3838	3743± 2759	6222± 5722
27.05.1967	6273± 1073	5367± 1059	10092± 1737	не опр.	не опр.	не опр.
19.06.1967	5298± 678	3166± 561	11499± 2169	455± 161	543± 285	870± 694
20.07.1967	3832± 396	1915± 286	8325± 1189	344± 93	168± 62	373± 202
15.08.1967	4564± 486	2813± 392	10570± 1565	328± 57	141± 27	262± 149
20.09.1967	1422± 423	2044± 508	13690± 2236	215± 36	173± 61	276± 226
1.06.1968	2640± 825	1552± 231	6892± 1230	133± 17	74± 8,7	173± 238

Литература

1 Казачёнок, Н. Н. Геоэкология техногенных радиоактивных изотопов. Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 283 с.

2 Казачёнок Н.Н., Агеева Т.Н. Радиоэкологические проблемы в зоне радиоактивного загрязнения. Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – 309 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ НЕ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ ПО СОДЕРЖАНИЮ ^{137}CS И ^{90}SR

Е.В. Копыльцова
Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси», г.Гомель, Республика Беларусь

Одной из важнейших задач сельского хозяйства является производство безопасных и высококачественных продуктов питания для внутреннего и внешнего рынков. Актуальность решения этой задачи значительно возрастает для регионов, на сельскохозяйственных землях которых существуют риски производства продукции, не соответствующей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов.

В данном контексте, риск представляет собой характеристику ситуации, когда возможно производство продукции с различными уровнями содержания радионуклидов, и существует неопределенность в отношении получения «нормативно-чистого» продукта. Процедура оценки рисков заключается в расчете вероятности превышения соответствующего норматива и тяжести последствий такого события для производителя. Для надежного производства продуктов и продовольственного сырья на пищевые цели без превышения установленных допустимых уровней по содержанию радионуклидов важно оценить риск производства продукции не только по ^{137}Cs или ^{90}Sr, а одновременно для обоих радионуклидов. Одним из методов оценивания является метод индексации (англ. *Risk Indices*), употребляемый для ранжирования приоритетов численных значений рисков. В этом случае по каждому виду продукции проводится анализ значимости содержания радионуклида и присваивается индекс (0, 1 или 2). Например, поскольку до настоящего времени регистрируются пробы зерна с содержанием ^{90}Sr выше допустимого уровня, при оценивании рисков выращивания зерна на пищевые цели приоритетной будет оценка

риска по ^{90}Sr, а не по ^{137}Cs. На основании анализа значимости содержания радионуклида и присвоения индекса в различных видах продукции можно также оценивать риск только по одному из радионуклидов, отдавая ему приоритет. Так, анализируя риск при производстве мяса и учитывая, что ^{90}Sr, главным образом, депонируется в костной ткани, а ^{137}Cs больше аккумулируется в мышечной, то рассчитывать риск по ^{90}Sr не имеет смысла, и ему присваивается индекс 0 и расчет проводится только по содержанию ^{137}Cs.

Кроме того, для оценки рисков по двум радионуклидам одновременно разработана «матрица последствий» (рис. 1, табл. 1), позволяющая расположить риски по степени их приоритета для дальнейшего анализа. Использование матрицы значительно облегчает оценку риска и обеспечивает детальную классификацию по степени его допустимости.

^{90}Sr	Классификация риска				
4	A	A	A	A	
3	B	B	AB	A	
2	C	C	B	A	
1	D	C	B	A	
ранг	1	2	3	4	^{137}Cs

Рис. 1 Матрица оценки рисков по двум радионуклидам.

Таблица 1

Классификация риска с использованием матрицы последствий/вероятности

Классификация риска	Степень значимости риска	
D	допустимый	Незначительный риск
C		Низкий риск
B	недопустимый	Значительный риск
AB		Высокий риск
A		Критический риск

Приведенные методы на основе оценки рисков могут быть использованы для принятия решений о производстве того или иного вида сельскохозяйственной продукции на загрязненных

радионуклидами землях и/или для выделения земель, на которых возможно ведение сельскохозяйственной деятельности без ограничений по радиологическому фактору.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СМЕРТНОСТИ ОТ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ СРЕДИ ПАЦИЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ФМБА РОССИИ ЗА 2012-2018 ГГ.

Э.П. Коровкина, А.П. Бирюков, Ю.В. Орлов, Е.В. Васильев
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,
г.Москва, Россия

В наших исследованиях был проведен сравнительный анализ показателей смертности от злокачественных новообразований (ЗНО среди жителей закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО), пациентов учреждений здравоохранения ФМБА России, всего контингента ЛПУ ФМБА России и РФ (в целом) [1].

Как видно из табл.1 в учреждениях здравоохранения ФМБА России смертность от ЗНО (на 100 000 нас.) в данном интервале времени составила:149,1–167,9, что значительно меньше российских показателей: 201,0 – 200,0, что можно объяснить более ранним выявлением заболеваний и качеством медицинского обслуживания. Смертность от ЗНО жителей ЗАТО составила: 220,1–257,3, что превышает показатели по ЛПУ ФМБА России и РФ (в целом).

Таблица 1

Смертность от ЗНО (на 100 000 нас.) пациентов ЛПУ ФМБА и РФ

Контингент	Годы							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	темп роста,%
ЗАТО	220,1	219,1	232,8	226,1	245,6	241,9	257,3	2,6
ФМБА	149,1	143,0	154,5	154,0	168,3	172,6	167,9	2,0
РФ	201,0	201,1	199,5	202,5	201,6	197,9	200,0	0,1

В структуре смертности от ЗНО (МКБ-10) в ЛПУ ФМБА России в 2018 году наибольший удельный вес составляли опухоли трахеи, бронхов, легкого (13,7%), желудка (10,3%), ободочной кишки (9,1%), молочной железы (8,7%), прямой кишки, ректосигмоидного соединения, ануса (6,3%), предстательной железы (5,4%), лимфоидной и кроветворной ткани (5,3%). В РФ в 2018 году структура смертности от ЗНО была аналогичной.

Следует сказать, что на рост злокачественных заболеваний и смертности от них как пациентов ЛПУ ФМБА России, так и населения России в целом, оказывают влияние факторы образа жизни (курение, алкоголь), социально-экономические факторы, наследственность, окружающая среда [2,3].

Литература

1 Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой – М: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ России, 2018.– 250 с.

2 Мерабишвили В.М. Методологические аспекты анализа деятельности онкологической службы на основе новых

разработок информационных технологий. // Вопросы онкологии. – 2012. – №2. – С. 171-178.

3 Beelen R., Hoek G., van den Brandt P.A., Goldbohm R.Al., Fischer P., Schouten L.J., Jerrett M., Hughes Edw.,Armstrong B., Brunekreef B. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR Study) // Environ. Health Perspect. –2008. – V.116. – № 2. – P. 196-202.

ОЦЕНКА РАДОНОВОЙ ОПАСНОСТИ В МИКРОРАЙОНАХ ГОРОДА КАЛУГИ

Е.И. Кострюков, Б.И. Сынзыныс
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Радон является доминирующим источником облучения населения, его вклад в суммарную дозу составляет более 60%. Тот факт, что радон является вторым по значимости после курения фактором риска рака легкого, определяет высокую значимость проблемы обеспечения радонобезопасности населения. Существуют проблемы определения радиационной опасности радонового облучения на территории населенных пунктов, регионов, связанные: с оценками пространственно-временных закономерностей распределения радона на территории города, так как геолого-геофизические характеристики территорий большинства городов изучены недостаточно.

Целью данной работы является представление данных о радоновой опасности в разных районах г. Калуги и выявление наиболее и наименее неблагоприятных районов с точки зрения радоновой опасности.

Все данные получены при помощи детектора - индикатора радона Radex MR107, который предназначен для измерения уровня содержания радиоактивного газа радона в жилых и общественных зданиях. Данные были получены из нескольких районов города Калуги: юго-восточном,

центральном, северо-западном, юго-западном. Измерения проводились как в подвальных помещениях, так и на открытой местности.

Полученные значения варьируют от 30 Бк/м^3 в подвальных помещениях, до 312 Бк/м^3 в местах сброса сточных вод. На основании полученных данных возможно определение доз облучения и радиологического риска от радона для жителей г. Калуги, которое будет проводиться по принципу оценки риска, на примере [1] и с использованием методики [2].

Литература

1. Семченко М.И. Оценка радиационной опасности среды помещений от радонового облучения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Семченко М.И. – Владимир, 2018.

2. МУ 2.6.1.2397-08. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Оценка доз облучения групп населения, подвергающихся повышенному облучению за счет природных источников ионизирующего излучения.

КОРРЕЛЯЦИЯ НАРАБОТАННОЙ АКТИВНОСТИ ^{99}МО И ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА ПЕРСОНАЛ ПРИ ДАННЫХ НАРАБОТКАХ

О.Ю. Кочнов, Н.В. Кузнецов, Д.А. Пахолик, В.В. Фомичев
АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», г. Обнинск, Россия

АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» является одним из передовых предприятий Российской Федерации, обладающее уникальными технологиями в производстве РФП и осуществляющее промышленные поставки отечественным и зарубежным потребителям радионуклидов медицинского назначения, радиофармпрепаратов. Наработка изотопной продукции в АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» осуществляется с помощью ядерного реактора ВВР-ц.

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей природной среды считается обеспеченной, если

соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Федеральными законами РФ, действующими нормами радиационной безопасности и санитарными правилами [1].

Неотъемлемой частью производства радиофармпрепаратов является радиационный контроль персонала, участвующего в наработке изотопной продукции с целью предотвращения облучения персонала. Такие работы возможны при условии не превышения годовых контрольных уровней индивидуальной эффективной дозы персонала и проводятся только по дозиметрическому допуску с осуществлением компенсирующих мероприятий [2-3].

Цель работы: оценка набранных эффективных доз облучения персонала участка производства молибдена АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в период с 01.01.2020 по 31.03.2020 при наработке изотопной продукции на основе ^{99}Mo, а также корреляция наработанной активности и дозовых нагрузок на персонал при данной наработки, что является особенно актуально при приближении индивидуальной эффективной дозы облучения персонала к КУ.

Дозиметрический контроль персонала при наработке ^{99}Mo в АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» осуществляется с помощью дозиметра гамма-излучения индивидуального ДКГ-05Д. Значения набранных доз персонала при наработке ^{99}Mo указаны в таблице 1.

Таблица 1

Наработанная активность и дозовые нагрузки на персонал

№	Произведено ^{99}Mo,Ku	Набранные дозы персонала, мкЗв					
		Чел .1	Чел .2	Чел .3	Чел .4	Чел .5	Средняя доза
1	до 725	21,0	31,1	25,3	43,1	34,6	31,0
2	до 911	18,0	25,0	35,0	109,0	37,0	44,8
3	до 1870	55,0	63,0	49,0	100,0	54,4	64,3
4	до 941	24,0	23,5	22,0	72,0	39,0	36,1
5	до 1680	48,0	73,0	45,0	110,0	51,3	65,5
6	до 400	12,0	23,0	19,0	80,0	26,6	32,1

Литература

1 СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.

2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. 2007. – V.37. – № 2–4. – P. 332.

3 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) СП 2.6.1.2612-10) зарегистрирован 11 августа 2010 г. Регистрационный № 18115. – М.: Минюст России. 2010.

СОЗДАНИЕ ГИС ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ^{137}CS СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Кречетников, И.Е. Титов, А.В. Панов., Е.О. Кречетникова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

На основе ГИС-технологий разработана система поддержки принятия решений (ГИСППР) по реабилитации сельскохозяйственных угодий Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС. ГИСППР является многоуровневой системой, состоящей из базовых, информационных и расчётных слоёв. Для создания ГИСППР оцифрованы карты современного внутрихозяйственного устройства 89 агропредприятий 5 юго-западных районов Брянской области, включающие более 24 тыс. полигонов. На основе результатов последних туров радиологического и агрохимического обследований районов Брянской области (2015-2018 гг.) по каждому элементарному участку пашни и лугопастбищных угодий (всего более 11 тыс.) в ГИСППР внесена информация о плотности загрязнения ^{137}Cs почв, типе землепользования, структуре севооборотов, механическом составе и агрохимических показателях почв. Используя интегрированный в ГИСППР банк данных по параметрам миграции радионуклидов из четырех типов почв в сельскохозяйственные растения, система поддержки принятия решений даёт прогноз потенциального содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства (6 культур) и кормопроизводства (15 видов кормов) для каждого участка хозяйств и оценивает риски превышения в ней радиологических нормативов. На основе анализа уровней загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий и продукции, с учётом агрохимических показателей почв участков и уровня их плодородия, а также характеристик комплекса из 38 агротехнических и 25 агрохимических технологий, ГИСППР позволяет обосновать адресную систему

реабилитации сельскохозяйственных земель агропредприятий для производства продукции, отвечающей установленным радиологическим требованиям по содержанию радионуклидов. Оценка эффективности альтернативных реабилитационных технологий и выбор оптимальных мероприятий проводится на уровне элементарных участков с использованием радиологических критериев.

Внедрение ГИСППР даст возможность сельхозпроизводителям юго-западных районов Брянской области вести радиационно-безопасное и рентабельное агропромышленное производство на радиоактивно загрязнённых территориях, что будет способствовать улучшению социально-экономического положения региона и возврата его к условиям нормальной жизнедеятельности.

ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРТЫ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ООО «УДАРНИК» ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Е.О. Кречетникова, В.В. Кречетников, И.Е. Титов, В.К. Кузнецов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимо создание агрономической ГИС, включающей в себя пакет электронных карт и атрибутивную базу данных истории полей с учетом всех выполненных агротехнических мероприятий. Количество и информационное наполнение электронных карт зависит от сложности ландшафтно-экологических условий и уровня интенсификации агротехнологий.

На первом этапе проектирования агрономической геоинформационной системы сельскохозяйственных территорий ООО «Ударник» созданы электронные карты:

- размещения сельскохозяйственных участков
- структуры севооборотов
- мезорельефа (с показом мезоформ рельефа, форм склонов)
- крутизны склонов
- экспозиции склонов
- микроструктур почвенного покрова (почвенная карта)
- плотности загрязнения ^{137}Cs

При создании ГИС проекта была проведена векторизация карт ООО «Ударник» с бумажных носителей и внесена соответствующая пространственно-ориентированная атрибутивная информация. Информация о структуре севооборотов и расположении элементарных участков взята с картосхемы расположения сельскохозяйственных угодий.

Информация об административно-хозяйственной характеристике и рельефе взята с топографической карты масштаба 1:500000.

Агрономическая ГИС ООО «Ударник» создана в среде ArcMap 10.5, входящей в состав пакета ArcGis. Объектами проекта являются атрибутивные таблицы для хранения информации и электронные карты для визуализации данных. ArcMap обеспечивает все возможности обработки и управления данными при работе с большими объемами информации. Все географические данные приведены к единой системе координат - WGS84.

Атрибутивные таблицы данных проекта содержат информацию о характеристиках элементарных участков (площадь, севооборот, номер поля, номер участка в поле), типах землепользования, типах почвы, содержании ^{137}Cs в почвах сельскохозяйственных территорий, высоте над уровнем моря.

Разработанный ГИС проект наглядно отражает современное состояние почвенного покрова, системы землепользования и радиоэкологическую обстановку и может быть использован для сбора, хранения и анализа результатов обследования с целью проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Проект открыт для внесения новых и редактирования существующих данных в случае необходимости.

ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ТРИТИЯ В Р. ПРОТВА

Д.Н. Курбаков, С.Н. Лукашенко, А.В. Томсон, М.А. Эдомская
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

В гидросфере, атмосфере и биосфере Земли присутствует тритий как естественного, так и техногенного происхождения. Поступление техногенного трития началось с лета 1945 г. после взрыва первых атомных бомб. Источником техногенного трития в настоящее время являются предприятия ядерно топливного цикла [1]. Следует так же учитывать и другие источники поступления трития, которые более рассеяны и, соответственно, менее известны и имеют локальное или региональное влияние. К таким источникам следует отнести хранилища радиоактивных отходов (РАО), изделия с люминесцентными красками на основе трития и т.д.

Обнинск является первым наукоградом России работающим по большей части по ядерной тематике. Здесь располагаются около 20 научно исследовательских институтов. Из них потенциальными источниками трития могут быть ГНЦ РФ ФЭИ им. А.И. Лейпунского, НИФХИ им. Л.Я. Карпова, МРНЦ им. А.Ф. Цыба, ФГБНУ ВНИИРАЭ и т.д.

Цель исследования – выявление и исследование основных путей поступления трития в р. Протва.

Объектами исследования была поверхностная вода и береговая растительности (деревья семейства Ивовые). Исследуемый участок находится в юго-западной части города Обнинска в надпойменной террасе р. Протвы между Первой АЭС и д. Потресово, на западе располагается СНТ «Орбита 1». На исследуемом участке протекает р. Протва, обнаружен ручей и небольшое болото.

Отбор проб поверхностной воды осуществлялся с лодки и вдоль береговой линии р. Протва на протяжении 10 и 2 км. Отобрано 52 пробы поверхностной воды. Параллельно с отбором проб воды проводился отбор проб береговой растительности.

Определение трития проводилось на «Tri-Carb 4810 TR».

По результатам исследований установлено повышенное содержание трития в пробах воды из р. Протва (НТО) (до 15 Бк/л при значениях регионального фона 3,3 Бк/л) [2] выше по течению на расстоянии до 1 км от точки сброса воды с ГНЦ РФ ФЭИ. Ниже сброса обнаружены значения до 250 Бк/л, что говорит о сбросе незначительного количества трития с территории физико-энергетического института.

Определено, что концентрация трития в воде ручья расположенного на исследуемом участке постоянна и составляет 3400±340 Бк/л. В воде болота 109±11 Бк/л.

Содержание органически связанного трития (ОСТ) в прибрежной растительности колеблется от 3 Бк/кг на удалении 3 км от сбросного коллектора ГНЦ РФ ФЭ выше по течению и до 148 Бк/кг на расстоянии 1 км выше по течению от коллектора. Ниже сбросного коллектора (до 1 км по течению) опять наблюдаются фоновые значения содержания ОСТ в растительности.

Данный факт демонстрирует наличие подтока грунтовых вод загрязненных тритием и дополнительное внесение незначительного количества трития со сточными водами от научно исследовательских предприятий г. Обнинска.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00146

Литература

1 Сойфер В.Н., Горячев В.А., Вакуловский С.М., Катрич И.Ю. Тритиевые исследования природных вод в России.-М.: ГЕОС, 2008. 286 с. ISBN 978-5-89118-419-0.

2 Старков О.В., Моисеева О.В. Пространственно-временная миграция трития на территории промплощадки ГНЦ РФ- ФЭИ и ее окрестностях. //Информационный бюллетень. Ядерная и радиационная безопасность России. – М.: ЦНИИ атоминформ, 2002. – Вып 2(5). – С. 64-75.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУРАХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Д.Н. Курбаков, В.К. Кузнецов, Н.В. Андреева, Е.В. Сидорова, Е.О. Кречетникова, А.В. Саруханов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Получение высоких урожаев качественной продукции растениеводства является неотъемлемой частью безопасности страны и стабильности экономики. В настоящее время без применения удобрений получение высоких урожаев растительной продукции практически невозможно [1]. В состав минеральных удобрений могут входить соединения тяжелых металлов (ТМ), которые проявляют себя двояко по отношению к живым существам. С одной стороны, они являются микроэлементами необходимыми для нормального функционирования растений, а с другой, накапливаясь в больших количествах, могут вызывать токсические эффекты.

Содержание ТМ в минеральных удобрениях определяется технологией производства и их концентрацией в исходном сырье. В зависимости от качества минерального сырья содержание ТМ в минеральных удобрениях может различаться в 10–1000 раз [2].

Целью исследования являлось изучение особенностей накопления ТМ в почве и растениях при многолетнем внесении минеральных удобрений под зерновые культуры.

Опыт заложен на выщелоченном среднеокультуренном среднесуглинистом черноземе Тульской области. Длительность опыта 20 лет. Общее количество вариантов 17, повторность опыта 4-х кратная.

Удобрения вносились по схеме: 1) контроль (без удобрений); 2) варианты доз азотных удобрений (от 0 до 150 кг/га + фон $P_{60}K_{60}$) ; 3) дозы фосфорных удобрений (от 0 до 120 кг/га + фон $N_{90}K_{60}$); 4) дозы калийных удобрений (от 0 до 150 кг/га + фон $N_{90}P_{60}$); 5) комплексное применение минеральных удобрений и извести ($N_{90}P_{60}K_{60}$ + $CaCO_3$).

Количественный анализ содержания ТМ в почвенных и растительных образцах проводили на двухканальном атомно-абсорбционном спектрометре “Hitachi-308” в пламенном варианте.

Установлено, что многолетнее внесение различных доз минеральных удобрений способствует дополнительному возрастанию концентраций в почве Pb в диапазоне от 0,008 до 0,070, Cd на 0,002-0,008 и Cu на 0,035-0,152 мг/кг почвы. При принятой системе удобрений для увеличения содержания Cd в почве на 0,1 мг/кг необходимо 250 лет, а на 1 мг/кг Pb и Cu, соответственно 285 и 132 года.

Несбалансированное применение повышенных доз азотных и калийных удобрений способствует увеличению подвижности ТМ в системе почва-растение. При этом, несмотря на относительно невысокие концентрации Cd в почве, накопление его в зерне яровой пшеницы в этих вариантах превышало нормы СанПиН 2.3.2.1078-01 в 1,1-1,8 раза, а содержание Pb достигало предельно допустимых значений. В тоже время фосфорные удобрения в возрастающих дозах и известкование снижали содержание Cu в растениях в 1,2-1,7 раза. Максимальным накоплением в урожае зерновых культур характеризуется кадмий, наименьшим свинец.

Так же стоит отметить, что отсутствие агромелиорантов и их несбалансированное применение оказывают существенное влияние на баланс элементов питания в почве и агрохимические показатели выщелоченного чернозема. Наблюдается снижение урожайности зерновых культур в 1,3 и 1,7 раза.

Литература

1 Лебедовский И.А., Яковлева Е.А. Минеральные удобрения как фактор трансформации тяжелых металлов в системе почва-растения на примере чернозема выщелоченного кубани // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77(03).

2 Басманов А.Е., Кузнецов А.В. Экологическое нормирование применения удобрений в современном земледелии // Вестник сельскохозяйственных науки. – 1990. – №8. – С. 88-95.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МОНИТОРИНГА ОБЪЁМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДОНА В УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А.П. Левченко, П.А. Белоусов, Г.К. Игнатенко, А.Б. Комиссаров
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В настоящее время, радиоактивный газ радон является недооцениваемой, но широко распространенной опасностью для здоровья человека. Ежедневно многие люди неосознанно подвергаются воздействию радона в зданиях, где они живут и работают. Согласно текущей оценке Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР), радиоактивный газ радон из природных источников вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за 3/4 годовой индивидуальной эффективной дозы облучения, получаемой населением от земных источников радиации, и примерно за половину этой дозы от всех естественных источников радиации.

По материалам ООН, в ежегодном облучении населения земного шара доля воздействия радиоактивных продуктов различных испытаний составляет 0,7%, от работы атомных электростанций (АЭС) – 0,3%, при медицинских обследованиях – 34%, от естественных природных факторов – 22%, а от распада радонаи его дочерних продуктов – 43%

По нормативным показаниям СаНПин, НРБ-99/2009 допустимая концентрация радона в воздух не должна превышать 100 Бк/м 3 (для новых зданий) и 200 Бк/м 3 (для зданий построенных ранее 1999г)[1] .

Цель исследования: Разработать автоматизированную систему мониторинга объемной концентрации радона в учебных помещениях.

Измерения концентрации радона в помещениях ИАТЭ НИЯУ МИФИ показали, что в первом корпусе на 6 этаже - 60Бк/м3, 1 этаж - 80 Бк/м3; второй корпус на цокольном этаже - 380Бк/м3;

третий корпус, цокольный этаж - 350Бк/м3, 6 этаж (Точка кипения) - 95 Бк/м3.

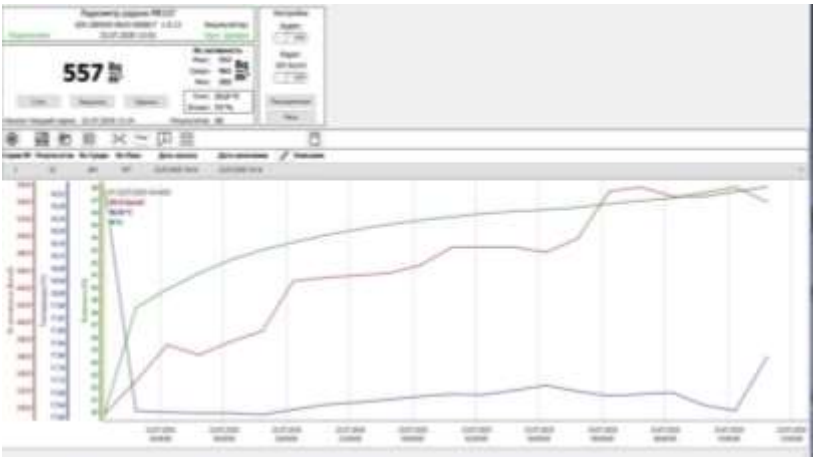


Рис. Изменение концентрации радона в течение времени (второй корпус, цокольный этаж).

Основным источником радона и его изотопов в воздухе помещений является их выделение из земной коры и из строительных материалов. Следовательно, особое внимание нужно уделить организации мониторинга и создания базы данных.

Литература

1 Нормы радиационной безопасности (НРБ - 99/2009): Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.6.1.2523-09): утв. и введ. в действие от 01 сентября 2009г. -М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.

2 Проведение обследований в населенных пунктах с высокими уровнями радона в помещениях и разработка перспективного плана совершенствования системы ограничения облучения населения от природных источников: отчет ФГУН НИИРГ. - СПб., 2008. – 60 с.

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АО «НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА»

О.И. Лешуков, А.Х. Чан, Д.Х. Симвинга, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

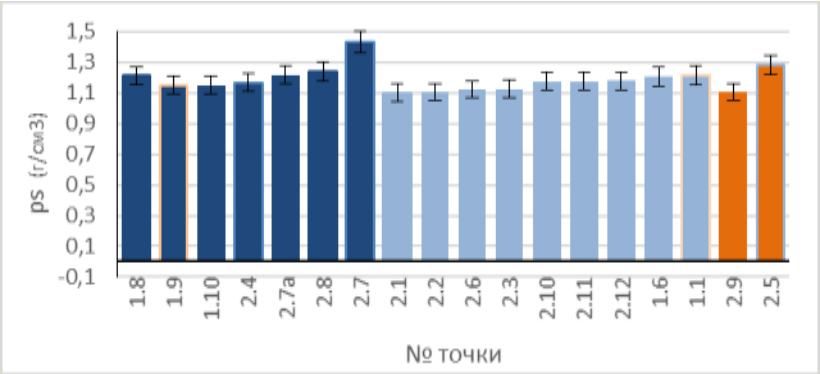
Интенсивное развитие атомной промышленности в Российской Федерации актуализирует проблему возможного загрязнения окружающей среды. Основными потенциальными источниками загрязнения почвы техногенными радионуклидами на территории Калужской области являются: ГНЦ РФ –ФЭИ и филиал НИФХИ им. Л.Я.Карпова [1]. Среди техногенных радионуклидов в зоне наблюдения промышленного производства важнейшее место занимают ^{137}Cs и ^{90}Sr, так как они имеют длительный период полураспада, высокую энергию излучения, а также способны легко включаться в биологический круговорот через трофические цепи.

Целью исследований является изучение физических свойств почвы из зоны влияния НИФХИ им Л.Я. Карпова для определения их возможного влияния на миграционную способность радионуклидов.

Для выполнения данной работы в 2019 г. и 2020 г. был проведен отбор проб почвы в 19 точках в зоне наблюдения предприятия. В отобранных образцах проведено определение гранулометрического состава, плотности твердой фазы почв пикнометрическим методом [2].

Результаты измерения плотности твердой фазы в образцах 2019 г. представлены на рис. 1.

Отобранные образцы почвы, наиболее часто показывают значения, соответствующие плотности твердой фазы лесной подстилки и торфяной почвы (около 0,8 – 1,4 г/см^3) [3].



Тип почвы на диаграмме: синяя шкала показывает образцы песка, голубая –супесей, оранжевая – легких суглинков.

Рис. 1 Плотность твердой фазы почвы (отбор 2019 г.).

Исходя из полученных данных, почвы в зоне влияния НИФХИ по гранулометрическому составу преимущественно относятся к песчаным и легкосуглинистым типам, с низкими или средними значениями плотности твердой фазы. Известно, что такого типа почвы имеют относительно невысокую сорбционную способность по отношению к радионуклидам.

Литература

1 Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2019 г. – Калуга, 2020. – 115 с.

2 ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».

3 Роуэлл, Д.Л. Почвоведение: методы и использование / Д.Л. Роуэлл. -М.: Колос, 1998. – 486 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ УГЛЕРОДА-14 В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ЖИДКОСТНЫМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Е.А. Лунин[1], А.А. Зубачёва[2], М.Н. Каткова[2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

Радиоуглерод (^{14}C) – космогенный радионуклид, содержание которого в окружающей среде значительно увеличилось за последние 70 лет в результате ядерных испытаний и появления других техногенных источников. Данный факт поставил перед исследователями вопрос о возможных опасных последствиях дополнительного долговременного облучения человека и других живых организмов [1, 2]. Для обоснованной оценки риска негативных эффектов необходимо получить данные об уровнях ^{14}C в атмосферном воздухе как в фоновых, так и в импактных регионах. Целью настоящей работы является определение удельной активности (концентрации) радиоуглерода в воздухе в районе, не испытывающем дополнительное загрязнение от объектов ЯТЦ.

Для измерения радиоуглерода в атмосфере в основном используются косвенные методы измерения активности в биомассе с помощью сжигания образцов с последующим измерением в низкофоновых жидкостных сцинтилляционных спектрометрах [3].

В нашей работе сбор образцов происходит с помощью газового пробоотборника HAGUE 7000, с последующим измерением их в жидкостном сцинтилляционном спектрометре-радиометре Quantulus 1220. Газ проходит через виалы с гидроксидом натрия (NaOH). В свою очередь органические формы и монооксид углерода (CO) проходят дополнительно через печь с катализатором, в которой окисляются до углекислого газа (CO_2) и затем пропускаются через раствор щёлочи. Далее полученные образцы смешиваются со

сцинтилляционным коктейлем, устойчивым к щелочной среде и измеряются в спектрометре-радиометре. Это позволяет упростить сбор данных и обеспечить прямое поступление радиоуглерода в образцы из атмосферного воздуха. Для сравнения используются образцы радиоуглерода, полученные от МАГАТЭ, с известной удельной активностью.

В результате выполнения данной работы будут получены фоновые активности и концентрации радиоуглерода, рассчитанные на основе измерений, и проведено сравнение их с данными, полученными другими методами.

Литература

1 Рублёвский В.П., Яценко В.Н., Чанышев Е.Г. Роль углерода-14 в техногенном облучении человека. – М.: ИздАт, 2004. – 197 с.

2 Чеботина М.Я., Пономарева Р.П. Особенности накопления радиоуглерода в компонентах природной среды // Уральский геофизический вестник. – 2007. – №4. – С. 86-95.

3 Кулькова М.А. Радиоуглерод (14С) в окружающей среде и метод радиоуглеродного датирования: Учебно-методическое пособие. – СПб.: Издательство РГПУ им А. И. Герцена, 2011. – 40 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МЕТОДАМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ С ИНТЕГРАЦИЕЙ ГИС-ДАННЫХ

М.Мехди[1,2], М.П.Панин[1], B.Mohammedi[2]

[1] – Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

[2] – Биренский ядерный исследовательский центр, Алжир

Расчеты рассеивания газоаэрозольных примесей в воздушной среде в условиях сложного рельефа не могут быть выполнены стандартными методами, рекомендованными МАГАТЭ для плоских шероховатых поверхностей. В настоящей работе на примере проекта Алжирской АЭС приводятся результаты

моделирования гипотетических выбросов АЭС, расположенной в гористой местности, существенно изменяющей воздушные потоки.

Моделирование выполнено средствами вычислительной гидродинамики (ВГ) с помощью пакета ANSYS FLUENT 15.0 на неструктурированной сетке в расчетной области 10×25 км с минимальным размером ячеек вблизи неоднородностей 80 м и общим количеством ячеек 17 миллионов. На верхних и боковых границах задавались условия симметрии. Рельеф в районе расположения АЭС приведен на Рис.1. Наибольшие высоты гор 664 м.

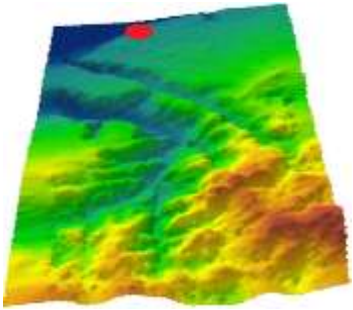


Рис.1. Рельеф местности в зоне распространения выбросов. Красная точка указывает расположение АЭС.

Для построения сетки были использована цифровая модель рельефа местности от Геологической службы США (USGS), представленная в формате TIN. Для использования в ВГ-расчетах, ГИС-данные по рельефу были последовательно преобразованы в файлы виртуальной реальности в формате WRL, и далее - в STL формат.

Условия выброса (высота, расход и температура) были взяты по аналогии со штатными условиями работы Ростовской АЭС.

На рисунке 2 приведены результаты моделирования распределения относительной концентрации загрязнения на высоте 400 метров над уровнем земли.

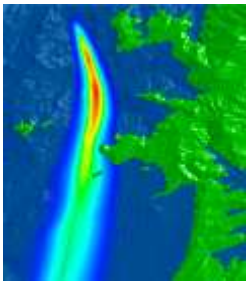


Рис. 2. Деформация факела выброса особенностями рельефа.

Он демонстрирует значительное влияние особенностей рельефа на деформацию выброса и перераспределение концентрации примесей.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ НА ХВОЙНЫЕ ЛЕСА ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС ФУКУСИМА-1

Р.А. Микаилова[1], С.В. Фесенко[1], Ю. Онда[2], Х. Като[2], Дж. Такахаши[2], С.И. Спиридонов[1]
[1] – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия
[2] – Университет Цукубы, г. Цукуба, Япония

Авария на АЭС «Фукусима-1» привела к обширному радиоактивному загрязнению окружающих лесов. Площадь лесной территории с загрязнением свыше 185 кБк/м^2 составляла около 1300 км^2 [1].

По результатам исследований [2,3] специалистов из Университета г. Цукубы, Япония, были реконструированы мощности поглощенной дозы для насаждений Японского кедра в районе, пострадавшем после аварии. Модификация и параметризация дозиметрической модели [4] проводилась с учетом имеющихся исходных данных по характеристикам растительного покрова, подстилки и почвы [2,3,5]. Оценка дозовых нагрузок проводилась периода 2011-2017 гг.

На основе исходных данных экосистема была представлена в виде слоев (кроны, стволы, подлесок, подстилка, почва) с

заданными характеристиками. Мощность дозы оценивалась отдельно для каждого надземного слоя.

В июле 2011 г. мощность дозы составила 36 мкГр/день, а к октябрю 2017 г. она снизилась до 12 мкГр/день (рис. 1).

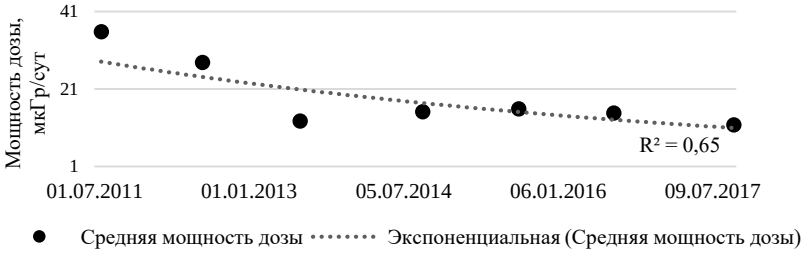


Рис. 1. Средняя мощность дозы облучения древесного яруса леса с 2011 по 2017 гг.

Полученные результаты показали, что доза уменьшается с понижением высоты положения рецептора, поскольку основным источником формирования дозы являются подстилка и верхние слои почвы. Это обосновано миграцией радиоактивного цезия из крон в почвенные слои с дождевой водой, сквозным и стволовым стоками [3].

Результаты расчетов позволяют сделать вывод, что на рассматриваемой территории мощности доз не превышали даже самых жестких скрининговых значений, предложенных в работе [6].

Работа была выполнена в рамках стипендиальной программы JSPS 2020 грант №PE19058.

Литература

1 Yoschenko V., Ohkubo T., Kashparov V. Radioactive contaminated forests in Fukushima and Chernobyl // Journal of Forest Research. – 2018. – V. 23. – № 1.

2 Takahashi J., Onda Y., Hihara D.,Tamura K. Six-year monitoring of the vertical distribution of radiocesium in three forest soils after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident // Journal of Environmental Radioactivity. – 2018. – V. 192. – P. 172–180.

3 Kato H., Onda Y. Temporal changes in the transfer of accidentally released 137Cs from tree crowns to the forest floor after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident // Progress in Nuclear Science and Technology. – 2014. – V. 4.

4 Спиридонов С. И., Фесенко С. В., Гераськин С. А. и др. Оценка доз облучения древесных растений в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48. – Вып. 4. – С. 432–438.

5 Coppin F., Pierre Hurtevent P., Nicolas Loffredo N. Radiocaesium partitioning in Japanese cedar forests following the “early” phase of Fukushima fallout redistribution // Scientific Reports. –2016. –V. 6.37618.

6 Andersson P. et al. Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context (protect): proposed numerical benchmark values // Journal of Environmental Radioactivity. – 2009. –V. 100. – № 12. – P. 1100–1108.

ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОПРОСТРАНСТВА СИСТЕМЫ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.С.Мишук
Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

Развитие информационного общества с необходимостью обусловливает возникновение особой виртуальной сферы, которая приобрела глобальные масштабы и сформировала действительно общецивилизационную «разумную оболочку. В настоящее время ее развитие достигло такого уровня, что инфокоммуникационные технологии начинают трансформировать физическую реальность. Система ИКТ требует внешних условий, соответствующих ее природе, и начинается формирование особого «экологического пространства» со специфическими параметрами. Требования, предъявляемые к характеристикам данного экопространства, должны наиболее четко проявляться при исследовании объектов,

изначально создаваемых именно для целей эффективного сохранения и передачи информационных потоков. Наглядным примером такого типа объектов выступают, на наш взгляд, data-центры.

Данные центры обладают двоякой природой. С одной стороны, они являются элементами «второй природы», неорганического тела человеческой цивилизации. С другой стороны, они выступают «узлами», структурирующими собственное пространство системы инфокоммуникационных технологий.

Соответственно, возникают и две группы рисков, связанных с обеспечением их функционирования. Первая связана с взаимодействием данных центров с уже существующими материальными элементами человеческой цивилизации. Вторая – с проблемами формирования экопространства самой системы ИКТ.

В рамках первой группы можно выделить:

1) риски, обусловленные использованием техники и ПО не собственного производства: неизвестно, какие свойства, помимо указанных, в них заложены; 2) возможность постороннего вмешательства в работу систем вследствие их наличия связи с интернетом; 3) возрастание возможностей ошибок при системной интеграции в результате резкого увеличения количества подобных центров.

Вторая группа рисков обусловлена потребностями формирования собственного экопространства системы

1. Необходимость обеспечения соответствующего температурного режима.

2. Обязательность высокоэффективной системы вентиляции, которая должна обеспечить приток не просто холодного, но и чистого воздуха извне.

3. Требуется поддерживать определенный уровень влажности, что также является серьезной проблемой.

4. Определенные проблемы могут вызывать также шумовые эффекты внутри подобных объектов.

5. При большом количестве работающих устройств подобного типа будут формироваться электрические и

электромагнитные поля, которые будут воздействовать на различные компоненты оборудования, вызывая сбои в его работе.

6. В структуре экосреды таких узлов пространства информационно-коммуникационных технологий будет возникать свой специфический биокомпонент: бактерии, микроорганизмы, различные форм плесени, грибов и т.д. Формы жизни, которые могут существовать в космосе, в ядерном реакторе и иных сверхэкстремальных условиях совершенно точно появятся внутри пространства с устойчивыми и весьма благоприятными для существования параметрами.

Все вышеназванные факторы будут воздействовать и на людей, работающих внутри подобных объектов. Здесь уже четко прослеживаются не менее трех направлений подобного воздействия: 1. влияние на физическое здоровье человека; 2. воздействие на психическое состояние сотрудников; 3. формирование «электромагнитного смога», вступающего в резонанс, как с электромагнитными импульсами мозга человека, так и с работающими внутри него электросистемами (например, кардиостимулятором).

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

А.Л. Мостовенко, Е.К. Нилова, К.Ю. Войтенко
Государственное научное техническое учреждение «Центр по ядерной и радиационной безопасности» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь в рамках оказания научно-технической поддержки Министерству по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Центром по ядерной и радиационной безопасности выполняются мероприятия по оценке радиационной обстановки в зоне воздействия объектов использования атомной энергии и источников ионизирующего

излучения с применением мобильной лаборатории радиационного контроля, представляющей собой комплекс спектрометрического и дозиметрического оборудования, размещенного на базе малотоннажного грузового автомобиля, в том числе встроенных в корпус транспортного средства сцинтилляционных NaI(Tl) и $LaBr_3$(Ce) спектрометров компании Mirion Technologies, полупроводникового BEGe-спектрометра высокого разрешения Canberra Falcone 5000, системой стационарного и портативного воздушного пробоотбора и др.

Техническое оснащение мобильной лаборатории с выбранными характеристиками радиационного мониторинга, а также комплекс программных средств позволяют оперативно проводить поиск источников ионизирующего излучения, оценку основных параметров, характеризующих радиационную обстановку: мощность амбиентного эквивалента дозы γ-излучения и суммарной скорости счета импульсов γ-излучения, а также выполнять γ-спектрометрические измерения, отбор проб приземного слоя воздуха, обработку спектров и идентификацию радионуклидного состава в полевых условиях.

Эффективность использования мобильной лаборатории радиационного контроля в целях обеспечения радиационной безопасности, в том числе для обнаружения и идентификации ионизирующего излучения неоднократно подтверждена при патрулировании территорий, прилегающих к объектам, использующим в своей деятельности источники ионизирующего излучения, а также при проведении культурно-массовых мероприятий, в том числе зафиксированы случаи оперативного обнаружения источников ионизирующего излучения, находящихся в движущимся в потоке транспортном средстве при скорости движения не ниже 60 км/ч.

В настоящее время реализуется этапная программа опытно-промышленной эксплуатации энергоблока № 1 Белорусской АЭС и специалисты Центра по ядерной и радиационной безопасности, входящие в состав рабочих групп Информационно-аналитического центра Госатомнадзора, осуществляют информационно-аналитическую поддержку в рамках проведения государственного регулирующего контроля (надзора) за

исполнением законодательства в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, в том числе проведение независимых измерений, направленных на определение достоверности контроля параметров радиационной обстановки, осуществляемого эксплуатирующей организацией. Привлечение мобильной лаборатории радиационного контроля для исполнения указанных задач также подтверждает свою эффективность при осуществлении независимого от поднадзорного объекта мониторинга в целях реализации регулирующего контроля в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.

ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ И РАДИАЦИОННЫЙ РИСК ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В РАЙОНЕ ХРАНИЛИЩА РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГОРОДЕ ДАЛАТ ДЛЯ СЦЕНАРИЯ ПОЖАРА

А.К. Нгуен[1], Г.В. Лаврентьева[1,2], Б.И. Сынзыныс[1]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Чтобы обеспечить безопасность при эксплуатации хранилища радиоактивных отходов (РАО), помимо необходимости соблюдать международные стандарты безопасности, также необходимо оценивать радиационные риски при авариях. Создавая потенциальные сценарии и оценивая с их помощью уровень рисков для персонала и населения, мы можем предложить эффективные превентивные меры, а также способы решения проблемы в случае аварии.

Цель работы: расчет дозовых нагрузок и радиационного риска для населения проживающего в районе хранилища РАО для сценария «Пожар».

В 1982 году с восстановлением и расширения деятельности исследовательского ядерного реактора в ядерном

исследовательском центре города Далата был построено временное приповерхностное хранилище РАО.

Расчет проводится для радионуклида Cs-134 с удельной активностью $УА = 20\,\frac{кБк}{кг}$ по математической модели для сценария «Пожар» согласно методике МАГАТЭ [1].

Таблица 1

Исходные данные пожара

Символ	Параметр	Численное значение	Размерность
V_{fire}	Объем отходов, сгоревших при пожаре	5	$м^3$
ρ_{bd}	Плотность отходов	0,1	$\frac{кг}{м^3}$
t_{fire}	Продолжительность пожара	1	ч

По сценарию МАГАТЭ [1] для пожара суммарная доза облучения для населения, проживающего на границе хранилища, от внешнего облучения в задымленном месте, потребления растений, ингаляции и осаждения равна: $E = 0{,}361\,\frac{Зв}{год}$.

Величину индивидуального пожизненного радиационного риска возникновения гено-токсических эффектов вычисляли по соотношению: $R = K_r \cdot E = 5{,}7 \cdot 10^{-2}\ 0{,}361 = 0{,}021\ год^{-1}$, где: K_r – коэффициент риска злокачественных новообразований и наследственных эффектов для здоровья человека, $Зв^{-1}$. Величина коэффициента риска при однородном облучении всего тела человека равна $5{,}7 \cdot 10^{-2}\ Зв^{-1}$ [2].

Вывод: По сценарию «Пожар» радионуклид Cs-134 за короткий промежуток времени поступает в окружающую среду и формирует дозовые нагрузки, превышающие предел дозы облучения для населения в $1\ \frac{мЗв}{год}$ [2], в 361 раз. Радиационные риски возникновения гено-токсических эффектов для здоровья населения от радионуклида Cs-134 были в 21000 раз выше уровня пренебрежимого риска для населения, и в 420 раз больше

величины приемлемого радиационного риска для населения по нормам МАГАТЭ и НРБ 99/2009.

Литература

1 Derivation of activity limits for the disposal of radioactive waste in near surface disposal facilities, IAEA-TECDOC-1380, Vienna, 2003.

2 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09, П 2.3.

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ С-14 НАРАБАТЫВАЕМОГО НА АЭС

Т.К.Ф.Нгуен, Б.И. Сынзыныс
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

C^{14} – долгоживущий изотоп углерода с периодом полурапада 5730 лет, испускающий β-частицы со средней энергией 49,3 кэВ. До недавнего времени в системе радиационной безопасности мало внимания уделялось радиоактивному углероду С-14, которого много нарабатывается на АЭС. Учитывая большое период полураспада С-14 и его радиобиологические свойства, следует ожидать его накопления в биосфере Земли. Поэтому надо изучать его накопление и опасность для всего живого.

Цель работы: определение дозы внутреннего облучения и оценка индивидуального радиационного риска для жителей на 1-ой АЭС и Смоленской АЭС.

По данным радиационно - технического обследования, расчетная объемная активность С-14 в воздухе в критических точках местности в районе расположения Смоленской АЭС и Обнинской АЭС составляет 2,15.10^{-2} и 3,24. 10^{-4} Бк/м^3.

1. Определение поглощенной дозы облучения при ингаляции и при потребления пищевых продуктов [1]:

$$D_{C^{14}} = U.\varepsilon_{инг}.C_{C^{14},в} + \varepsilon_{п}\sum_{i} R_i.\alpha_i.C_{C^{14},n,i}$$

Где $\varepsilon_{инг}$ – коэффициент дозового преобразования при ингаляции С-14 (равно 6,2. 10^{-12} Зв/Бк). U – интенсивность дыхания человека, м^3/год. По НРБ 99/2009, U = 8,1.10^3 м^3/год. $\varepsilon_{п}$ – Коэффициент дозового преобразования при пищевом поступлении С-14 (для взрослого человека 5,8. 10^{-10}ЗВ/Бк) . R_i – годовое потребление i-го продукта населением, кг; α_i – доля i-го продукта местного производства в рационе населения. $C_{C^{14},n,i}$ – уделная активность С-14 в i-м продукте питания местного производства, Бк/кг.

2. Расчет риска опасных заболеваний:

Радиационный риск рассчитывается по формуле:

$$r_i = E_i * r_E$$

где:

r_i - индивидуальный пожизненный риск [чел$^{-1}$];

E_i - эффективная доза [Зв].

r_E - Коэффициент пожизненного риска.

В таблице 1 представлены результаты вычисления дозы облучения и риска для здоровья человека при условии w_r =1 (при расчете эффективной дозы Е).

Таблица 1

Доза облучения и радиационный риск от углерода С-14

АЭС	Годовая доза, Зв		Риск, чел$^{-1}$	
	Для ингаляции	Для пищевых продуктов	Для ингаляции	Для пищевых продуктов
Обнинская	1,63.10^{-11}	4,14.10^{-6}	5,55.10^{-21}	4,25. 10^{-15}
Смоленская	1,08.10^{-9}	2,01. 10^{-5}	2,45.10^{-17}	1,36. 10^{-12}
МАГАТЭ	1. 10^{-3}		5. 10^{-5}	

Как следует из представленных в таблице 1 данных основной риск для населения от облучения С-14 формируется за счет потребление пищевых продуктов местного производства. Суммарный риск для Обнинской АЭС равен $4{,}25.\,10^{-15}$ и $1{,}36.\,10^{-12}$ на Смоленской.

Вывод: величина индивидуального пожизненного риска от С-14 для жителей вокруг Смоленской АЭС в 320 раз больше чем таковой вокруг Обнинской АЭС. В то же время это очень низкий уровень риска: в $3{,}7.10^{7}$ и в $1{,}2.\,10^{10}$ раз соответственно меньше по сравнению с величиной приемлемого риска по нормом МАГАТЭ.

Литература

1 Крышев А.И., Крышев И.И, Васянович М.Е., Екидин А.А., Капустин И.А., Мурашова Е.Л. Оценка дозы облучения населения от выброса ^{14}С АЭС с РБМК-1000 и ЭГП-6 – Атомная энергия. – 2020. – Т. 128. –Вып. 1. –С. 46-52.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОТОКСИЧНОСТИ ОЯТ ВВЭР-1000 И ВВЭР-1200

Т.Т.К. Нгуен, О.А. Момот
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Введение. Процесс обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) с учетом существенного периода полураспада отдельных радионуклидов (минорных актинидов, некоторых продуктов деления) может представлять опасность как для персонала на этапах обращения с ОЯТ, так и для населения. Выявить степень подобной опасности ОЯТ разных ядерных установок позволяет оценка радиотоксичности.

Цель работы: Сравнительный анализ радиотоксичности ОЯТ ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200

Материалы и методы. Для оценки радиотоксичности ОЯТ использовалась ожидаемая эффективная доза, рассчитанная на

основе активности ОЯТ и дозовых коэффициентов при ингалационном и пероральном воздействии [1]. Расчет активности производился согласно [2]. Начальное обогащение топлива 4,3% по ^{235}U для ВВЭР-1000 и 4,95% по ^{235}U для ВВЭР-1200. Для удобства преставления информации компоненты ОЯТ были сгруппированы: продукты деления (ПД); минорные актиниды (МА); изотопы урана (U).

Результаты. В таблицах 1 и 2 представлены результаты оценки радиотоксичности ОЯТ для взрослого населения во временные промежутки от момента выгрузки топлива (0 лет) до выдержки его в течение 300 000 лет.

Таблица 1

Результаты расчета радиотоксичности (Зв/тU) ОЯТ ВВЭР-1000

ОЯТ	Время выдержки, лет					
	0	30	100	10^4	10^5	$3\cdot10^5$
ПД	$1{,}11\cdot10^{10}$	$2{,}27\cdot10^{8}$	$4{,}11\cdot10^{7}$	$6{,}93\cdot10^{3}$	$5{,}10\cdot10^{3}$	$2{,}96\cdot10^{3}$
МА	$4{,}04\cdot10^{10}$	$7{,}63\cdot10^{9}$	$2{,}72\cdot10^{9}$	$1{,}03\cdot10^{9}$	$4{,}61\cdot10^{7}$	$6{,}04\cdot10^{6}$
U	$2{,}61\cdot10^{5}$	$5{,}77\cdot10^{5}$	$4{,}70\cdot10^{5}$	$2{,}92\cdot10^{5}$	$2{,}52\cdot10^{5}$	$2{,}07\cdot10^{5}$
∑	$5{,}15\cdot10^{10}$	$7{,}86\cdot10^{9}$	$2{,}76\cdot10^{9}$	$1{,}03\cdot10^{9}$	$4{,}64\cdot10^{7}$	$6{,}25\cdot10^{6}$

Таблица 2

Результаты расчета радиотоксичности (Зв/тU) ОЯТ ВВЭР-1200

ОЯТ	Время выдержки, лет					
	0	30	100	10^4	10^5	$3\cdot10^5$
ПД	$1{,}07\cdot10^{10}$	$2{,}33\cdot10^{8}$	$4{,}22\cdot10^{7}$	$6{,}90\cdot10^{3}$	$5{,}09\cdot10^{3}$	$2{,}98\cdot10^{3}$
МА	$3{,}91\cdot10^{10}$	$7{,}11\cdot10^{9}$	$2{,}66\cdot10^{9}$	$1{,}02\cdot10^{9}$	$4{,}79\cdot10^{7}$	$5{,}28.10^{6}$
U	$3{,}03\cdot10^{5}$	$6{,}16.10^{5}$	$5{,}09\cdot10^{5}$	$3{,}33.10^{5}$	$2{,}87\cdot10^{5}$	$2{,}31\cdot10^{5}$
∑	$4{,}98\cdot10^{10}$	$7{,}35\cdot10^{9}$	$2{,}71\cdot10^{9}$	$1{,}02\cdot10^{9}$	$4{,}82\cdot10^{7}$	$5{,}51\cdot10^{6}$

В таблице 3 приведены сравнительные данные по радиотоксичности для двух разновидностей реакторов ВВЭР.

Таблица 3

Сравнение радиотоксичности (Зв/тU) ОЯТ ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200

Время выдержки, лет	ВВЭР-1000	ВВЭР-1200
0	$5{,}15 \cdot 10^{10}$	$4{,}98 \cdot 10^{10}$
30	$7{,}86 \cdot 10^{9}$	$7{,}35 \cdot 10^{9}$
100	$2{,}76 \cdot 10^{9}$	$2{,}71 \cdot 10^{9}$
10^{4}	$1{,}03 \cdot 10^{9}$	$1{,}02 \cdot 10^{9}$
10^{5}	$4{,}64 \cdot 10^{7}$	$4{,}82 \cdot 10^{7}$
$3 \cdot 10^{5}$	$6{,}25 \cdot 10^{6}$	$5{,}51 \cdot 10^{6}$

Заключение. Большую часть времени наибольший вклад в радиотоксичность ОЯТ в обоих случаях вносят минорные актиниды. В период времени от 0 до 100 тыс. лет уровень радиотоксичности ОЯТ ВВЭР-1200 ниже, чем у ВВЭР-1000, но к промежутку 100 тыс. лет ситуация координально изменяется, за счет сохранения высокой активности МА в топливе ВВЭР-1200. Однако, благодаря радиактивному распаду МА после 100 тыс. лет и далее, радиотоксичность ОЯТ ВВЭР-1200 становится меньше чем у ВВЭР-1000. В итоге, при обращении с ОЯТ ВВЭР-1200 на промежутке 10 000 лет потенциальный ущерб населению и окружающей среде будет меньше.

Литература

1 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

2 Радиационные и теплофизические характеристики отработавшего ядерного топлива водо-водяных энергетических реакторов и реакторов большой мощности канальных (РБ-093-20).

СОВМЕСТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ ВОЛОСА, ЧАСТИЦ ПЫЛЬЦЫ И МИКРОЧАСТИЦ УРАНА МЕТОДАМИ РЭМ-РМА

А.И. Нитрян[1], В.А. Стебельков[2]
[1] – Технико-криминалистический центр судебных экспертиз г.Кишинёв, Республика Молдова
[2] – НП «Лаборатория анализа микрочастиц», г. Москва, Россия

Введение

Рост количества инцидентов с ЯРМ [1] и резонансность некоторых преступлений и инцидентов с возможными подозрениями на преступное применение ЯРМ и, часто, неоднозначность результатов расследования [2] обусловливают увеличивающееся внимание к перспективам расследования таких преступлений и инцидентов. При этом всё отчётливее становится необходимость совместного исследования задержанных радиоактивных образцов, как специалистами по ЯРМ, так и экспертами-криминалистами, изучающими эти образцы методами традиционной криминалистики.

Экспериментальная часть

Одним из методов, широко применяющихся при проведении криминалистических экспертиз, является комбинация растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгеновского микроанализа (РМА). С его помощью в традиционных криминалистических экспертизах определяются характеристики продуктов выстрела, драгоценных металлов, морфологические характеристики волос человека и животных и другие. В то же время РЭМ-РМА с успехом применяется в ядерной отрасли при исследовании целого ряда характеристик ЯРМ.

Однако изучение одних улик на поверхности образца может повредить или уничтожить другие улики. Цель настоящей работы заключалась в определении влияния процесса подготовки и условий исследования на сохранность разного рода улик.

Для решения поставленной задачи были приготовлены образцы, содержащие характерные для традиционной

криминалистики фрагменты волос и частицы пыльцы, а также частицы урана – предмет исследования специалистов по ЯРМ.

На рис.1 приведена фотография фрагмента волоса (а) со спорой кедра (б), на поверхности которой была обнаружена и частица урана.

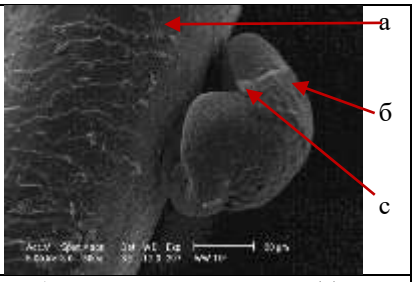


Рис.1. Фрагмент волоса (а), со спорой (б) и частицей урана (с).

Исследование этого и других объектов образца без обеспечения стока с него электричества показало, что споры и волосы заряжаются электронным пучком и становятся «невидимыми» для РЭМ. Поэтому для снятия заряда образцы были запылены тонким слоем золота.

Однако, при исследовании даже напылённых образцов при ускоряющем напряжении 20-30 кВ и токах пучка, характерных для анализа урановых микрочастиц, происходит разрушение поверхности волоса и спор. Поэтому исследование таких образцов следует начинать с анализа морфологических характеристик волоса и пыльцы при ускоряющем напряжении 5 кВ и токах пучка 10^{-11}–10^{-10}А. Частицы урана целесообразно исследовать при ускоряющем напряжении 20 кВ и токах пучка около 1нА. При этом волосы и споры разрушаются, но необходимая информация о них уже получена.

Заключение

В работе показано, что для результативного исследования образцов, содержащих и волосы, и частицы пыльцы, и микрочастицы урана, необходимо напыление на них тонкого токопроводящего слоя. Определены параметры пучка РЭМ и последовательность исследования объектов пробы.

Литература

1 IAEA incident and trafficking database (ITDB) Incidents of nuclear and other radioactive material out of regulatory control 2020, Режим доступа: https://nusec.iaea.org/portal/User-Groups/Nuclear-Forensics, по паролю

2 Уйба В.В., Квачева Ю.Е., Стебельков В.А. и др. Полониевая версия смерти Ясира Арафата: Результаты российских исследований // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – Т.60. – №3. – С. 41-49.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НАСЕЛЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ КОМПЛЕКСА ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Э. Нуштаева, С.И. Спиридонов, С.Н. Нуштаев
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Для оценки радиационного воздействия на население комплекса ядерно-энергетических предприятий необходимо оценить интегральный показатель – суммарную дозу облучения населения, и определить основные дозообразующие радионуклиды.

Оценку дозы облучения выполняли для населения от атмосферных выбросов комплекса предприятий: Ленинградской АЭС (ЛАЭС), предприятия по обращению с радиоактивными отходами – Ленинградское отделение «Северо-западный территориальный округ» ФГУП «РосРАО» (РосРАО), центра комплексных испытаний ядерных энергетических установок – ФГУП «Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александрова» (НИТИ).

Расчет переноса и рассеяния радионуклидов в атмосфере, оценку доз облучения населения выполняли по методике [1] с учетом информации о метеорологических характеристиках района расположения Ленинградской АЭС, рационе питания и доле продуктов местного производства от общего годового потребления населением [2]. Дозы облучения населения рассчитывали для участков местности, где ожидаются максимальные приземные концентрации радионуклидов в воздухе за пределами санитарно-защитных зон каждого из предприятий. В качестве исходных данных использовали

усредненные значения атмосферных выбросов предприятий за 2008–2018 гг. Для исключения недооценки дозы облучения от Ленинградской АЭС в связи с неполными данными по составу радиоактивных выбросов, использовали данные по выбросам ^{14}C и ^{3}H [3]. Дозу облучения от ^{14}C рассчитывали по «неравновесной» модели [4].

Оцененная суммарная эффективная доза облучения населения от комплекса предприятий составляет 7 мкЗв/год и не превышает величину дозы, соответствующую пренебрежимо малому радиационному риску. Идентифицированы основные дозообразующие радионуклиды при сочетанном воздействии атмосферных выбросов предприятий: ^{210}Pb, ИРГ, ^{137}Cs, ^{14}C.

По результатам расчета определены вклады ядерно-энергетических предприятий в суммарную дозу облучения: РосРАО и ЛАЭС – 64 и 35% соответственно, НИТИ – 0,1%. Вклад облучения населения при пероральном поступлении радионуклидов в результате выбросов предприятий составляет 60%. В связи с тем, что доля потребления местной животноводческой продукции минимальна, значимым путем облучения населения является потребление растительных продуктов питания [2].

При проведении мониторинга необходимо учитывать те радионуклиды, которые вносят значительный вклад в суммарную дозу облучения населения от комплекса ядерно-энергетических объектов. В регионе расположения рассматриваемых предприятий следует определять содержание ^{210}Pb и ^{14}C в продуктах питания, производимых в этом регионе и потребляемых населением, проживающим в непосредственной близости от рассматриваемых объектов.

Литература

1 Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. Safety Reports Series No. 19. – Vienna: IAEA, 2001.

2 Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций

в атмосферный воздух. Методика. МТ 1.2.1.15.1176-2016. – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016. – 69 с.

3 Vasyanovich M.E., Ekidin A.A., Vasilyev A.V. e.a.. Determination of radionuclide composition of the Russian NPPs atmospheric releases and dose assessment to population // J. Environ. Radioact. – 2019. – V. 208–209, №106006.

4 Крышев А.И., Васянович М.Е., Екидин А.А., Капустин И.А., Мурашова Е.Л. Оценка дозы облучения населения от выброса ^{14}C АЭС с РБМК-1000 и ЭГП-6 // Атомная Энергия. – 2020. – Т.128. – №1. – С. 46–52.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМ РИСКОМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

П.С. Орловский[1,2], А.П. Бызов[2]
[1] – Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь
[2] – Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из главных проблем охраны труда считается ошибочное представление об источнике опасности. Большинство думает, что источником опасности является человек. Безусловно, человеческий фактор приводит к нарушению требований и авариям, однако именно условия обеспечения безопасности значительно влияют на устойчивость производства и являются причиной чрезвычайных ситуаций.

Для улучшения этих условий необходимо выявить и оценить риски для человека. Предприятие несет ответственность за сохранение здоровья и безопасность работников, а значит нужно учитывать уязвимые места в технологическом процессе и безошибочно оценивать безопасность работы [1-4].

Идентификация риска является процессом определения самых значимых количественных и качественных показателей. Не существует единой методики оценки риска, поэтому на предприятии допустимо применять как ныне имеющиеся, так и разработать свою собственную.

Мы предлагаем вариант разработки собственной методики. Перед оценкой риска, нужно провести анализ обстановки на предприятии: обнаружить источники опасности, выполнить расчет вероятного ущерба. Затем в свою методику предприятие должно включить и анализ рисков, что поможет выполнить ряд мероприятий по отведению угроз и подготовить инструкции для сотрудников и руководства с целью обеспечения безопасности.

Для большей эффективности следует создать группу по анализу риска и включить в неё в обязательном порядке специалиста по охране труда. Делать это необходимо с целью получения экспертной оценки от специалистов в этой области.

На наш взгляд, методика оценки риска должна соответствовать определённым требованиям: быть простой и доступной для каждого, обеспечивать количественную оценку уровня индивидуального риска, учитывать условия работы, состояние здоровья человека, подходить для оценки эффективности профилактических мероприятий. Результатом оценки рисков станет матрица рисков, представленная в табл. 1.

Таблица 1

Матрица рисков

Вероятность воздействия	Тяжесть последствий		
	Легкая	Средняя	Особая тяжесть
Маловероятно	невысокий (1)	невысокий(1)	средний (2)
Вероятно	невысокий(1)	средний (2)	высокий (3)
Весьма вероятно	средний (2)	высокий (3)	высокий (3)

Литература

1 Гуменюк В.И., Орловский П.С., Щур А.В. Прогнозирование риска для жизнедеятельности населения в результате техногенных аварий с выбросами радионуклидов / Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 1 (33). – С. 185-188.

2 Орловский П.С., Гуменюк В.И. Концепция рисков / Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии:

материалы Междунар. науч.-техн. конф.– Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 247-248.

3 Орловский П.С., Гуменюк В.И., Щур А.В. Risks to the population life activity as a result of man-made accident with the emissions of radionuclides / Abstracts Processing of the Conference Environment knowledge and Policy Innovation between East and West, Minsk; Varaksin A.N. – 2019. – P. 78-80.

4 Орловский П.С., Шалухова М.А. Проблемы оценки риска радиоактивного загрязнения продуктов / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С.134-136.

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ТЕХНОГЕННОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ КУАЭС

К.С. Палюткина, О.А. Момот
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Введение. В ходе эксплуатации атомных станций происходит процесс накопления радиоактивных продуктов, выход которых за предусмотренные границы делает данный объект ЯТЦ потенциальным источником риска радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду. Безопасность АЭС – одно из важных свойств, соответственно степень радиационного риска напрямую зависит от уровня безопасности АЭС.

Цель работы: провести оценку доз облучения от техногенного радиоактивного загрязнения населения в зоне наблюдения КуАЭС.

Материалы и методы. Оценка доз внешнего и внутреннего облучения населения в зоне наблюдения КуАЭС проводилась с помощью методических рекомендаций [1], а также данных по радиационной обстановке в зоне наблюдения КуАЭС [2, 3].

Результаты исследований. При расчете среднегодовых эффективных доз (СГЭД) внешнего (Cs-137, Cs-134, Co-60) и внутреннего облучения (Cs-137, Sr-90) на основе методических рекомендаций [1] получили следующие результаты:

Величина СГЭД за счет облучения от радиоактивного облака составила $1{,}25 \cdot 10^{-8}$ мЗв/год для взрослого населения; $1{,}37 \cdot 10^{-7}$ мЗв/год для школьников; $1{,}52 \cdot 10^{-8}$ мЗв/год для дошкольников.

Величина СГЭД за счет облучения от подстилающей поверхности – 0,0178 мЗв/год для взрослого населения; 0,0168 мЗв/год для школьников; 0,0167 мЗв/год для дошкольников.

Далее были расчитаны значения среднегодовой индивидуальной дозы внутреннего облучения населения за счет техногенных нуклидов (Cs-137, Sr-90), содержащихся в продуктах питания, воде и воздухе, которые для всех трех групп населения приблизительно равны 0,0016 мЗв/год.

В таблице 1 представлен свод данных о дозах техногенного облучения для населения за 2019 г., проживающего в зоне наблюдения КуАЭС.

Таблица 1

Дозы облучения жителей зоны наблюдения КуАЭС за счет техногенного радиоактивного загрязнения

Группа населения	*Вид облучения*	*СГЭД, мЗв/год*	*Σ СГЭД, мЗв/год*
Взрослые	Внешнее	0.0178	0,0194
	Внутренне	0,0016	
Школьники	Внешнее	0,0168	0,0184
	Внутреннее	0,0016	
Дошкольники	Внешнее	0,0167	0,0183
	Внутреннее	0,0016	

Вывод. Таким образом, исходя из всех имеющихся результатов можно сделать вывод, что функционирование КуАЭС в нормальном режиме эксплуатации не ведет к ухудшению радиационной обстановки в районе размещения атомной станции. Согласно данным (НРБ-99/2009) предел

годового облучения составляет 1 мЗв/год, а полученные нами результаты в среднем в 53 раза меньше нормативного значения.

Литература

1 МР 2.6.1.0063-12. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.06.2012).

2 Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2019 году». – Обнинск, 2019.

3 Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Сидорова Е.В. и др. Результаты радиологического мониторинга агросистем в районе расположения Курской АЭС» // ПЭММЭ. – 2018. – Т. XXIX. – № 1. – С. 73-88.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АГРОЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС

А.В. Панов, Н.Н. Исамов, В.К. Кузнецов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Перспективы развития ядерной энергетики, как важной составляющей энергобезопасности государства, во многом определяются решением ряда экологических задач, одной из которых является обоснование радиационной безопасности человека при эксплуатации АЭС и связанных с этим выбросов и сбросов радионуклидов в окружающую среду [1]. Это обоснование возможно только при организации и ведении радиационно-экологического мониторинга в регионах размещения АЭС на основе результатов многолетних наблюдений за поступающими от электростанции радионуклидами в окружающую среду.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния Ростовской АЭС (в составе 4-х блоков с реакторами ВВЭР-1000) на радиоэкологическую обстановку в регионе размещения станции, в течение 18 лет с момента пуска первого энергоблока. На основе результатов наблюдений на созданной в 2001 г. сети радиационно-экологического мониторинга, включающей 7 контрольных участков и 5 контрольных пунктов, проведен анализ содержания природных и техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и продуктах питания. Показано, что за весь рассматриваемый период среднее содержание ^{90}Sr в почвах агроэкосистем 15-км зоны влияния АЭС варьировало в пределах 1,7-7,4 Бк/кг, а ^{137}Cs 7,5-14,9 Бк/кг, при этом не было обнаружено трендов на увеличение удельной активности этих техногенных радионуклидов в почве на всей рассматриваемой территории. Диапазон вариации среднего содержания в почве естественных радионуклидов составлял для ^{40}K 561-634 Бк/кг, ^{226}Ra 23,4-27,5 Бк/кг, ^{232}Th 32,7-35,9 Бк/кг. Средняя концентрация ^{90}Sr в зерне находилась в диапазоне 0,1-0,68 Бк/кг, а ^{137}Cs 0,23-0,54 Бк/кг. Даже максимальные значения удельной активности техногенных радионуклидов в продовольственном зерне были в 55 раз для ^{90}Sr и в 65 раз для ^{137}Cs ниже действующих нормативов СанПиН. Максимальные уровни содержания ^{137}Cs в овощах, картофеле и бахчевых были в 80 раз ниже норматива СанПиН. В молоке максимальные уровни удельной активности ^{90}Sr более, чем в 400 раз ниже нормативных значений СанПин (25 Бк/кг), а по ^{137}Cs (норматив 100 Бк/кг) эта разница составила 600 раз. Минимальными коэффициентами перехода радионуклидов характеризуются овощные культуры. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в овощи, соотносящие концентрации радионуклидов в растениях с плотностью поверхностного загрязнения (Бк/кг)/(кБк/м^2), в зависимости от вида продукции находятся в диапазоне 0,04-0,17, а для ^{137}Cs в пределах 0,008-0,2. Максимальные коэффициенты перехода радионуклидов отмечены в многолетние травы. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в естественные и многолетние сеяные травы составляют 0,75-2,2, а для ^{137}Cs 0,28-0,86. Различия в коэффициентах перехода между

овощами и травами достигают 50 раз, а в среднем составляют 10-20 раз. Отмечено, что все виды культур накапливают в среднем в 2-5 раз больше ^{90}Sr по сравнению с ^{137}Cs. В целом, анализ 18-летних результатов наблюдений за радиоэкологической обстановкой в регионе размещения Ростовской АЭС позволяет заключить, что эксплуатация данной атомной электростанции в штатном режиме и ввод в действие новых энергоблоков не привел к регистрируемому увеличению содержания техногенных радионуклидов в продукции сельского хозяйства, продуктах питания и объектах окружающей среды [2].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00016).

Литература

1 Алексахин Р.М. Актуальные экологические проблемы ядерной энергетики // Атомная энергия. – 2013. – Т. 114. – №5. – С. 243-248.

2 Панов А.В., Исамов Н.Н., Кузнецов В.К. Радиационно-экологический мониторинг в регионе размещения Ростовской АЭС. Анализ результатов многолетних исследований // Радиационная гигиена. – 2019. – Т.12. – №2 (специальный выпуск). – С. 54-65.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС «РУППУР»

А.В. Панов, Р.А. Микаилова, И.В. Гешель, Е.В. Сидорова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

На основе подписанного в 2011 г. соглашения между Россией и Народной Республикой Бангладеш, Госкорпорация «Росатом» начала строительство в 2017 г. АЭС «Руппур» (NPP Rooppur) с двумя энергоблоками ВВЭР-1200. Проект создания атомной электростанции осуществляется в рамках развития ядерно-энергетической программы Бангладеш в соответствии с рекомендациями и под контролем МАГАТЭ.

Площадка АЭС «Руппур» находится на северном берегу реки Падма (Ганг), в 20 км к востоку от города Пабна, в 8 км к югу от города Ишварди и в 7 км к северо-востоку от города Верамара округа Куштиа, на расстоянии 160 км на северо-запад от г. Дакка, столицы Бангладеш. Рядом с площадкой АЭС расположены два моста через реку Падма: железнодорожный мост Хардинг (1916 г.) и автомобильный мост Лалон Шах (2004 г.). Эти мосты объединяют северную и южную части Бангладеш.

Представлен опыт создания и ведения системы радиационно-экологического мониторинга водных экосистем в регионе АЭС «Руппур». Компоненты водных экосистем в зоне влияния АЭС являются как наиболее информативными для определения состояния окружающей среды, так и важными с точки зрения ведения хозяйственной деятельности. Поэтому проблема оценки и прогнозирования качества водных экосистем в районе АЭС является актуальной для обеспечения радиационной и экологической безопасности. Разработана детализированная программа мониторинга, выбраны пункты наблюдений поверхностных и подземных вод на разном расстоянии от АЭС «Руппур»; определены объекты мониторинга (вода, донные отложения, высшая водная растительность, рыба), перечень исследуемых параметров, регламент наблюдений, а также методы и нормативно-техническое обеспечение. В числе контролируемых радионуклидов рассматривались природные (^{40}K, ^{226}Ra, ^{232}Th) и техногенные (^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{3}H). Мониторинговые исследования проведены в 2014-2017 гг. на фоновом уровне и этапе строительства АЭС «Руппур» с учетом климатических особенностей региона в различные периоды года. Установлено, что объемная активность в водах р. Падма ^{137}Cs на всем периоде наблюдений не превышала 0,18 Бк/л при среднем 0,07 Бк/л. Содержание ^{90}Sr было в диапазоне 0,02-0,12 Бк/л, а ^{3}H в пределах 0,8-2,1 Бк/л. Средняя удельная активность ^{90}Sr в донных отложениях варьировала в диапазоне 0,5-1,8 Бк/кг, а ^{137}Cs – 0,8-2,1 Бк/кг. Удельная активность ^{3}H в донных отложениях составляла менее 3 Бк/кг за исключением трех проб в 2017 г. (12-30 Бк/кг), что по всей видимости обусловлено локальным загрязнением. Удельная активность ^{90}Sr в высшей водной

растительности была на уровне 0,4-3,9 Бк/кг, а ^{137}Cs 0,4-1,0 Бк/кг. В питьевой воде объемная активность нормируемых радионуклидов колебалась в диапазоне: для ^{137}Cs – 0,03-0,27 Бк/л, что в 40 раз ниже уровня вмешательства по НРБ–99/09; для ^{90}Sr – 0,01-0,16 Бк/л (в 30 раз ниже норматива); для ^{3}H – 0,4-1,2 Бк/л (более чем в 6 тыс. раз ниже уровня вмешательства). Удельная активность ^{90}Sr в рыбе варьировалась в диапазоне 0,02-1,6 Бк/кг, что в 60 раз ниже Российских и международных стандартов. Содержание ^{137}Cs в рыбе было в пределах 0,26-0,3 Бк/кг, что в 400 раз ниже Российских и более чем в 3 тыс. раз ниже международных нормативов. Полученные результаты и заложенная сеть радиационно–экологического мониторинга водных экосистем позволят регистрировать изменение ситуации в регионе размещения АЭС «Руппур» и выявлять влияние работы атомной электростанции на человека и окружающую среду [1].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00016).

Литература

1 Микаилова Р.А., Курбаков Д.Н., Сидорова Е.В., Гешель И.В., Андреева Н.В., Сорокин Ю.В., Панов А.В. Комплексный радиационно-экологический мониторинг водных экосистем в регионе размещения АЭС «Руппур» (Народная Республика Бангладеш) // Морской биологический журнал. – 2020. – Т. 5. – № 3. – С. 30-54.

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ДЛЯ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ОТ β- И γ-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЛАКЕ ВЫБРОСА

Т.В Переволоцкая, А.Н. Переволоцкий
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Эффективным инструментом исследования процессов функционирования и организации природных экосистем в

условиях воздействия атомной энергии на окружающую среду являются методы математического моделирования, позволяющие формулировать новые задачи и повышать качество принимаемых управленческих решений [1].

Программное средство «Мощность дозы растений от облака штатного выброса» предназначено для расчета мощности поглощенной дозы луговых биогеоценозов от β- и γ-излучения радионуклидов, находящихся в облаке штатного радиоактивного выброса [2]. Главное окно программного средства для ввода исходных данных представлено на рис.1.

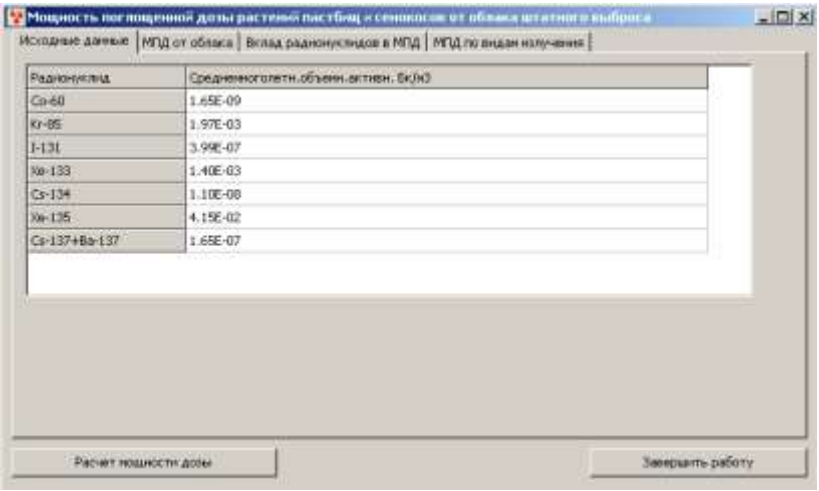


Рис. 1. Главное окно с исходными данными.

Расчет величины мощности поглощенной дозы (МПД) и вклада в величину дозового показателя β- и γ-излучения радионуклидов осуществляется при нажатии на кнопку «Расчет мощности дозы» (рис. 1 и 2). На вкладках «Вклад радионуклидов в МПД» и «МПД по видам облучения» результаты расчета могут быть представлены как в графической, так и табличной форме (рис.2). В программном средстве реализована функция передачи результатов расчета в офисные приложения через буфер обмена Microsoft Windows посредством кнопок «Копировать рисунок (таблицу) в буфер обмена».

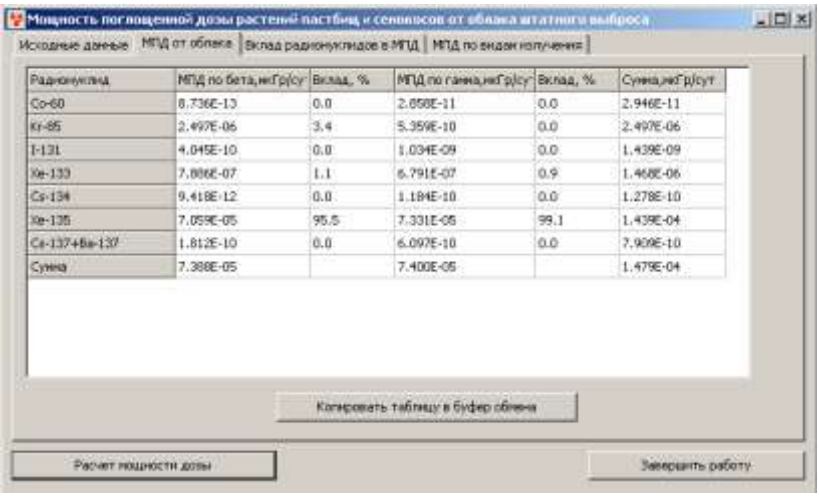


Рис. 2. Табличная форма представления результатов расчета.

Литература

1 The theoretical basis of system analysis. Ed. Novosel'ceva V. A.. M.: Major, 2006. – P. 592.

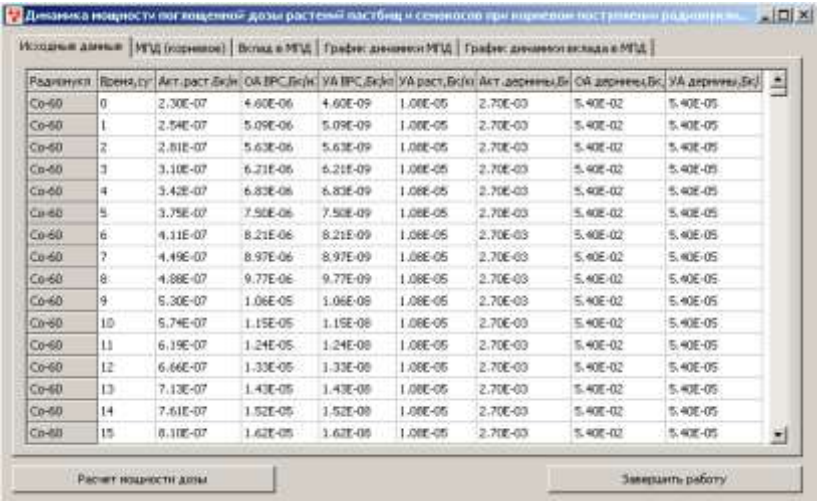
2 Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661251 «Динамика мощности поглощенной дозы сельскохозяйственных растений при осаждении радионуклидов из атмосферы» дозиметрической модели облучения сельскохозяйственных растений при хронических радиоактивных выпадениях».

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ КОРНЕВОМ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

Т.В Переволоцкая, А.Н. Переволоцкий
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Программное средство «Мощность дозы растений при корневом поступлении радионуклидов» предназначено для

расчета динамики мощности поглощенной дозы растений от β- и γ-излучения радионуклидов, накопленных в дернине за предыдущие годы хронических радиоактивных и поступающих в растения из дернины по корневому пути в течение вегетационного сезона, для которого проводится оценка доз [1]. Главное окно программного средства с исходными данными представлено рис.1. Выполнение расчета выполняется при нажатии на кнопку «Расчет мощности дозы», расположенной на главном окне программного средства (рис. 1). Результаты расчета могут быть представлены как в табличной, так и графической форме (рис.2) на соответствующих вкладках главного окна программного средства.



Радионукл	Время,сут	Акт.раст.Бк/кг	ОА ВРС,Бк/кг	УА ВРС,Бк/кг	УА раст,Бк/кг	Акт.дернины,Бк	ОА дернины,Бк	УА дернины,Бк
Co-60	0	2.30E-07	4.60E-06	4.60E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	1	2.54E-07	5.09E-06	5.09E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	2	2.81E-07	5.63E-06	5.63E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	3	3.10E-07	6.21E-06	6.21E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	4	3.42E-07	6.83E-06	6.83E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	5	3.75E-07	7.50E-06	7.50E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	6	4.11E-07	8.21E-06	8.21E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	7	4.49E-07	8.97E-06	8.97E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	8	4.88E-07	9.77E-06	9.77E-09	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	9	5.30E-07	1.06E-05	1.06E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	10	5.74E-07	1.15E-05	1.15E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	11	6.19E-07	1.24E-05	1.24E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	12	6.66E-07	1.33E-05	1.33E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	13	7.13E-07	1.43E-05	1.43E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	14	7.61E-07	1.52E-05	1.52E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05
Co-60	15	8.10E-07	1.62E-05	1.62E-08	1.08E-05	2.70E-03	5.40E-02	5.40E-05

Рис. 1. Главное окно с исходными данными.

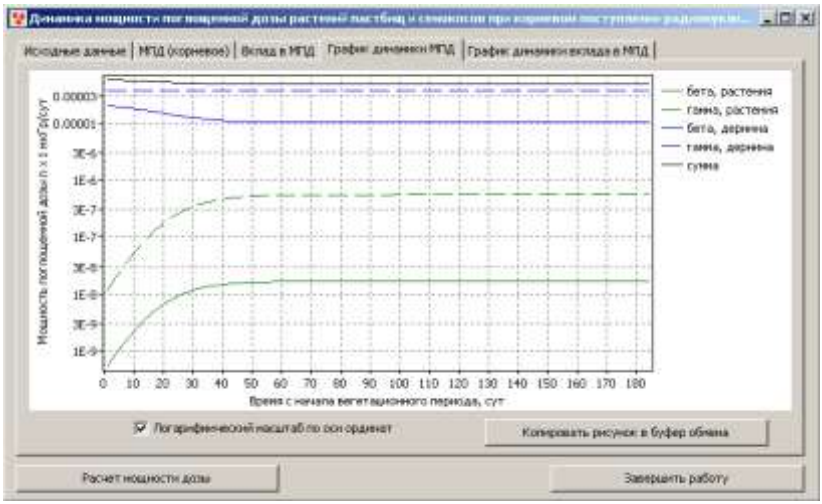


Рис. 2. Табличная форма представления результатов расчета.

В программном средстве реализована функция передачи результатов расчета в офисные приложения через буфер обмена Microsoft Windows посредством нажатия кнопки «Копировать рисунок (таблицу) в буфер обмена».

Все полученные расчетные данные записываются в промежуточные рабочие файлы для дальнейшего использования в других программных средствах модели.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661250 «Динамика мощности поглощенной дозы сельскохозяйственных растений при корневом поступлении радионуклидов» дозиметрической модели облучения сельскохозяйственных растений при хронических радиоактивных выпадениях».

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛУГОВОМ БИОГЕОЦЕНОЗЕ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ

А.Н. Переволоцкий, Т.В Переволоцкая
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Программное средство «Прогноз распределения радионуклидов в луговом биогеоценозе» (рис.1) [1] предназначено для оценки среднемноголетней объемной активности радионуклидов выброса в приземном слое атмосферы, плотности осаждения на земную поверхность, плотности загрязнения почвы за 1 год и за 30 лет, динамики биометрических показателей растений, коэффициента задерживания и активности радионуклидов между компартментами системы в течение вегетационного сезона, для которого будет прогнозироваться динамика мощности поглощенной дозы (рис. 2).

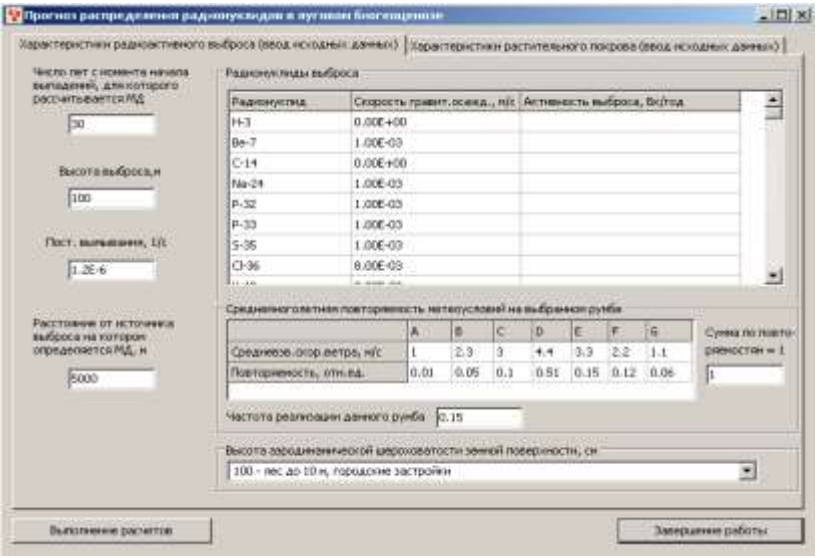


Рис. 1. Главное окно для ввода исходных данных.

Выполнение прогнозных расчетов, после ввода исходных данных, осуществляется нажатием кнопки «Выполнение расчетов» (рис. 1). Результаты расчета могут быть отображены как в табличной, так и в графической форме (рис. 2). В программном средстве реализована функция передачи файлов и таблиц в офисные приложения через буфер обмена Microsoft Windows посредством кнопок «Копировать рисунок (таблицу) в буфер обмена». Все полученные расчетные данные записываются в промежуточные рабочие файлы для дальнейшего использования в других программных средствах модели.

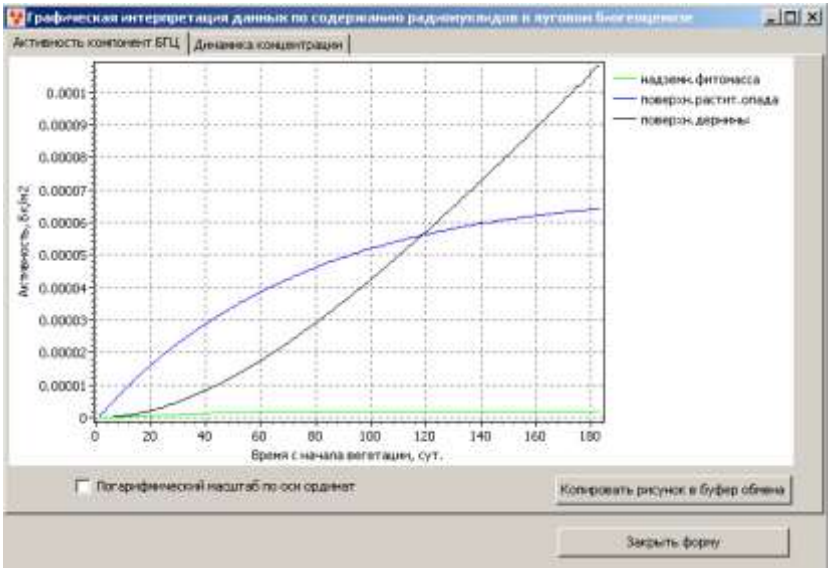


Рис. 2. Графическое представление результатов расчета.

Литература

1 Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018662198 «Динамика активности радионуклидов в системе «поверхность надземной фитомассы растений - поверхность почвы» дозиметрической модели облучении сельскохозяйственных растений при хронических радиоактивных выпадениях».

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ДЛЯ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

А.Н. Переволоцкий, Т.В Переволоцкая
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Луговые биогеоценозы выступают своего рода «поставщиками» радионуклидов по «молочной» и «мясной» пищевым цепочкам к человеку, что определяет повышенное внимание ученых на изучение параметров накопления радионуклидов в надземной фитомассе луговых растений для оценки возможного алиментарного поступления в организм человека [1]. Однако оценка доз облучения самих растений и возможные последствия этого облучения остаются, чаще всего, вне поля зрения исследователей.

Программное средство «Мощность дозы растений при поверхностном загрязнении» предназначено для оценки динамики мощности поглощенной дозы растений от β- и γ-излучения радионуклидов, поступающих и распределяющихся между компартментами системы «поверхность надземной фитомассы растений – растительный опад – поверхностный слой дернины» в течение вегетационного сезона [2]. На основании исходных данных по величинам динамики активности радионуклидов в исследуемой системе, отображаемых в главном окне программного средства (рис. 1), при нажатии кнопки «Расчет мощности дозы» выполняется расчет мощности дозы растений от β- и γ-излучения каждого компартмента системы. Результаты расчета отражаются на соответствующих вкладках окна программного средства в табличной и графической форме (рис. 2). В программном средстве реализована функция передачи результатов расчета в офисные приложения через буфер обмена Microsoft Windows посредством кнопок «Копировать рисунок (таблицу) в буфер обмена». Все полученные расчетные данные записываются в промежуточные рабочие файлы.

Рис. 1. Главное окно с исходными данными.

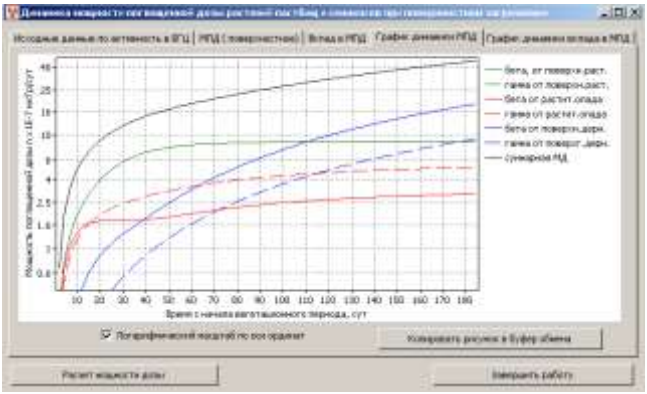


Рис. 2. Табличная форма представления результатов расчета.

Литература

1. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.

2. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2018661251 «Динамика мощности поглощенной дозы сельскохозяйственных растений при осаждении радионуклидов из атмосферы» дозиметрической модели облучения сельскохозяйственных растений при хронических радиоактивных выпадениях».

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАММА-ФОНА НА ТЕРРИТОРИЯХ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Д.П. Плахотняя[1], Б.П. Костырев[1], Е.А. Бураева[2]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета г. Ростов-на-Дону, Россия

Необходимость мониторинга радиоэкологической обстановки на различных природных и урбанизированных территориях является важной составляющей комплекса защитных мер, направленных на предотвращения возникновения различных радиоактивых аномалий, которые могут негативно влиять на окружающую среду и здоровье человека.

Краснодарский край можно условно поделить на 2 основные части: северную равнинную и южную горную. Обе части отличаются не только своим рельефом, но и преобладающим видом почв, разнообразными полезными ископаемыми, добываемыми на них, степенью заселенности, а также видами деятельности, обусловленными различными особенностями рельефа.

Пешеходная гамма-съемка проводилась в городе Краснодаре, городе Большой Сочи, городе Новороссийске, городе Анапе, городе Туапсе, станице Стародеревянковской и в курорте Роза Хутор. Сбор данных гамма-фона производился дозиметром-радиометром ДКС-96.

Большинство значений МЭД на исследованных территориях находятся в диапазоне от 0,10 мкЗв/ч до 0,20 мкЗв/ч. В некоторых населенных пунктах значения МЭД гамма-излучения выходят за рамки этого диапазона. На это может влиять множество внешних факторов.

Данные МЭД по городам Анапе (0,11 мкЗв/ч), Туапсе (0,12 мкЗв/ч), Большой Сочи (0,11 мкЗв/ч), а также курорту Роза Хутор (0,11 мкЗв/ч) невысоки относительно остальных участков, что может быть объяснено тем, что эти населенные пункты расположены преимущественно в горной местности, что не

предполагает возделывание пашен или строительство особо крупных промышленных предприятий.

В городах Новороссийске (0,17 мкЗв/ч), Краснодаре (0,14 мкЗв/ч), и станице Стародеревянковской(0,14 мкЗв/ч), данные измерений будут выше, так как Новороссийск является крупным центром цементной промышленности, а в Краснодаре сосредоточенно большое количество заводов и предприятий. Высокий показатель станицы объясняется тем, что вокруг населенного пункта расположено большое число сельскохозяйственных угодий, которые регулярно обрабатываются различными минеральными удобрениями, что несколько повышает количество радионуклидов в почвах.

В заключение можно добавить, что МЭД гамма-излучения не превышает допустимый гамма-фон, установленный “Нормами радиационной безопасности” [1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г № 47 с 01 сентября 2009 г.

АНАЛИЗ РИСКОВ В СИСТЕМЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Д.И. Покровская
Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

В настоящее время Парижское соглашение, принятое в декабре 2015 г. на 21-й сессии Конференции сторон РКИК ООН, вступившее в силу в ноябре 2016 г., ратифицированное Российской Федерацией, рассматривается, как один из ключевых

документов по мерам реагирования на климатические изменения, которым координируются усилия государств по сокращению выбросов парниковых газов.

Независимо от ратификации, Парижское соглашение создает для России серьезные риски, связанные с изменениями, прежде всего, в мировой энергетике.

На уровне экспертов и специалистов [1] проведены исследования с целью оценки влияния Парижского соглашения на российскую экономику. При этом была использована разработанная модель общего равновесия под названием Economic Projection and Policy Analysis (EPPA).

При этом рассматривалось несколько сценариев:

1) базовый;

2) сценарий простого достижения сторонами Парижского соглашения поставленных в INDC целей;

3) сценарий недопущения роста температуры более чем на 2°C.

Базовый сценарий предполагает продолжение всеми странами текущей политики в области энергетики и климата без учета INDC, представленных в рамках подготовки Парижского соглашения.

Сценарий «INDC» предполагает, что цели, заявленные странами на 2030 г., будут достигнуты, а после этого дополнительные усилия по сокращению выбросов не будут предприниматься. Также рассматриваются два сценария «2 градуса», в рамках которых усилия по сокращению выбросов после 2030 г. должны интенсифицироваться, и это должно не допустить роста средней температуры выше, чем на 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом, и достичь формальную цель Парижского соглашения.

Меры по сокращению выбросов будут приводить к росту потребительских цен на ископаемое топливо за счет включения в цену платы за связанные с его сжиганием выбросы. В то же время цены производителей топлива не включают эту плату, а понижающее воздействие на эти цены оказывает сокращение спроса на энергоносители [2].

Для России одновременное снижение цен и спроса на энергоносители ведет к падению экспортных доходов и, как следствие, общих темпов экономического роста для стран, являющихся экспортерами нефти и газа [3]. По результатам моделирования оказывается, что реализация странами своих INDC может привести к падению среднегодовых темпов прироста российского валового внутреннего продукта (ВВП) на 0,2—0,3 п.п. к 2030 г. по сравнению с базовым сценарием. При этом дальнейшее ужесточение климатической политики в мире неизбежно повлечет дополнительное сокращение темпов прироста ВВП примерно на 0,5 п.п. в период с 2035 по 2050 г.

Для снижения этих рисков России необходимо диверсифицировать национальную экономику. Диверсификация на уровне государства предполагает разработку системы управления и компенсационных механизмов, способных обеспечить стабильность и устойчивое развитие

Литература

1 Аналитический доклад: Риски реализации Парижского соглашения для экономики и национальной безопасности России, 2016 // Сайт: «www.ipem.ru» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.ipem.ru./files/files/other/doklad_riski_realizacii_klimaticheskogo_soglasheniya_dlya_ekonomiki_i_nacionalnoy_bezopasnosti_rossii.pdf (дата посещения 20.03.2021).

2 Пальцев С.В., Калинина Е.Б. Прогнозирование эмиссий парниковых газов: Россия в глобальной системе // Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до и после 2050 г. / Под ред. И.А. Башмакова. М.: ЦЭНЭФ – 2014. – С. 153—169.

3 Макаров И.А., Соколова А.К. Оценка углеродоемкости внешней торговли России // Экономический журнал Высшей школы экономики. – Т. 18. – № 3 – 2014. – С. 477—507.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ВОЛГОДОНСКА

И.С. Ревнивцев[1], Е.А. Бураева[2]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Радиоэкологическая безопасность, представляющая собой совокупность условий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности населения и устойчивое состояние природных экосистем, является одной из важнейших составляющих национальной безопасности. Изучение распределения искусственных радионуклидов в почвах и исследование гамма-фона являются важнейшими задачами в области охраны окружающей среды и населения.

Целью данной работы являлось изучение содержания радионуклидов (^{137}Cs, ^{232}Th, ^{226}Ra, ^{40}K) в почвах и измерение гамма-фона на территории г. Волгодонска Ростовской области.

Измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД) на территории исследования выполняли с помощью дозиметра-радиометра ДРБП-03. Почвы отбирались на территории промышленных предприятий г. Волгодонска. Для подготовки проб почв использовались стандартные методики. Измерение удельной активности радионуклидов проводилось с помощью гамма-спектрометра “Прогресс Гамма”.

Показано что распределение МЭД гамма-излучения в г. Волгодонске приближается к нормальному. Средние (0,10 мкЗв/ч) и модальные значения (0,09 мкЗв/ч) МЭД согласуются в пределах стандартной ошибки.

Средние удельные активности искусственного радионуклида ^{137}Cs (6,2 Бк/кг) и естественных радионуклидов ^{232}Th (30,3 Бк/кг), ^{226}Ra (19,8 Бк/кг), ^{40}K (438,0 Бк/кг) характерны для Ростовской области и зоны наблюдения Ростовской АЭС. Полученные результаты удельных активностей данных радионуклидов ниже, чем в исследованиях [1]. Это может быть обусловлено тем, что

образцы почв в данном исследовании отбирались в районе размещения промышленных предприятий г. Волгодонска с преимущественно песчаными пойменными почвами (речные пески Ростовской области отличаются низким содержанием естественных радионуклидов).

Гамма-фон на территории г. Волгодонска варьируется в пределах 0,10 мкЗв/ч и сопоставим с показаниями пунктов автоматизированной системы контроля радиационной обстановки, расположенных на территории города [2].

Удельная активность ^{137}Cs в почвах г. Волгодонска не превышает предпусковые значения удельной активности («нулевой фон»). Радионуклид с течением времени равномерно распределяется по слоям почвы. Удельная активность ^{232}Th, ^{226}Ra, ^{40}K характерна для Ростовской области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852–2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 Бакаева Е., Бураева Е.А., Игнатова Н.А. Динамика профилей ^{137}Cs промывного типа и токсичность почв в зоне наблюдения Ростовской АЭС. АЭС. // Глобальная ядерная безопасность. – 2011. – Вып.1. – С. 33-38.

2 Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Радиационная обстановка на предприятиях Росатома. [Электронный ресурс] Режим доступа https://www.russianatom.ru/ (дата посещения 29.11.2020).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАММА- И БЕТА- ФОНА В СЗЗ И ЗН «НИФХИ ИМ Л.Я. КАРПОВА»

К.В. Свинарев, О.А. Мирзеабасов, Б.И. Сынзыныс
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Предприятия, занимающиеся атомной промышленностью или фармацевтическим производством являются основными источниками возникновения техногенного радиационного фона. Для населения, проживающего в ближайших населенных пунктах, этот фон может представлять опасность. В г. Обнинск одним из таких источников техногенных радионуклидов является филиал «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» [1].

В связи с этим актуальным является периодический мониторинг радиационного фона вокруг подобных предприятий для оценки его воздействия на население. Для мониторинга техногенного фона применяются различные методики. Основным способом контроля радиационного фона предприятием является мониторинг в точках контроля, расположенных на территории предприятия. Однако такой способ контроля позволяет лишь приблизительно оценить влияние создаваемого радиационного фона на ближайшие населенные пункты.

Более надежным методом оценки радиационных рисков на население является непосредственный мониторинг радиационного фона в населенных пунктах. Данный мониторинг проводится при помощи специальных измерительных устройств способных регистрировать ионизирующее излучение. Такие данные являются наиболее достоверными для последующей оценки рисков, в то время как данные мониторинга с предприятия являются вспомогательными [2].

Целью данной работу является измерение радиационного фона в СЗЗ и ЗН «НИФХИ им Л.Я. Карпова» для последующей оценки его влияния на жителей ближайшего дачного поселка. Измерения производятся при помощи дозиметра-радиометра

МКС-15Д «Снегирь», способного регистрировать гамма- и бета-излучение.

По собранным измерениям составляется ГИС-карта местности. Благодаря этим картам можно рассчитать дозу, которую может получить человек, находясь на данной территории, а также оценить связанные с этой дозой риски.

Литература

1 Отчет по экологической безопасности «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» за 2019 год // Сайт «Росатом» [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.rosatom.ru/upload/iblock/e50/e50aa4282c4178acbbdde22f2f57c5c0.pdf (дата посещения: 09.03.2021).

2 МР 2.6.1.0063-12. 2.6.1. «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта, в условиях его нормальной эксплуатации и радиационной аварии. Методические рекомендации» (по состоянию на 9 марта 2021 г.) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

РАДИОНУКЛИДЫ В НАТИВНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗВАОННЫХ ПОЧВАХ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А.В. Сивцов[1], Д.А. Козырев[2], С.Н. Горбов[2], Е.А.Бураева[3]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия
[3] – НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Особое внимание в радиоэкологии уделяется оценке доз облучения населения от различных источников ионизирующих излучений. В рамках города повышенное внимание уделяется определению естественной радиоактивности территорий и почв населённых и природных районов, это необходимо для

выявления зон с повышенным уровнем содержания радионуклидов. Деградация городских почв протекает по различным сценариям, таким как промышленные выбросы (нефтепродукты, бензапирен, тяжёлые металлы), загрязнение строительным и бытовым мусором, за счет автомобильных выхлопов. Однако самый внушительный урон почвенному покрову наносится за счёт отчуждения территорий под строительные объекты и дороги. В этот момент нарушается целостность почвенного профиля, происходит его погребение насыпными слоями или даже сплошным покрытием, такими как тротуар, каменная укладка, асфальт. Поэтому изучение процессов почвообразования в условиях города, а также свойств антропогенно-преобразованных почв весьма актуально и требует детального рассмотрения проблемы [1].

Целью данного исследования является оценка распределения основных дозообразующих естественных радионуклидов (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) в антропогенно-преобразованных и нативных почвах Ростовской агломерации. Использовались стандартные методики отбора и подготовки почвенных проб.

Содержание естественного радионуклида ^{226}Ra в исследуемых почвах Ростовской агломерации в среднем варьирует в пределах от 23 до 25 Бк/кг. При этом максимальные концентрации данного элемента фиксировались только в нативных почвах. Известно, что радий не входит в состав отдельных минералов, а широко распространен в виде включений во многих образованиях. Процессы миграции ^{226}Ra в почвах, его поглощение и накопление растениями существенно зависят от путей поступления и прочности закрепления данного элемента в сложной многокомпонентной системе, какой и является почва. Максимальная концентрация ^{40}K была обнаружена в антропогенно-преобразованных почвах (при его среднем содержании 440 Бк/кг). Удельная активность ^{232}Th во всех исследуемых почвах Ростовской агломерации изменялась в пределах от 18 до 37 Бк/кг. Статистический анализ показал, что данные по радионуклидам из нативных и антропогенно-преобразованных почв статистически не различимы.

Интенсивное землепользование в рамках города ускоряет деградацию почв. В ходе исследования не было выявлено существенных различий в содержании радионуклидов между нативными и антропогенно-преобразованными почвами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 Бураева Е.А., Малышевский В.С., Вардуни Т.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Гончаренко А.А., Гончарова Л.Ю., Тоцкая В.С., Нефедов В.С. Содержание и распределение естественных радионуклидов в различных типах почвы Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 4. – С. 269

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В ГОРНОЙ АДЫГЕЕ

У.А. Сидорина[1], Е.Ю. Антонова[1], Е.А. Бураева[2]
[1] – Южный федеральный университет, физический факультет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

В течение многих лет основной целью исследований, проводимых в области радиоэкологии, была оценка влияния радиоактивности на здоровье человека. Они проводились, прежде всего, путем изучения сельскохозяйственных пищевых цепочек [1]. В последнее время появилась концепция защиты окружающей среды от ионизирующего излучения [2].

Целью настоящей работы является оценка радиоэкологической ситуации на территории Республики Адыгея; анализ распределения основных дозообразующих естественных радионуклидов (ЕРН, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) и

искусственного радиоцезия ^{137}Cs в почвах, мхах, лесной подстилке и грибах отобранных в разных точках региона.

Образцы отбирали в 2012-2019 годах преимущественно на площадках с различными почвами, растительным покровом, условиями водного режима и на разных элементах рельефа. Пробоподготовка почв и растительности стандартная. Удельную активность радионуклидов в образцах определяли гамма-спектрометрическим методом на спектрометре «Прогресс-гамма сцинтилляционный».

Таблица 1

Радионуклидный состав компонентов экосистем

Объект	$A_{уд}$, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Почва	0,1-284,8 ср. 35,0	2-284,1 ср. 29,5	0,9-55,4 ср.29,3	101,0-992,0 ср.429,3
Грибы	2,7-1194,0 ср. 207,0	0,7-146,0 ср. 36,5	0,8-214,0 ср. 62,3	1,2-6148,0 ср. 1693,8
Мох	2,8-683,6 ср. 82,8	0,1-71,5 ср. 11,2	0,1-105,0 ср. 12,9	5,0-4278,0 ср. 304,5
Опад	0,2- 62,7 ср. 14,8	2,0-25,1 ср. 10,8	1,8-59,2 ср. 18,0	31,0-792,0 ср. 259,2

Как правило (Табл. 1), содержание естественных радионуклидов в образцах мхов и опада невысокое, ниже или соответствует содержанию ЕРН в почвах. При этом искусственного радиоцезия в отдельных пробах мха и опада фиксируется достаточно много. Практически во всех образцах грибов отмечается высокое содержание ^{40}K (800-3000 Бк/кг высушенной массы (всм)). При этом, в почвах исследуемых территорий ^{40}K, в среднем содержится 300-500 Бк/кг. Искусственный ^{137}Cs несмотря на то, что это активный хорошо растворимый щелочной металл – фиксируется только в отдельных пробах грибов.

В целом, на исследуемых участках с разным типом почвы и на различных элементах рельефа наблюдаются различия в содержании как искусственного радионуклида ^{137}Cs, так и естественных ^{40}K, ^{226}Ra, ^{232}Th в компонентах экосистем.

Стоит отметить и возможность механического загрязнения радионуклидами растительных образцов почвенными частицами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Государственное задание в области научной деятельности, Южный федеральный университет, 2020 г.).

Литература

1. Федеральное Агентство Научных организаций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства», Экологические проблемы современного овощеводства и качество овощной продукции Вып.1, Российская академия естественных наук: ФГБНУ ВНИИО, Москва, 2014. — С. 544.

2. Dragovic S., Mihailovic N., Gajic B. Quantification of transfer of ^{238}U, ^{22}6Ra, ^{232}Th, ^{40}K and ^{137}Cs in mosses of a semi-natural ecosystem // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010 –P. 159-164.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ДЛЯ ОЦЕНКИ СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ 30-ТИ КМ ЗОНЫ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОДЭК

И.Е. Титов[1], В.В. Кречетников[1], Е.И. Карпенко[1], В.М. Соломатин[2], Е.О. Кречетникова[1]

[1] – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

[2] – Частное учреждение «ИТЦП «Прорыв», г. Москва, Россия

Для повышения эффективности системы радиационно-экологического мониторинга возникает необходимость разработки и внедрения цифрового двойника результатов обследования территории размещения ЯРОО, то есть инструмента, моделирующего процессы воздействия объекта на окружающую среду. Цифровой двойник представляет собой виртуальную копию физического мира, виртуальную модель реального объекта или ситуации, которая на микро- и

макроуровне с помощью набора математических моделей описывает состояние объекта и всех его элементов. Создание и внедрение таких цифровых объектов возможно, как на стадии планирования размещения и проектирования, так и на стадии эксплуатации ЯРОО.

В соответствии с проектом «Прорыв» на территории Сибирского химического комбината (АО «СХК») ведется строительство и планируется ввод в эксплуатацию опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК).

На основе ГИС технологий разработан цифровой двойник для оценки современной радиоэкологической обстановки 30-ти км зоны в районе размещения ОДЭК. Работы по создания велись в программном модуле ArcMap 10.5, входящем в состав пакета ArcGis. Для создания цифрового двойника были использованы данные, полученные в результате проведенного комплексного радиоэкологического обследования в районе расположения ОДЭК. При разработке двойника использовалась обобщенная информация о составе и содержании радионуклидов, тяжелых металлов в объектах окружающей среды на территории 30-км зоны ОДЭК, а также информация о характеристиках объектов сельского хозяйства, водных и лесных объектов.

Созданный цифровой двойник представляет собой виртуальную модель, описывающую с помощью набора математических моделей и карт реальную радиоэкологическую обстановку 30-ти км зоны, который прошел тестирование и верификацию сотрудниками АО «СХК». Его внедрение и использование в значительной степени позволит оптимизировать систему мониторинга организации.

Для информирования местных органов управления и населения Томской области, проживающего в непосредственной близости от Сибирского химического комбината о достоверной актуальной радиоэкологической информации о качестве окружающей среды на основе цифрового двойника, был издан атлас радиоэкологической обстановки 30-км зоны ОДЭК.

В целом, полученные результаты могут быть использованы для оценки радиологической безопасности ОДЭК в условиях нормальной работы и в аварийных ситуациях, при различных

вариантах загрузки РУ БРЕСТ-ОД-300, а также для оптимизации программ радиационного контроля для ОДЭК.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИГИЕНА ПОМЕЩЕНИЙ

Н.С. Тутова, П.А Белоусов, Г.К. Игнатенко, А.Б. Комиссаров
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

На сегодняшний день учеными накоплена значительная база с результатами радиационного воздействия и других факторов, влияющих на живые организмы, так же, разработаны, согласованы и введены в действия инструкции по обеспечению радиационной безопасности.

Известно, что облучение населения в повседневной жизни формируется за счет трех основных источников излучения: природных, техногенных и медицинских. В условиях отсутствия радиационных аварий вклад природных источников излучения в суммарные дозы облучения населения составляет около 70-80%, а практически вся остальная часть суммарных доз приходится на долю медицинского облучения, поскольку вклад техногенных источников не превышает 1%.

По материалам ООН, в ежегодном облучении населения доля воздействия радиоактивных продуктов составляет 0,7%, от работы атомных электростанций – 0,3%, при медицинских обследованиях – 34%, от естественных природных факторов – 22%, а от распада радона (и его дочерних продуктов) – 43%

Цель исследования: Разработать автоматизированную систему контроля радиоэкологической гигиены помещений.

Измерения концентрации радона, температуры и влажности в помещениях ИАТЭ НИЯУ МИФИ показали следующие результаты:

Рис. Изменение концентрации радона в течение времени.

Для проведения контроля за соблюдением допустимой дозы облучения работников природными источниками ионизирующего излучения администрация организации устанавливает контрольные уровни воздействия радиационных факторов (по мощности дозы гамма-излучения на рабочих местах, среднегодовому значению эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе зоны дыхания и интенсивности ингаляционного поступления аэрозолей долгоживущих природных радионуклидов с вдыхаемым воздухом) в зависимости от состояния радиационной обстановки в организации.[1]

Литература

1 Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. (СП 2.6.1.1292-03). - М.: Минздрав России,2003. – 37с.

2 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ - 99/2010): СП 2.6.1.2612-10): зарегистрирован 11 августа 2010 г. Регистрационный No 18115. – М.: Минюст России.

ПРИМЕНИМОСТЬ ФЕРРОСУЛЬФАТОНОГО ДОЗИМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ

В.А. Харламов, И.В. Полякова, С.А. Горбатов,
А.Ю. Шестериков, Д.В. Крыленкин
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Нетермальная плазма атмосферного давления представляет собой ионизированный газ с температурой, позволяющей применять ее для воздействия на биообъекты, в основном, с целью бактерицидной обработки. В процессе генерирования плазмы образуются свободные радикалы [1], вызывающие окислительные повреждения мембран и ДНК. Актуальным представляется количественное описание окислительных процессов, происходящих при плазменной обработке.

Цель исследования – изучить применимость ферросульфатного дозиметра (дозиметр Фрикке) для измерения окислительных свойств нетермальной плазмы.

Исследуемый источник нетермальной плазмы разработан в ФГБНУ ВНИИРАЭ (Обнинск). Основу аппаратурного комплекса составляет малобюджетный магнетронный СВЧ-генератор диапазона 2,45 ГГц [2].

В качестве объекта использовали дозиметр Фрикке: водный раствор соли Мора 0,392 г/л (0,001 М), в который добавляли 26,8 мл/л концентрированной серной кислоты (0,4 М) и 0,06 г/л NaCl. Аликвоту объемом 20 мл наливали в пластиковые контейнеры емкостью 50 мл с плотно закрывающейся крышкой (столб жидкости равнялся 10 мм). Обработку пробы нетермальной плазмой проводили на расстоянии 45 мм от источника до поверхности жидкости в течение 30 сек, 1 мин, 5 мин, 10 мин.

Определение концентрации Fe^{3+} проводили на следующий день после обработки, измеряя оптическую плотность при длине волны 304 нм на спектрофотометре СФ-2000 (ЗАО «ОКБ СПЕКТР», Санкт-Петербург, Россия). Контролем служил необработанный раствор.

Результаты эксперимента по определению концентрации ионов Fe^{3+} представлены на рис. 1.

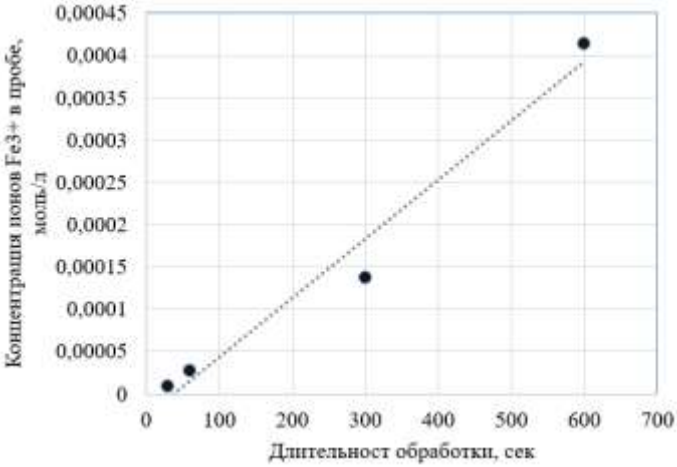


Рис. 1. Концентрация трехвалентного железа, образовавшегося в результате окисления двухвалентного железа, в пробе (ферросульфатный дозиметр), обработанной нетермальной плазмой.

Выводы:

1. Под воздействием нетермальной плазмы в пробе ферросульфатного дозиметра образуются окислители, определяемые по переходу железа из двухвалентного в трехвалентное (пик поглощения при длине волны 304 нм).

2. Изменение концентрации окисленной формы железа от длительности обработки имеет зависимость, близкую к линейной.

3. Ферросульфатный дозиметр может применяться для количественной оценки окислительного потенциала нетермальной плазмы.

Литература

1 Анализ активных продуктов излучения плазмы искрового разряда, определяющих биологические эффекты в клетках / И.П. Иванова и др. // Современные технологии в медицине. –2012. – № 2. –С. 20-30.

2 The Low-Cost Microwave Source of Non- Thermal Plasma / V. Tikhonov et al. // 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). Tomsk, Russia. – 2020. – P. 596 - 599.

ДОЗА ОБЩЕГО ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА-131

И.К. Хвостунов, В.В. Крылов, А.А. Родичев, Н.Н. Шепель, О.Н.Коровчук, Т.Ю. Кочетова
МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

В процессе радиойодтерапии (РЙТ) при раке щитовидной железы следует учитывать побочное воздействие ионизирующего излучения на весь организм пациента.

Поскольку депо фиксации ^{131}I в ЩЖ у таких пациентов отсутствует, то имеется возможность оценить вклад общего внутреннего облучения при условии достаточно быстрого выведения ^{131}I из организма [1].

В настоящей работе был выполнен анализ результатов цитогенетического обследования группы из 38 пациентов с диагнозом рак ЩЖ. По данным каждого из 63 обследований была рассчитана доза общего облучения с учетом эффекта мощности дозы [2]. Средняя доза в группе по частоте дицентриков и центрических колец ставила 0,73±0,09 Гр, а по частоте транслокаций – 1,09±0,15 Гр. Методом множественной корреляции был выполнен анализ значимости 8 различных клинико-диагностических показателей пациентов по отношению к оценке дозы. Были исследованы следующие показатели: терапевтическая активность ^{131}I (Act, мКи), возраст (Age, лет), пол, время, проведенное пациентом в «активной палате» (ΔT, час), наличие метастазов (mst), уровень онкомаркера (тиреоглобулина) в сыворотке крови (TG, нг/мл), титр антител к TG (aTG мЕД/л) и кратность курсов РЙТ (Rate, один курс или больше одного). Исследовалась взаимосвязь частоты стабильных и нестабильных аберраций до и после приема препарата ^{131}I, а

также рассчитанной по частоте аберраций дозы от перечисленных выше показателей. В табл. 1 представлены коэффициенты корреляции соотношения общей дозы (Dose) и показателей при однократном курсе РЙТ.

Таблица 1

Корреляционная матрица зависимости общей дозы внутреннего облучения, оцененной по частоте суммы дицентриков и центрических колец, от персональных клинико-диагностических показателей пациентов при однократном курсе РЙТ

	Dose	Age	Sex	Act1	ΔT	TG	aTG	Rate	mts
Dose	1,0								
Age	0,05	1,0							
Sex	0,02	0,16	1,0						
Act1	0,19	0,75	-0,02	1,0					
dT	0,01	-0,18	-0,10	-0,18	1,0				
TG	-0,04	-0,22	0,07	-0,32	-0,02	1,0			
aTG	0,11	-0,05	-0,36	0,18	-0,09	-0,06	1,0		
Rate	0,26	0,23	-0,09	0,39	-0,29	0,01	0,15	1,0	
mts	0,02	-0,14	-0,18	-0,22	-0,01	0,15	0,02	0,37	1,0

В результате не была выявлена значимая (на уровне R>0,3) зависимость дозы внутреннего облучения ни от одного из показателей, но была обнаружена высокая степень зависимости (на уровне R>0,7) частоты стабильных и нестабильных радиационных маркеров, как до, так и после РЙТ, от суммарной введенной активности ^{131}I за все предшествующие курсы РЙТ.

Литература

1 Willegaignon J., Malvestiti L.F., Guimara˜es M.I.C. et al. 131-I effective half-life (Teff) for patients with thyroid cancer // Health Physics. – 2006. – V.91, – № 2. – P. 119–122.

2 Khvostunov I.K., Saenko V.A., Krylov V.V., Rodichev A.A., Yamashita S. Cytogenetic biodosimetry and dose-rate effect after

radioiodine therapy for thyroid cancer // Radiation and Environmental Biophysics. – 2017. – V 56. – № 3. – P. 213–226.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЛОЩАДКЕ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА

Т.Т.К. Чинь, О.А. Момот
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Научно-исследовательский физико-химический институт имени Л.Я. Карпова (АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова») является радиационно опасным объектом, вследствие этого возможно его влияние на окружающую среду, которое влечет радиоактивное загрязнение [1]. Контроль и мониторинг за состоянием растительности является одним из требований для экологического контроля. Концепция переноса из почвы в растение основана на существовании взаимосвязи между содержанием радионуклида в почве и растении.

Целью данного исследования было определить содержание и параметры накопления гамма-излучающих радионуклидов (^{40}K, ^{226}Ra, ^{232}Th и ^{137}Cs) растительностью применительно к площадке зоны наблюдения НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

В качестве объекта исследования выбрана вся надземная часть растений таких групп как травянистые растения, деревья, кустарники. Образцы почвы отбирались с глубин 10-20 см. Точки отбора располагались на территории, находящейся в зоне влияния НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Анализ проводится для 7 проб растительности и соответствующих им 7 пробам почв.

Определение удельной активности радионуклидов ^{40}K, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{137}Cs в почве и растительности проводили на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс» (в НИЯУ МИФИ, кафедра №1). Коэффициент накопления (КН)

использовался для количественной оценки поступления радионуклидов из почвы в растения.

На основании полученных экспериментальных данных можно заключить следующее. Удельная активность радионуклидов в образцах растительности варьировала в диапазоне 201,2-761 Бк/кг для ^{40}K, 1,01-2,46 Бк/кг для ^{137}Cs, и 0,68-7,44 Бк/кг для ^{232}Th. Радионуклид ^{226}Ra в растительности был обнаружен только в 2 пробах. Коэффициенты накопления для ^{40}K составляют от 0,56 до 2,30, что соответствует слабому накоплению по аккумуляции растениями химических элементов КН (1-10). Значение КН для ^{137}Cs составляют от 0,16 до 0,39 и для ^{232}Th от 0,04 до 0,34, что соответствует отсутствию аккумуляции [2]. В растительности КН изменяется в порядке $^{40}K > {}^{137}Cs > {}^{232}Th > {}^{226}Ra$. В работе также рассматривались факторы, влияющие на накопление радионуклидов в растительности – гранулометрический состав и значения pH почвы.

Литература

1 Отчет по экологической безопасности АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» за 2019 год [Электронный ресурс]: Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 2008-2020. Режим доступа:https://www.rosatom.ru/upload/iblock/e50/e50aa4282c4178acbbdde22f2f57c5c0.pdf.

2 Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. Под общей ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ. – 2001 – 752 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ОБЛАСТНОМ АДМИНИСТРАТИВНОМ ЦЕНТРЕ РОСТОВЕ-НА-ДОНУ

А.Е. Шадин[1], Е.А. Бураева[2], А.Д. Ерчихин[1], Н.В. Ляхова[1], О.В. Каменев[1],
[1] – Физический факультет Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Основной целью работы являлась оценка радиоэкологического состояния приземного слоя воздуха атмосферы г. Ростова-на-Дону. Такая величина, как мощность эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения, является очень важной характеристикой, позволяющей увидеть ситуацию в целом и, в случае отклонений от нормы, свидетельствует о необходимости проведения дальнейшего изучения радиационной обстановки.

Измерения МЭД проводились в каждом районе г. Ростова-на-Дону, вследствие чего по совокупности данных для каждого района была получена целостная картина радиационной обстановки города.

Исследования проводились методом пешеходной гамма-сьемки вдоль основных улиц. Использовались дозиметры-радиометры: ДКС-96 и ДРБП-03. Измерения МЭД проводились на высоте 1 м от поверхности земли.

Ниже, на Рисунке 1, представлено распределение МЭД гамма-излучения на территории Ростова-на-Дону. Далее, в Таблице 1 приведены результаты статистической обработки данных МЭД гамма-излучения.

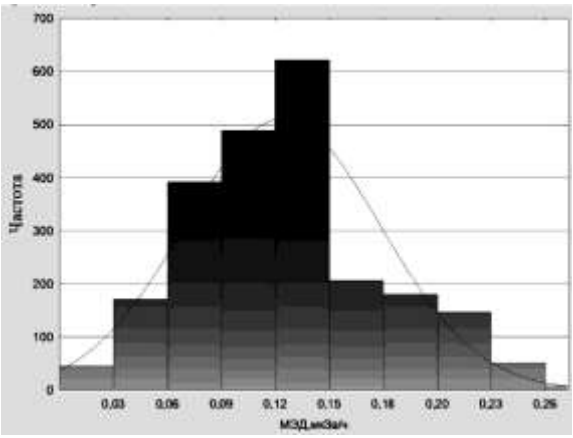


Рис. 1. Распределение МЭД гамма-излучения на территории Ростова-на-Дону.

Таблица 1

Распределение МЭД (мкЗв/ч) в г. Ростове-на-Дону

Среднее	0,13
Стандартная ошибка	0,001
Медиана	0,14
Мода	0,12
СКО	0,06
Дисперсия	0,003
Эксцесс	0,25
Асимметричность	0,47
Минимум	0,02
Максимум	0.41
Количество измерений	13225

Мода, медиана, среднее не имеют значительных различий, что говорит о нормальном распределении данных. Среднее значение МЭД в 0,12 мкЗв/ч и годовая эффективная доза 0,98 мЗв не превышают НРБ-99/2009 – 0,3 мкЗв/ч и 1мЗв соответственно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г № 47 с 01 сентября 2009 г.

ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ ВЗРЫВОВ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

С.В. Шилов
Сыктывкарский государственный университет,
г. Сыктывкар, Россия

Сжиженные углеводородные пропан-бутановые смеси широко используются в техносфере благодаря своей экологичности и относительно невысокой стоимости. Наибольшие риски, в силу больших объемов газа, для инфраструктуры, опасных промышленных объектов (в частности объектов использования атомной энергии) несут стационарные газгольдеры, железнодорожные газовые цистерны и автогазовозы. Просчет поражающих параметров является важным фактором безопасности объектов.

Для оценки возможной ударной волны взрыва таких емкостей существуют различные методики [1, 2]. Они позволяют оценить ударную волну, но в безветренную погоду. На практике сила ветра редко равно нулю. Поэтому более реальная оценка должна делаться с учетом сноса облака ветром. Это можно сделать на основе [3]. В работе оценена дальность сноса облака пропан-бутановых смесей при возможной разгерметизации емкостей и возникающее избыточное давление взрыва.

Все параметры взрыва находятся исходя из эффективного энергозапаса $E = 2 \cdot M_г \cdot q_г$ (где $M_г$ – масса газа, $q_г$ – его удельная теплота сгорания). Применение методики [2] дает важное преимущество – более точный расчет давления взрыва с учетом турбулизации потока вследствие загроможденности

пространства. В данной работе показано, что наиболее приближенно к реальной ситуации оценить давление взрыва можно с учетом сноса облака газовоздушной смеси ветром [3].

Проводить подобные расчеты можно в широком диапазоне объемов емкостей. Так, в табл. 1 приведены результаты для автомобильных емкостей от 5,07 м^3 до 31 м^3. В пределах радиусов $R_{раз}$ вероятность повреждения промышленных зданий при взрыве составляет 90% и больше. На безопасном расстоянии $R_{вос}$ вероятность восстановления зданий 90% и более.

Таблица 1

Радиусы зон разрушения, восстановления и поражения людей при взрыве в зависимости от объема сжиженного газа с учетом сноса облака ветром

Емкость, м^3	$R_{раз}$, м (ΔP, кПа)	$R_{вос}$, м (ΔP, кПа)	Вероятности разрыва перепонок и радиусы таких зон, м.	
			0%	50%
5,07	290 (87,3)	538 (9,7)	398	283
10	367 (87,8)	678 (9,7)	502	359
31	547 (87,4)	1001 (9,7)	742	535

Анализ состояния атмосферы показал, что наибольшая дальность переноса облака газа по ветру наблюдается для класса устойчивости F по Пасквиллу [3]. Именно этот сценарий рекомендуется нами для прогнозирования максимальных зон повреждения.

Расчеты показывают, что для зданий радиусы $R_{раз}$ зон разрушения при учете сноса облака увеличиваются примерно в 5-6 раз по сравнению с безветренной атмосферой.

Риск повреждения промышленных объектов можно найти как $P = P_{разг} \cdot P_{взрыва} \cdot P_{повр}$, где $P_{разг}$ и $P_{взрыва}$ – вероятность разгерметизации емкости и взрыва облака газа после аварии (из статистических данных). Величина $P_{повр}$ рассчитывается по [2].

Литература

1 Храмов Г.Н. Горение и взрыв. СПб. Изд-во СПбГТУ, 2007. - 278 с.

2 Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей». Серия 27. Выпуск 15. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследования проблем промышленной безопасности», 2015. – 44 с.

3 РБ Г-05-039-96. «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия» / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА РАДИАЦИОННО - ЗАЩИТНЫХ СТЕКОЛ

И.А. Ширманов, Е.Д. Стругов, М.В. Аладаилах, О.Л. Ташлыков
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

Широкое применение ядерной энергии во многих областях науки, медицины и промышленности влечет за собой развитие материалов радиационной защиты. Стоимость защиты современных ядерно-технических установок может составлять 20-30% стоимости сооружения, при этом толщина защиты может достигать больших размеров [1].

Оптимизация состава радиационно-защитных материалов применительно к планируемым условиям облучения имеет значительный потенциал в реализации принципа оптимизации, т.к. экранирование источника ионизирующего излучения является одним из основных методов воздействия на радиационный параметр [2].

В качестве материалов защиты на радиационно-опасных объектах могут быть использованы бетоны, полимеры, органические и неорганические материалы. Среди строительных материалов особое место занимают стекла, поскольку должны

обеспечивать одновременно визуальный контроль опасных зон и защиту от ионизирующего излучения. На сегодняшний день значительную долю среди всех радиационно-защитных стекол занимают свинцовые стекла, которые имеют ряд недостатков.

В настоящее время многие ученые мира, в том числе и Уральского федерального университета, проводят расчетно-экспериментальные исследования в области оптимизации состава защитных стекол. При этом используются стеклообразующие вещества на основе оксидов SiO_2, B_2O_3, P_2O_5, TeO_2, BaO с применением добавок в виде Al_2O_3, MgO, CaO, Na_2O и др.

В данной работе представлен обзор работ, выполненных в УрФУ в сотрудничестве со специалистами университетов Египта, Саудовской Аравии, ОАЭ Малайзии и других стран. Рассматривались стеклянные системы на основе B_2O_3-Na_2O, SiO_2 и P_2O_5 с добавлением соединений кадмия, висмута, иттрия и других перспективных элементов [4-7]. Проведено сравнение исследуемых образцов стекол для выявление оптимального их состава в качестве радиационной защиты.

В ближайшее время планируется проведение комплекса работ по исследованию активации стекол под действием нейтронного облучения и их радиационной стойкости совместно со специалистами АО «ИРМ».

Литература

1 Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений / М.: Энергоатомиздат, 1995. – 495 с.

2 Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Пути реализации принципа оптимизации в радиологической защите персонала // Ядерная физика и инжиниринг. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 393-401.

3 Mahmoud K.A., El-Agwany F., Rammah Y. S, Tashlykov O. L. Gamma ray shielding capacity and buildup factors of CdO doped Lithium borate glasses: theoretical and simulation study // Journal of Non-crystalline solids. 541 (2020) 120110.

4 Mahmoud K.A., Tashlykov O.L., Sayyed M.I., Kavaze E. The role of cadmium oxides in the enhancement of radiation shielding

capacities for alkali borate glasses // Ceramics International. – 2020. – V. 46. – Is. 15. – Pp. 23337-23346.

5 El-Agawanya F.I., Tashlykov O.L., Mahmoud K.A., Rammah Y.S. The radiation-shielding properties of ternary SiO_2–SnO–SnF_2 glasses: Simulation and theoretical study. // Ceramics International. – 2020. – V. 46. – Issue 15. – Pp. 23369-23378

6 Rammah Y.S., Mahmoud K.A., El-Agawany F.I., Tashlykov O.L., Yousef E. Tm3+ ions-doped phosphate glasses: nuclear shielding competence and elastic moduli // Applied Physics A. 2020 – V. 126 Issue 12, Artikle 927.

7 Sayyed M.I., Mahmoud K.A., Tashlykov O.L., Khandaker M.U., Faruque M. Enhancement of the Shielding Capability of Soda–Lime Glasses with Sb_2O_3 Dopant: A Potential Material for Radiation Safety in Nuclear Installations // Applied Sciences. 2021. – 11(1), 326.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ГОРНОЙ АДЫГЕИ

А.А. Ширяева[1], Е.А. Бураева[2]
[1] – Физический факультет Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2] – НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

Работа посвящена исследованию особенности распределения естественных радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K и искусственного ^{137}Cs в основных зональных и интразональных почвах горной Адыгеи. Модельной площадкой был выбран Майкопский район Республики Адыгея со следующими типами почв: луговая, аллювиально-дерновая, бурая лесная, ранкер лесной. В работе использовались данные радиоэкологических экспедиций с 2012 по 2018 годов. Удельную активность радионуклидов определяли гамма-спектрометрическим методом, используя сцинтилляционный спектрометр «Прогресс-гамма». Время набора спектра не превышало 24 часа. Погрешность измерений удельной активности радионуклидов не более 15%.

В целом, как показано на рисунке 1, распределение естественных радионуклидов во всех почвах района исследования стремиться к нормальному. Благодаря этому можно говорить о равномерности распределения ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K в данных почвах.

Распределение искусственного ^{137}Cs является одновершинным, ассиметричным, нужно отметить, что величина асимметричности является положительной, максимум функции распределения смещен влево относительно максимума нормального распределения. Коэффициент островершинности (эксцесс) отличен от нуля для луговых почв горных территорий, следовательно, можно говорить о неравномерности распределения ^{137}Cs по территории исследования.

В условиях сильно расчлененного горного рельефа имеет место накопление и переотложение радиоцезия в понижениях рельефа, на дне ущелий, у подножий гор. Это может приводить к изменению дозовых нагрузок от ^{137}Cs на различных элементах ландшафта (при характерных концентрациях радиоцезия на выровненных площадках 20-50 Бк/кг, на склонах и в понижениях рельефа удельная активность данного радионуклида может достигать уже 200-300 Бк/кг.

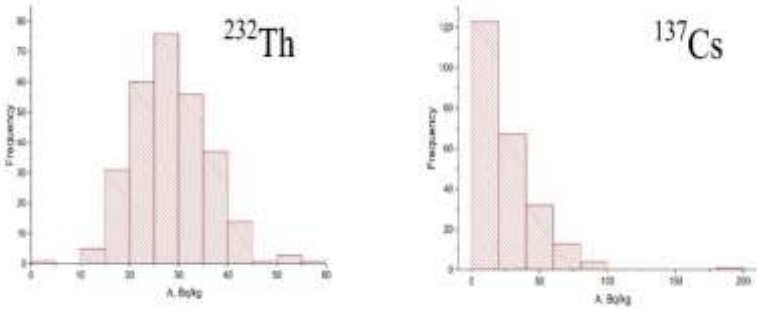


Рис. 1. Распределение удельной активности в слое 0-10 см в горных почвах

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ

Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032) / (БА30110/20-3-07ИФ).

Литература

1 Давыдов М.Г. Радиоэкология: учебник для вузов. / М.Г. Давыдов и др.– Ростов-на-Дону: Феникс, – 2013. – 635 с.

2 Бетенеков, Н.Д. Радиоэкологический мониторинг: учеб. пособие / Н.Д. Бетенеков. – Екатеринбург : Уральский университет, 2014. – 208 с.

СУТОЧНЫЕ ВАРИАЦИИ РАДИАЦИОННОГО ФОНА И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ОБНИНСКЕ

В.Н. Яхрюшин, О.Н. Полянская
ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

Для исследования суточных вариаций радиационного фона и метеорологических параметров использовались данные, полученные во время опытной эксплуатации новой модели воздухо-фильтрующей установки (УВФ) в Обнинске в период с 2007 по 2012 годы в ФБГУ «НПО «Тайфун». Установка оснащена датчиками атмосферного давления и температуры, а также бета- и гамма- датчиками, установленными под фильтрами УВФ.

Для анализа были выделены две представительные выборки, которые характеризуются наиболее длительным временем работы УВФ без замены фильтров и отсутствием отказов регистрирующей аппаратуры. Для этих наборов данных построены гистограммы распределений, рассчитаны основные статистические характеристики бета-, гамма-фона, температуры, атмосферного давления. Используя EMD метод, получены разложения временных рядов на составляющие и по ним произведена оценка циклических составляющих.

Для каждого временного ряда рассчитаны следующие параметры распределения: первый начальный момент (математическое ожидание $m1$), второй центральный момент (дисперсия $\mu 2$), третий центральный момент (асимметрия), четвертый центральный момент (эксцесс), основные моменты –

нормированные на дисперсию асимметрия γ1 и эксцесс γ2, а также минимальные и максимальные значения.

Для анализа временных рядов использован метод эмпирической декомпозиции (Empirical Mode Decomposition EMD), получивший в последнее время широкое распространение при анализе метеорологических данных. EMD метод впервые был предложен Н. Хуангом в 1995 г. для изучения поверхностных вод тайфунов, а его обобщение применительно к произвольным временным рядам было выполнено в 1998 г. и изложено в работе [1].

Применение EMD метода к выбранным рядам позволило выделить длиннопериодные повторяющиеся составляющие близкие к суточным для бета- гамма-фона и температуры. Колебания бета- и гамма-фона находятся в противофазе с колебанием температуры т.е. максимум бета- и гамма-фона приходится на минимум температуры, а минимум бета- и гамма-фона близок к максимуму температуры. Из анализа полученных кривых видно, что максимум в колебаниях бета-фона наступает раньше, чем максимум в колебаниях гамма-фона. Рассчитаное «запаздывание» для первой выборки составило 1,54 часа, для второй – 1,55 часа. В другой работе авторов [2] при анализе летнего сезонного хода бета- и гамма-фона рассчитанное «запаздывание» составило 1,4 часа. Подобное «запаздывание» зарегистрировано Томской обсерваторией радиоактивности и ионизирующего излучения «ТОРИИ» в работе [3].

В заключении, можно констатировать, что применение нового EMD метода к анализу временных рядов получаемых на УВФ позволяет выделять полезный сигнал и более точно описывать процессы, происходящие на УВФ во время отбора проб аэрозолей.

Литература

1 X. Huang N.E., Shen Z., Long S.R. et.al. The Empirical Mode Decomposition and Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis // Proc. R. Soc. Lond. A.–1998. –V.454– P. 903-995.

2 Волокитин А.А., Полянская О.Н., Яхрюшин В.Н. Обнаружение техногенных радиоактивных выбросов в приземном слое атмосферы при работе УВФ-2 в режиме реального времени. / Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: последствия и пути преодолений. Сб. труды конференции, Обнинск, 19-21 апреля 2016. Обнинск, 2016. – С. 84-92.

3 Нагорский П.М., Макаров Е.О., Фирстов П.П., Яковлева В.С. Радиационный γ/β – трассер опасных природных явлений. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.emsd.ru/conf2015lib/pdf/mon/Nagorskiy_etc.pdf (дата посещения 17.03.2021).

АНАЛИЗ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕЗИЕМ-137 НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

В.Н. Яхрюшин, А.Д. Уваров, С.М. Вакуловский, А.О. Епифанов
ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

ФГБУ «НПО «Тайфун» проводит регулярные экспедиционные обследования населенных пунктов субъектов Российской Федерации, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС. Вся полученная в ходе выполнения экспедиционных исследований информация поступает в банк данных (БД «Чернобыль»), который ведется нашей организацией с 1986 года. На основе данных БД «Чернобыль», формируется ежегодник «Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов РФ цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240», который регулярно размещается на официальном сайте ФГБУ «НПО «Тайфун» [1].

Целью настоящей работы являлся анализ текущих прогностических оценок загрязнения ^{137}Cs полученных по БД «Чернобыль» и сравнение их с данными, полученными в

последних экспедиционных обследованиях 2019-2020 годов проведенных в 85 населённых пунктах Брянской области.

В работе [2] было показано, что в загрязненной зоне существуют населенные пункты, в которых по сравнению с прогнозируемым средним уровнем загрязнения ^{137}Cs территории населенного пункта могут наблюдаться, как отклонения в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Следует отметить, что прогнозируемый средний уровень загрязнения ^{137}Cs территории населенного пункта в БД «Чернобыль» рассчитывается по всем пробам, полученным по данному населенному пункту, для каждой пробы рассчитывается поправка на распад ^{137}Cs на текущую дату и только после этого проводится расчет среднего значения уровня загрязнения.

Построим по выбранным населенным пунктам следующую гистограмму. Средний уровень загрязнения для населенного пункта возьмем из ежегодника [1], а по экспедиционным обследованиям, рассчитаем среднее значение уровня загрязнения для населенного пункта. Теперь, для каждого среднего значения уровня загрязнения, полученного по экспедиционным обследованиям, получим отклонение в процентах от среднего значения, взятого из ежегодника, и построим гистограмму отклонений.

При анализе гистограммы видно ее заметное смещение в отрицательную область. Это говорит о том, что кроме процессов распада, который приводит к уменьшению количества ^{137}Cs, имеются и другие процессы, влияющие на его количество (ветровой перенос, заглубление в почву ниже глубины опробования и вынос грунтовыми водами). При этом также видно, что основное число наблюдений с соответствующим отклонением от прогностической оценки близко к нулю. Это может означать, что изменение среднего уровня загрязнения населенных пунктов со временем происходит в основном в результате радиоактивного распада ^{137}Cs. Число наблюдений находящееся левее нуля, определяется в основном процессами, связанными с хозяйственной деятельностью человека, смывом и заглублением в почву ниже пределов отбираемого керна. Имеется также значительное число наблюдений расположенных

правее значения ноль, то есть населенные пункты, в которых содержание ^{137}Cs убывает медленнее, чем при учете только радиоактивного распада. Данные проведенных исследований по этому направлению представлены в работе [3].

Таким образом, анализ прогностической оценки загрязнения ^{137}Cs и экспедиционных данных последних экспедиционных обследований 2019-2020 годов для 85 населённых пунктов Брянской области, позволяет сделать вывод, что даже через 35 лет полученные прогностические оценки средней плотности загрязнения ^{137}Cs «с поправкой на распад» обладают высокой устойчивостью и не требуют какой-либо корректировки при соблюдении периодичности обследования, установленной в законе РФ № 1244-1 от 15.05.1991.

Литература

1 Вакуловский С.М., Яхрюшин В.Н. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов РФ цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 [Электронный ресурс]: Ежегодник / – Электрон. текстовые данные. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2020. – 224 с. – Режим доступа: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e6a/ezheg_rzrf_2020.pdf

2 Степаненко С.Р., Яхрюшин В.Н. Применение модели нестационарных случайных процессов для мониторинга и прогноза сложных систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях – 2006. – № 1. – С. 91-104

3 Вакуловский С.М., Колесникова Л.В., Тертышник Э.Г., Уваров А.Д., Яхрюшин В.Н. Исследование вторичного радиоактивного загрязнения населенных пунктов, расположенных на территории России, пострадавшей от аварии на Чернобыльской АЭС // АНРИ – 2014. – № 3. – С. 22-31

ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

В.Н. Яхрюшин, А.Д. Уваров, С.М. Вакуловский, А.О. Епифанов.
ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

ФГБУ «НПО «Тайфун» проводит регулярные экспедиционные обследования населенных пунктов субъектов Российской Федерации, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС. Обследования проводятся в рамках федеральных целевых и государственных программ, а также в рамках государственного задания Росгидромета. Был создан банк данных (БД «Чернобыль»), в котором по настоящее время собирается вся информация о загрязненности почв, полученная в ходе экспедиционных исследований. На основе БД «Чернобыль», формируется ежегодник «Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов РФ цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240», который размещается на официальном сайте НПО «Тайфун» [1].

В соответствии с [2] для населенных пунктов определены зоны радиоактивного загрязнения ^{137}Cs - 1-5, 5-15, 15-40 Ки/км^2 и определен их социально-экономический статус. А в [3] утвержден перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Целью настоящей работы являлось выполнение прогностических расчетов по определению года выхода, когда последний населенный пункт в области перейдет в более низкую по загрязнению зону или в ранг «чистых» на основе данных из БД «Чернобыль». В табл. 1 приведены результаты полученных оценок.

Таблица 1

Год перехода последнего населенного пункта области из зоны высокого загрязнения ^{137}Cs в зону с меньшим уровнем загрязнения

Область	1-5 Ки/км^2	5-15 Ки/км^2	15-40 Ки/км^2
Белгородская	2048		
Брянская	2180	2110	2063
Волгоградская	2020		
Воронежская	2044		
Калужская	2100	2030	
Курская	2050		
Ленинградская	2044		
Липецкая	2039		
Мордовия	2040		
Орловская	2077		
Пензенская	2050		
Рязанская	2054		
Тульская	2109	2039	

Приведенные в табл. 1 даты являются консервативными (максимальными). Прогностические расчеты были проведены только с учетом радиоактивного распада ^{137}Cs, процессы миграции радионуклидов вглубь почвы и их выноса грунтовыми водами не учитывались.

Результаты расчетов, представленные в табл. 1, показывают, что ни одного населенного пункта с уровнями загрязнения выше 15 Ки/км^2 не будет к 2063 г., к 2110 г. уровни загрязнения во всех населенных пунктах будут ниже 5 Ки/км^2, и после 2180 года не будет ни одного населенного пункта с уровнем загрязнения выше 1 Ки/км^2.

Литература

1 Вакуловский С.М., Яхрюшин В.Н. Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов РФ цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 [Электронный ресурс]:

Ежегодник / – Электрон. текстовые данные. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2020. – 224 с. – Режим доступа: https://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e6a/ezheg_rzrf_2020.pdf.

2 Закон о социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствии катастрофы на Чернобыльской АЭС (по состоянию на 16 марта 2021 г.) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

3 Постановление Правительства РФ № 1074 от 8 октября 2015. г. Об утверждении перечня населённых пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствии катастрофы на Чернобыльской АЭС (по состоянию на 16 марта 2021 г.) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

СЕКЦИЯ 4. БИОТЕСТИРОВАНИЕ И БИОИНДИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В ПРОРОЩЕННЫХ СЕМЕНАХ ЯЧМЕНЯ ПОСЕВНОГО *HORDEUM SATIVUM* ПОСЛЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ

С.О. Астахина, М.М. Рассказова, Л.Н. Комарова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Ионизирующее излучение оказывает сложное воздействие на живые организмы. При косвенном действии радиации образуются радиотоксины – заряженные ионы, радикалы, высокоактивные вещества перекисного типа, которые повреждают мембранные структуры, и, как следствие, происходит увеличение содержания малонового диальдегида (МДА). МДА – продукт окисления липидов в растительных тканях, что связано с активацией свободнорадикальных реакций в клетках [1].

Целью работы являлась оценка действия гамма-излучения в диапазоне доз от 2 до 50 Гр на количественное содержание МДА у пророщенных семян ячменя посевного (*Hordeum sativum*). Для эксперимента было выбрано 2 сорта – Витязь и Ладный. Облучение семян проводили на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (ФГБНУ ВНИИРАЭ) на установке «ГУР-120» с источником излучения ^{60}Co в дозах: 2, 5, 10, 15, 20, 25 и 50 Гр с мощностью дозы 58 Гр/ч. После облучения семена проращивались в рулонных культурах по 30 семян в термостате, по 3 рулона на каждую дозу гамма-излучения. На 5 день проращивания переносили рулонные культуры под фитолампу. На 10 сутки проводили измерения количественного содержания

МДА в ростках ячменя посевного, путем пересчета оптической плотности, которую определяли на фотометре КФК-3-01.

У пророщенных семян сорта Витязь статистически значимое повышение уровня МДА происходит при облучении их в дозах 2, 5, 10, 25 и 50 Гр на 18, 41, 31, 36 и 32% соответственно. У ростков сорта Ладный процесс перекисного окисления липидов идет интенсивнее при гамма-облучении в дозах 2, 5, 10, 25 и 50 Гр на 24, 57, 23, 28 и 42% соответственно.

Можно предположить, что при низких дозах с увеличением поглощенной дозы ионизирующего излучения повышается количество свободных радикалов, что является следствием нарушения антиоксидантно-прооксидантного гомеостаза и представляет собой важный компонент фенотипической адаптации [2]. При облучении в дозах 15 Гр и 20 Гр формируются адаптационно-приспособительные признаки: модулируется антиоксидантная и фитогормональная системы, усиливается интенсивность работы пентозофосфатного пути окисления глюкозы, который участвует в защите клетки от радиационно-индуцированного апоптоза [3]. Дальнейшее увеличение поглощенной дозы ионизирующего излучения вызывает крупномасштабные повреждения в мембранах, нарушая их функции и повышая содержание МДА.

Литература

1 Кияк Н.Я. Действие свинца на интенсивность процессов ПОЛ на разных этапах развития гаметофита мха Fumaria hygrometrica Hedw // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: тез. докл. науч. конференции. Сыктывкар. – 2007. – С. 187-189.

2 Ерофеева Е.А. Гормезис и парадоксальные эффекты у растений в условиях автотранспортного загрязнения и при действии поллютантов в эксперименте. дис. д. биол. наук. Нижний Новгород. – 2016. – 184 с.

3 Волкова П.Ю. Адаптивные реакции растений на действие ионизирующего излучения в низких дозах: диссер. докт. биол. наук. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ. 2020. – 390 с.

ОЦЕНКА ИНАКТИВАЦИИ КЛЕТОК *CHLORELLA VULGARIS* ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНОВ РТУТИ

А.А. Афонин, Е.Р. Ляпунова, Л.Н. Комарова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами, в частности, ртутью – одна из актуальных проблем современного мира, потому как сам металл, так и его производные являются высокотоксичными соединениями. Проблема ртутного загрязнения актуальна даже для водных и наземных экосистем в непосредственной близости, от которых отсутствуют локальные источники загрязнения металлом [1].

Целью работы являлась оценка влияния ионов на ртути на клеток *Chlorella vulgaris*.

В качестве объекта исследований выбрана одноклеточная зелёная водоросль *Ch. vulgaris*, культивируемая на 50%-ой жидкой среде Тамия. Воздействие оценивали по типам инактивации клеток методом микроколоний.

Существует три формы инактивации [2]:

1) M1 – микроколонии, состоящие из 10-40, а иногда и большего числа клеток;
2) M2 – микроколонии, содержащие 2-4 клетки;
3) M3 – одиночные клетки, т.е. гибель без деления.

Хлореллу выдерживали в растворах 1 ПДК (0,0005 мг/л) и 10 ПДК (0,005 мг/л) нитрата ртути (II) в течение 30 и 90 минут, после чего высеивали на питательную среду. Эффект воздействия оценивали на следующие сутки.

Высокая чувствительность водоросли к содержанию ртути в среде наблюдалась уже в первые полчаса воздействия для обеих концентраций, затем ингибирование роста клеток продолжалось. Воздействие ионов ртути в концентрации 1 ПДК снижает способность клеток к образованию колоний в 2 раза, а при концентрации в 10 ПДК – примерно в 4 раза, что связано с быстрым поглощением ионов клетками. Дальнейшее воздействие

продолжает угнетать образование колоний, что, видимо, связано с воздействием поглощенной ртути на внутриклеточные структуры и, соответственно, метаболизм, что приводит к подавлению роста численности клеток водоросли.

При воздействии ртути в течение 30 мин в обеих концентрациях наблюдается сопоставимая гибель клеток, прошедших только одно деление. Дальнейшее воздействие снижает образование подобных клеток только в концентрации 1 ПДК, что связано с адаптацией к воздействию металла и переходом части клеток в тип М1, тогда как в концентрации 10 ПДК клетки теряют эту возможность.

Воздействие ионов ртути в обеих концентрациях повышает выход клеток, погибших без деления, что видно на рис. 3, причем при воздействии поллютанта в концентрации 10 ПДК в течение 90 минут этот показатель превышает 50%.

Гибель клеток без деления мы объясняем генотоксичностью ртути, что выражается в прямом взаимодействии ионов ртути с тубулином и кинезином – белками цитоскелетных микротрубочек, что негативно влияет на внутриклеточную подвижность, транспорт и вызывает неправильное расхождение хромосом при делении клеток.

Литература

1 Шувырденков И.А., Гремячих В.А, Зарипов, В.Н. Предварительные данные по содержанию ртути в органах и тканях некоторых видов рыб и млекопитающих Ивановской области // Ртуть и другие тяжелые металлы в экосистемах. Современные методы исследования содержания тяжелых металлов в окружающей среде. – 2018. – С.72-73.

2 Капульцевич Ю.Г., Корогодин В.И., Петин В.Г. Анализ радиобиологических реакций дрожжевых клеток //Радиобиология. – 1972. – Т.12, – № 2. – С.267-274.

АНАЛИЗ ПРОРАСТАНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ФОТОСИНТЕЗА МУТАНТОВ *ARABIDOPSIS THALIANA* ДЕФЕКТНЫХ ПО КАЛЬЦИЕВОМУ СИГНАЛИНГУ ОПОСРЕДОВАННОМУ ПЕРЕКИСЬЮ ВОДОРОДА ПОСЛЕ СОЛЕВОГО СТРЕССА

Д.Д. Бабина, М.Ю. Подобед, Я.А. Манухина, А.А. Празян, М.С. Подлуцкий, П.Ю. Волкова
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Растения в течении вегетационного периода постоянно испытывают влияние экологических стрессоров разной природы, таких как повышенные температуры, засуха, засоление почвы, которые способны спровоцировать развитие окислительного стресса. Этот процесс в основном связан с генерацией активных форм кислорода (АФК). АФК могут быть как важными вторичными посредниками, так и триггерами развития окислительного стресса в клетке.

Растения, устойчивые к окислительным повреждениям, обычно демонстрируют большую устойчивость и к остальным стрессорам, благодаря так называемой кросс-адаптации [1]. Таким образом защита растений от АФК представляет большой интерес для прикладных областей биологии растений.

Водорастворимые токсичные соли, такие как хлорид натрия (NaCl), в высоких концентрациях стимулируют синтез активных форм кислорода. Пероксид водорода (H_2O_2) является основной долгоживущей АФК. В растительных клетках H_2O_2 вызывает приток ионов цитозольного и мембранного Ca^{2+} [2, 3]. Поэтому для изучения влияния засоления на АФК-опосредованный Ca^{2+} сигналинг был выбран модельный организм *Arabidopsis thaliana*: дикий тип (экотип Col-0) и линия *hpca1* (SALK_080742 и SAIL_840_E05), дефектная по Ca^{2+} сигналингу опосредованному H_2O_2.

Перед проращиванием семена растений *A. thaliana* прошли вернализацию при 4 °C в течении 7-ми дней. Далее семена были выращены на полусильной среде Мурасиге-Скуга с добавлением

различных концентраций NaCl (0, 50, 100, 150 и 200 мМ) в фитотроне (21 °С, влажность 55% и плотность фотосинтетического фотонного потока 80 мкмоль/м^{2}с). В процессе исследования оценивали динамику прорастания и параметры фотосинтеза (флуориметр Junior-PAM, Walz, Германия). Измерения параметров фотосинтеза у адаптированных к темноте растений, проводились для 3-х растений в двух экспериментальных условиях, поскольку при увеличении концентрации засоления происходит значительное изменение в структурной и функциональной организации хлоропластов, а также изменяется уровень накопления пигментов. Расчёт показателей прорастания, статистический анализ и построение графиков были выполнены с использованием MS Office Excel 2019, среды программирования R и программой Statistica 10.0 для Windows.

С увеличением концентрации NaCl происходила задержка прорастания. Так для проростков семян дикого типа происходит не только задержка, но и ингибирование прорастания с увеличением концентрации действующего агента. Выращивание семян линий *hpca1* SALK_080742 и SAIL_840_E05 на среде с добавлением 50 мМ NaCl показало стимуляцию прорастания, более выраженную для линии *hpca1* SAIL_840_E05.

Статистически значимое снижение параметров фотосинтеза, таких как исходный уровень флуоресценции, коэффициентов фотохимического тушения было отмечено для линии *hpca1* SALK_080742 при концентрации 100 мМ соли в среде.

Литература

1 Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review // Ann. Bot. – 2003. – V.48. – №91 – P.179-194.

2 Schmitt F.-J., Renger G., Friedrich T., Kreslavski V.D, Zharmukhamedov S.K., et. al. Reactive oxygen species: Re-evaluation of generation, monitoring and role in stress-signaling in phototrophic organisms. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics. – 2014. – P. 835-848.

3 Wu F., Chi Y., Jiang Z. et al. Hydrogen peroxide sensor HPCA1 is an LRR receptor kinase in *Arabidopsis*. // Nature. – 2020. V.578. – P. 577–581.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СТРЕССОВЫХ ГОРМОНОВ В КОНТРАСТНЫХ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К ДЕЙСТВИЮ КАДМИЯ СОРТАХ ЯЧМЕНЯ

С.В. Битаришвили, А.А. Празян, А.В. Дикарев, С.А. Гераськин
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является серьезной экологической проблемой. Одним из наиболее опасных представителей класса тяжелых металлов является кадмий, который поступает в экосистемы в результате сжигания топлива, металлургического производства, неправильной утилизации аккумуляторов, горной промышленности и т.д. Токсическое действие кадмия негативно сказывается на растениях, приводя к сверхпродукции активных форм кислорода и окислительному стрессу [1].

Защитные стратегии растений опосредованы гормональной системой. Снижая или повышая эндогенное содержание фитогормонов, растения адаптируются к стрессовому воздействию, изменяя течение биохимических и физиологических реакций.

В нашем исследовании изучено влияние загрязнения почвы кадмием на содержание стрессовых гормонов абсцизовой кислоты (АБК) и салициловой кислоты (СК) в растениях ярового двурядного ячменя.

Для исследования были выбраны четыре сорта ячменя, контрастные по устойчивости к действию кадмия: устойчивые (Симфония, Местный) и чувствительные (Ca 220702, Malva). Растения выращивали в пластиковых сосудах в тепличных условиях. Кадмий вносили в почву в виде соли $Cd(NO_3)_2$ в концентрации 50 мг/кг перед посевом семян. Контролем служили растения, выращенные без добавления кадмия в почву.

Для анализа фитогормонов на 30-й и 50-й день после появления всходов отбирали листья и замораживали в жидком азоте. Качественный и количественный анализ фитогормонов осуществлялся методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на приборе Shimadzu LC-30 Nexera (Япония) с диодно-матричным детектором SPD-M20A (Shimadzu). Для разделения смеси веществ использовали аналитическую колонку с обращенной фазой C18 (Shim-pack XR-ODSII, 2 мкм, диаметр 3.0 мм, длина 100 мм, Shimadzu).

Анализ экспериментальных данных проводили, используя непараметрическую статистику с помощью программ MS Excel и STATISTICA. Статистическую значимость различий оценивали с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Установлено, что добавление в почву кадмия приводит к значимому повышению концентраций АБК в обеих фазах онтогенеза (на 30-й и 50-й день после появления всходов) у всех сортов, за исключением чувствительного Са 220702, хотя и в этом случае уровни АБК были выше контрольных.

Концентрации СК были увеличены в образцах листьев ячменя, подвергшихся действию кадмия: на 30-й день у сортов Мальва и Местный, на 50-й день у всех сортов, кроме устойчивой Симфонии.

Таким образом, в результате эксперимента было показано, что добавление в почву кадмия в концентрации 50 мг/кг приводит к повышению стрессовых гормонов, однако дифференциации по исследуемым параметрам между устойчивыми и чувствительными сортами не выявлено.

Литература

1 Bücker-Neto L. Interactions between plant hormones and heavy metals responses / L. Bücker-Neto, A.L.S. Paiva, R.D. Machado, R.A. Arenhart et al. // Genet. Mol. Biol. – 2017. – V. 40. –P. – 373–386.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *BETULA PENDULA* В УСЛОВИЯХ ПАРКОВ Г. КАЗАНЬ ПО МЕТОДИКЕ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ

Ф.И. Гиматдинова, Р.Р. Хуснуллин, Е.А. Минакова
Казанский (приволжский) федеральный университет,
Институт фундаментальной медицины и биологии,
г. Казань, Россия

Методика флуктуирующей асимметрии обеспечивает интегральный подход в характеристике качества среды через призму состояния живых организмов по стабильности развития. В продолжении биоиндикационных исследований [1,2] проведена оценка состояния стабильности развития *Betula pendula* на территории парков г. Казань.

Сбор материала проводился в конце августа 2020 г. В качестве площадок для сбора материала были выбраны 7 парков в разных административных районах г. Казань. На каждой площадке было выбрано по 10 деревьев генеративного возраста, с укороченных побегов нижней части кроны которых было собрано по 10 листьев примерно одинакового размера. При сборе важны цельность, клиновидное основание листа.

Морфометрические показатели рассчитывались с помощью программы Bioindication tool kit.

Для оценки степени выявленных отклонений от нормы использовали балльную шкалу оценки, разработанную под руководством В.М.Захарова и утвержденную Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р (табл.1) [3].

Полученные значения показателя ФА в условиях парковых территорий варьируют в пределах 0,044-0,058, превышая величину условной нормы (табл. 1). Средним значением ФА исследуемой территории за 2020 г. составило 0,05, что оценивается как существенное отклонение от нормы состояния среды. Основными стрессовыми факторами можно назвать близость крупных транспортных дорог.

Таблица 1

Балльная шкала стабильности развития *Betula pendula*

Балл	Величина показателя стабильности развития	Состояние среды
1	< 0,040	Условно нормальное
2	0,040-0,044	Начальные, незначительные отклонения от нормы
3	0,045-0,049	Средний уровень отклонений от нормы
4	0,050-0,054	Существенные отклонения от нормы
5	> 0,054	Критическое состояние

Таким образом, данное исследование отражает негативное влияние антропогенной нагрузки на ценопопуляции *Betula pendula* парков г. Казань. Состояние исследуемых древесных насаждений по шкале В.М. Захарова оценивается как существенное отклонение от нормы.

Литература

1 Гиматдинова Ф.И., Хуснуллин Р.Р., Авдейчева И.И., Сугаепова Р.Р., Минакова Е.А. Метод флуктуирующей асимметрии в оценке территорий с различным уровнем антропогенной нагрузки / Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 18 ноября 2020 г. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. – С. 101 – 105.

2 Хуснуллин Р.Р. Оценка качества среды в зоне влияния федеральной трассы А-295 на территории Республики Татарстан // Экология и общество: баланс интересов: сб. тезисов докладов участников Рос. науч. форума, г. Вологда, 16-20 ноября 2020 года / Вологда: ВолНЦ РАН, 2020. – С. 353–356

3 Захаров В.М. и др. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чистякова, А.Т. Чубинишвили — М.: Центр экологической политики России, 2000. — 68 с.

ОЦЕНКА ОСТРОЙ ФИТОТОКСИЧНОСТИ СВИНЦА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM LUTESCENS*) СОРТА «ИВОЛГА»

М.М. Годяева[1,2], Т.А. Парамонова[2]
[1] – ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия
[2] – МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет Почвоведения, кафедра Радиоэкологии и экотоксикологии, г. Москва, Россия

Следствием техногенного загрязнения агроландшафтов свинцом (Pb), определяемым его внесением в почву в составе удобрений и глобальной аэрогенной нагрузкой, является поступление поллютанта в сельскохозяйственную продукцию, что, в свою очередь, может приводить к нарушениям роста растений.

Оценка потенциального эффекта острой фитотоксичности Pb для зерновых культур проводилась по ГОСТ 33061-2014 на основе тест-культуры яровой пшеницы (*Triticum lutescens*) сорта «Иволга», проращивание которой производилось в растворах $Pb(CH_3COO)_2$ с концентрациями 5, 7,5, 10, 20 мг/л. Контролем служило выращивание проростков пшеницы в дистиллированной воде. Кислотность растворов поддерживалась в диапазоне 6,3-6,6, проращивание семян проводилось в чашках Петри при постоянной температуре 22°С, без доступа света.

Увеличение концентрации Pb в растворах значимым образом негативно влияло на энергию прорастания и итоговую всхожесть семян пшеницы к 7-му дню эксперимента (рис.1).

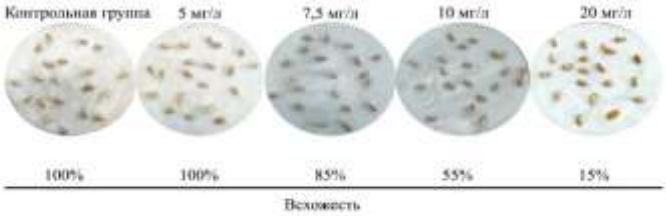


Рис. 1. Влияние возрастающих концентраций Pb в растворах на всхожесть семян пшеницы.

Жизнеспособные проросшие семена пшеницы также испытывали фитотоксическое воздействие Pb, начиная с пороговой концентрации 7,5 мг/л, что отражалось на росте и развитии их корней. Наиболее чувствительными биометрическими показателями при этом были величины средней длины корней проростков и общей площади их поверхности, фитоэффект (ингибирование показателя по сравнению с контролем) воздействия Pb для которых проявлялся наиболее ярко и при наименьших пороговых концентрациях (рис 2). Показатель максимальной длины корней, наиболее часто используемый для индикации токсичекого эффекта, оказался менее информативным для индикации первичных признаков острого фитотоксического воздействия Pb на пшеницу.

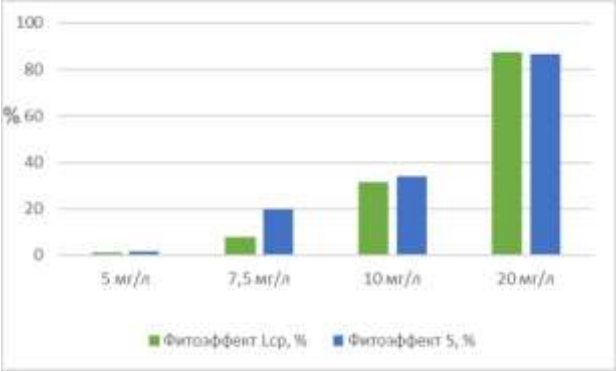


Рис. 1. Фитоэффект воздействия возрастающих концентраций Pb в растворах на биометрические показатели проростков пшеницы: Lср - средняя длина корней, S - общая площадь поверхности корней.

Таким образом, фитотоксические свойства Pb проявлялись при его концентрации в растворе ≥7,5 мг/л, резко возрастая при повышении концентрации до 20 мг/л вплоть до 85%-подавления всхожести семян пшеницы.

Литература

1 ГОСТ 32627-2014. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Наземные растения. Испытание на фитотоксичность.

АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПРИЧИН ФОРМИРОВАНИЯ КОНТРАСТНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕТЫРЕХ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ДЕЙСТВИЕ КАДМИЯ

А.В. Дикарев, С.В. Битаришвили, Е.А. Казакова
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Ныне актуальна проблема загрязнения агроценозов тяжелыми металлами (ТМ), например, кадмием [1]. Несмотря на существенное значение данной проблемы, особенности воздействия кадмия на сельскохозяйственные растения требуют дополнительного изучения [2]. Поэтому важно исследовать механизмы ответа растений на действие ТМ, отобрав сорта основных культур, отличающихся повышенной устойчивостью к ТМ [3]. Ячмень – подходящий тест-объект для оценки устойчивости к действию кадмия. Таковым ячмень делает то обстоятельство, что он является широко распространенной культурой, хорошо изученной во всех отношениях.

Поставлен вегетационный эксперимент на дерново-подзолистой почве с внесенным Cd^{2+} в дозах 25 и 50 мг/кг. Такие дозы существенно угнетают жизненные процессы ячменя, но не ведут к гибели растений, позволяя оценить устойчивость различных сортов этой культуры [2, 4]. Взяты 4 сорта ярового ячменя, контрастные по устойчивости к кадмию (Са 220702, Malva – чувствительные; Местный, Симфония – устойчивые) [4]. Оценивались: внешний вид растений, морфометрические параметры (высота растений, биомасса, площадь листьев), физиолого-биохимические критерии (содержание в надземной биомассе фитогормонов – АБК, зеатина, ИУК, ИМК, СК; активность ферментов – каталазы, пероксидазы, супероксиддисмутазы, аскорбатпероксидазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы), структура урожая (масса зерна и 1000 зерен, соломы), накопление Cd^{2+} в надземной биомассе.

Показаны значимые различия по ответу устойчивых и чувствительных сортов на дозу Cd^{2+} 50 мг/кг. Наиболее ярко они

проявились по продуктивности – у чувствительных сортов масса зерна оказалась значимо ниже, чем у устойчивых, аналогичные данные получены для массы соломы. Морфометрические показатели демонстрировали сходную картину (устойчивые сорта превосходят чувствительные). Анализ содержания фитогормонов показал, что у чувствительных сортов значимо ниже содержание ростостимулирующих гормонов (ИУК, ИМК, зеатина), но выше стрессовых (АБК, СК). У чувствительных сортов в целом отмечено снижение активности ферментов, за исключением пероксидазы, активность которой выше у устойчивых сортов. Отмечено, что устойчивые сорта накапливали значимо меньшие количества ТМ, чем чувствительные (1,2-2,5 раза меньше для соломы). Доза 25 мг/кг не позволила уверенно дифференцировать группы сортов. Выявленный полиморфизм сортов ячменя по устойчивости сохраняется на протяжении всей вегетации растений и отражается на урожайности и других хозяйственно-ценных признаках.

Собранные данные позволяют оценить последствия техногенного загрязнения агроценозов, они полезны для задач селекции сортов культур, обладающих высокой устойчивостью к ТМ и дающим безопасную продукцию, а также могут найти применение при разработке методологии оценки состояния и экологического нормирования загрязнения почв тяжелыми металлами.

Литература

1 Clemens S. Molecular mechanisms of plants metal tolerance and homeostasis // Planta. – 2001. – V. 212. – P. 475-486.

2 Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование. Под ред. Н.И. Санжаровой, П.Н. Цыгвинцева. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – 398 с.

3 Baker A.J.M. Metal tolerance // New Phytol.. – 1987. – V.106. – P. 93–111.

4 Гераськин С.А., Дикарев А.В., Лыченкова М.А. Дифференциация сортов ячменя по устойчивости к кадмию

сохраняется на протяжении всего жизненного цикла растений // Агрохимия. – 2021. – №2. – С. 75-85.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГУМИТОН И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Е.С. Ефимова, А.А. Суслов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Почвы Нечерноземной зоны характеризуются низким уровнем естественного плодородия: кислая реакция среды, низкий процент содержания гумуса, слабая обеспеченность основными элементами питания [1]. Определяющим фактором в обеспечении растений элементами питания является функционирование почвенной микробиоты, что обусловливается ферментативной активностью почвы.

Таким образом, цель данного исследования: изучить влияние Гумитона и микробных препаратов на микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы в корневой зоне растений ярового ячменя.

Использовали: органоминеральный комплекс Гумитон с добавлением микроэлемента (бор) в разведении 1:10 (разработка ФГБНУ ВНИИРАЭ), а также комплекс микробных препаратов (КМП, разработка ФГБУН «НИИСХ Крыма») из расчета 100мл/га. В КМП входили препараты: Ризоагрин (на основе ассоциативных азотофиксаторов – *Agrobacterium radiobacter 204*), Фосфоэнтерин (на основе фосфато-мобилизаторов – *Enterobacter nimipressuralis 32-3*), Биополицид (на основе антагонистов – фитопатогенов *Paenibacillus polymyxa П*). Контрольный вариант – вода.

Активность ферментов уреазы, инвертазы определяли до начала вегетационного эксперимента и в ризосфере 20-суточных

растений. Статистическую обработку активности ферментов проводили с помощью компьютерного пакета MS Excel.

Установлено увеличение показателя уреазной активности на 2,17 и 0,97 мгNH_4^+/2 г за 24 ч соответственно при использовании комплекса микробных препаратов и его совместного применения с Гумитоном по сравнению с контролем (табл. 1.)

Таблица 1

Активность уреазы в почве при использовании Гумитона и КМП

Вариант	Активность фермента, мг NH_4^+/2г за 24часа			
	1	2	3	Среднее
ДПП	17,99	17,81	17,90	17,90±0,05
Контроль	21,02	20,55	20,89	20,82±0,14
Гумитон 1:10	21,87	21,30	21,48	21,55±0,003
КМП	23,04	22,99	22,95	22,99±0,06
Гумитон+КМП	21,72	21,89	21,74	21,79±0,06

Установлено, что при совместном использовании Гумитон + КМП инвертазная активность снизилась на 6,71 мг$C_6H_{12}O_6$/г за 4 ч (25,3%), относительно контроля, что свидетельствует о замедленном разложении безазотистого органического вещества почвы из группы олигосахаридов и крахмала (табл. 2.).

Таблица 2

Активность инвертазы в почве при использовании Гумитона и КМП

Вариант	Активность фермента, мг $C_6H_{12}O_6$/г за 4часа			
	1	2	3	Среднее
ДПП	11,62	12,86	12,44	12,31±0,37
Контроль	33,60	32,77	33,39	33,25±0,25
Гумитон 1:10	36,09	35,05	35,67	35,60±0,31
КМП	28,62	29,24	29,04	29,97±0,18
Гумитон+КМП	26,54	26,96	26,13	26,54±0,24

Показано, что дерново-подзолистая почва в условиях лабораторного эксперимента характеризовалась снижением показателей инвертазной активности. Установлено

положительное влияние на уреазную активность почвы органо-минерального комплекса Гумитон.

Литература

1 Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Г.В. Добровольский, И.Ю. Чернов. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 273 с.

АНАЛИЗ ВЫЖИВАЕМОСТИ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У *DAPHNIA MAGNA* ПОД ДЕЙСТВИЕМ γ-ОБЛУЧЕНИЯ

А.А. Жалнина[1], Н.Б. Савина[2], Д.В. Ускалова[1]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

Известно, что одно из главных последствий воздействия радиации на живой организм – образование свободных радикалов, ведущее к преждевременному старению и снижению продолжительности жизни. Динамику старения описывают с помощью кривых дожития (выживаемости), показывающих, какая доля особей доживает до определенного возраста. Кривые дожития *D. magna* состоят из дискретных участков (фаз) [1]. Однако механизмы фазовых переходов экспериментально не изучены.

Целью данной работы послужил анализ механизмов снижения выживаемости *D. magna* в критические периоды онтогенеза после облучения. Опытные группы облучали в 1-е сутки онтогенеза γ-квантами ^{60}Co в дозе 10 Гр (мощность дозы – 10,8 Гр/мин). За выживаемостью наблюдали до 60-суточного возраста. МТТ-тест, позволяющий интегрально оценить активность ферментов антиоксидантной защиты, уровень свободнорадикальных реакций и соотношение живых и мертвых клеток, проводили в первые периоды резкого снижения

выживаемости облученных особей – на 5-е и 10-е сутки после облучения.

На рис. 1 показаны результаты МТТ-теста. Видно, что в анализируемые возрастные периоды на 5 и 10 сут в клетках *D. magna* происходит снижение оптической плотности, отражающее снижение метаболической активности.

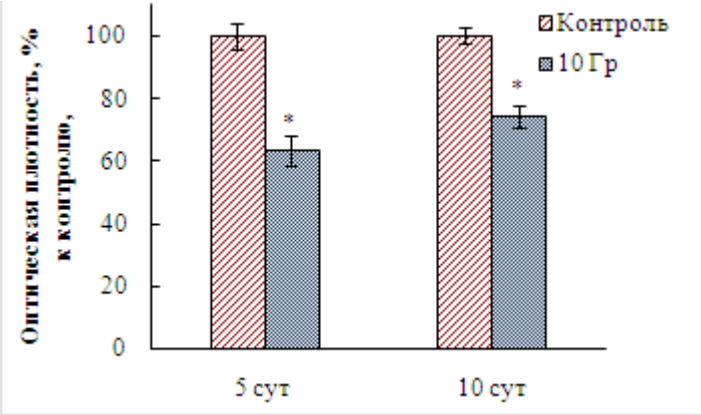


Рис.1. Изменение оптической плотности (МТТ-тест) на 5-е и 10-е сутки в образцах контрольных и облученных в дозе 10 Гр *D. magna* (* $p<0,05$).

Примечательно, что 4-6 сутки являются для *D. magna* началом закладки яиц в выводковую камеру, а 8-12 сутки – периодом вымета первой молоди. Эти процессы сопряжены с синтезом АТФ и активацией всех метаболических реакций. *D. magna* в данные периоды онтогенеза наиболее уязвимы для разных антропогенных факторов, в том числе для радиации [2].

Таким образом, одним из механизмов снижения выживаемости облученных *D. magna* в критические периоды онтогенеза может являться нарушение метаболической активности клеток животных.

Литература

1 Михальский А.И., Савина Н.Б., Сарапульцева Е.И., Бычковская И.Б. Аналитическое исследование закономерностей структуры кривых дожития экспериментальных объектов в модельных опытах на *Daphnia magna* // Успехи геронтологии. – 2020. – Т.33. – Вып. 3. – С. 459-470.

2 Сарапульцева Е.И. Биологические эффекты радиационного воздействия у низших ракообразных *Daphnia magna*. Аналитический обзор // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2017. – Т. 57. – №4. – С. 414-428.

ОКЕАНИЧЕСКИЕ ГОМОЛОГИ АПРОТИНИНА — НОВЫЕ КАНДИДАТЫ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ COVID-19

А.А. Зимин [1], И. Лу [2]
[1] – Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия
[2] – College of Life Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai, China

Апротинин – это природный ингибитор протеаз. Он является ингибитором сериновых протеаз таких, как плазмин, трипсин и калликреин. Апротинин применяется в клинике с 60-х годов 20 века. Было найдено, что он ингибирует трансмембранную протеазу TMPRSS2. Этот фермент клеток человека активирует S-белок SARS-CoV-2. Недавно было показано, что апротинин супрессирует *in vitro* амплификацию вируса SARS-CoV-2 в клетках человека. Апротинин и его природные гомологи могут оказаться потенциальным эффективным средством профилактики COVID-19. Мы обнаружили гомологи этого ингибитора плазмина в метагеноме океанического планктонического микробиома, как источнике очень большого биоразнообразия. В качестве репера использовали искуственную последовательность апротинина (CAA01755.1 *aprotinin synthetic*

construct), показавшую свою большую эффективность в лечении. UPGMA-анализ гомологов апротинина из океанического планктона и бактерий. Ряд извлеченных из морского метагенома последовательностей имел статистически достоверное сходство (E <10 в - 10) с гомологами ингибитора Куница у ряда бактерий. Филогенетический UPGMA-анализ сходств данных гомологов апротинина из океана представлен на (Рис.1.). Данный подход использован нами ранее для поиска океанических гомологов фермента репарации ДНК [1].

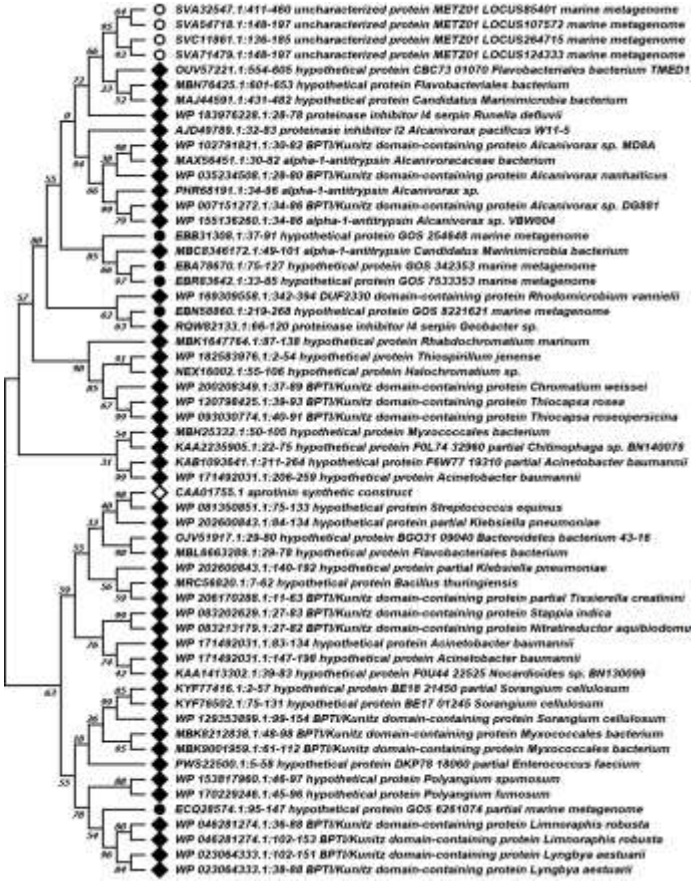


Рис.1. UPGMA-анализ гомологов апротинина, отобранных из метагеномов океана - кружки, и бактериальных пептидов - ромбы.

Исследование было частично поддержано РФФИ и ГФЕН КНР выполнено в рамках гранта РФФИ №20-54-53018 ГФЕН_а.

Литература

1. Karmanova A.N., Zimin A.A. Oceanic evolution of the enzyme repairing the UV-induced DNA lesions // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V. 1701. doi:10.1088/1742-6596/1701/1/012022

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ГОМОЛОГОВ РЕПАРАЦИОННОГО ФЕРМЕНТА DENV ИЗ МЕТАГЕНОМОВ ОСАДОЧНОЙ МИКРОБИОТЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

А.Н. Карманова[1,2], А.А. Зимин[1]
[1] – Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия
[2] – ФГБОУ ВО «Пущинский государственный естественно-научный институт» Российская Федерация, г. Пущино, Россия

ДНК-гликозилаза бактериофага T4 – DenV, кодируемая одноименным геном, выступает основным фактором защиты от УФ-излучения вируса. В предыдущей работе [1] при помощи биоинформатического анализа нами было показано, что данный фермент и его предполагаемые гомологи достаточно распространены среди микробиоты поверхностных вод океана. Для понимания путей эволюции эндонуклеазы DenV и ее экологической роли для живых сущностей океана, было решено продолжить ее поиск и среди микроорганизмов глубоководных отложений.

Поиск контрольных последовательностей из фагов таксона *Tevenvirin*ae и бактерий осуществлялся при помощи алгоритма PSI-BLAST в несколько итераций. Алгоритмом DELTA-BLAST искали последовательности в базе данных метагеномов. Было найдено 3 гомолога: GAG54685.1, GAG39888.1 из метагенома морских подземных отложений у полуострова Симокита, Япония

[2]. Третий: KKN10066.1 – из метагенома отложений гидротермального источника в замке Локи, Хребет Гаккеля, Северно-Ледовитый Океан [3]. Далее, был произведен обратный поиск по найденным метагеномным белкам среди различных таксонов для дальнейшего анализа. Эволюционный анализ проводился при помощи программы MEGAX с использованием алгоритма Maximum Likelihood.

Результат филогенетического анализа представлен на рис 1. Все найденные гомологи DenV из метагеномов объединились в одну кладу со своими гомологами, полученными обратным поиском. Клада заняла промежуточное положение между гликозилазами из фагов и эндонуклеазами бактерий. Отмечена схожесть гомологов из метагенома с белками из архей, это может указывать на их общее происхождение.

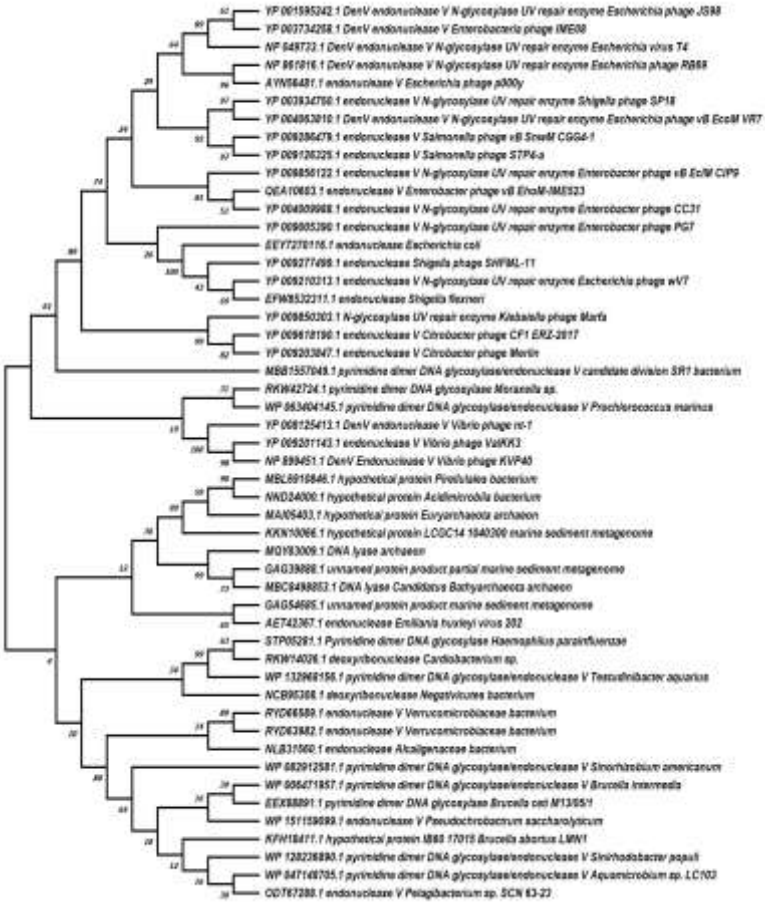


Рис.1. Дерево осадочных гомологов DenV - белка фага T4, построенное методом Maximum Likelihood.

Работа была поддержана средствами гранта РФФИ № 20-54-53018 ГФЕН_а и выполнялась в рамках данного проекта.

Литература

1. Karmanova A.N., Zimin A.A. Oceanic evolution of the enzyme repairing the UV-induced DNA lesions // Journal of Physics:

Conference Series. – 2020. – V. 1701. doi:10.1088/1742-6596/1701/1/012022

2. Kawai M., Futagami T., Toyoda A. et al. High frequency of phylogenetically diverse reductive dehalogenase-homologous genes in deep subseafloor sedimentary metagenomes // Front. Microbiol. – 2014. –V. 5. –P. 80.

3. Spang A., SawSteffen J.H., Jørgensen S.L. et al. Complex archaea that bridge the gap between prokaryotes and eukaryotes // Nature. – 2015. – V. 521 (7551). – P. 173-179. doi:10.1038/nature14447.

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗЫ И ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В СОРТАХ ЯЧМЕНЯ ПРИ ЗАГРЯЗНЕННИИ ПОЧВЫ КАДМИЕМ

Е.С. Макаренко, А.А. Празян, Е.А. Казакова
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

На территории России более 1 млн. га земель сельскохозяйственного назначения загрязнено высокотоксичными соединениями тяжёлых металлов (I класс опасности) и еще 2,3 млн. га – обладающими средней токсичностью (II класс опасности) [1]. Период полувыведения кадмия из почвы один из самых больших (около 1100 лет) [2]. Это обуславливает необходимость исследования состояния растений, произрастающих на загрязнённых кадмием почвах.

Исследование проводили на 4-х сортах ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.): устойчивых к кадмию Симфония и Местный, чувствительных к кадмию Са 220702 и Malva. Семена высевали в сосуды с дерново-подзолистой почвой, с внесённым Cd^{2+} 50 мг/кг. Использовали по 4 сосуда с кадмием и контролем для каждого сорта. В течение вегетации поливали растения дистиллированной водой. Отбор листьев ячменя обыкновенного для оценки активности глутатионовой пероксидазы (GPX) и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (G6FD) проводили с 4-5

растений ячменя на каждый сосуд через 30 и 50 суток после всходов, собранные образцы замораживали в жидком азоте.

Навеску ткани (~ 0,23 г) гомогенизировали в жидком азоте, гомогенат растворяли в 1 мл холодного буфера: для GPX – 50 мМ ТЕ-буфер, pH 7,6; для G6FD – 0,1 М трис-HCl буфер, pH 7,6. Затем содержимое пробирок перемешивали на вортексе «Микроспин», центрифугировали в течение 20 минут при скорости 14500 об/мин на мини-центрифуге «Eppendorf» с охлаждением. Пробоподготовка проведена с применением штатива-охладителя «CoolBox».

Экстракты анализировали на бескюветном спектрофотометре NanoDrop-2000 (Thermo Fisher Scientific, США), по методике [3] для G6FD и [4] для GPX с модификациями. Всего проанализировано 48 образцов. Показания спектрофотометра переводили в МЕ/мл реакционной смеси [3]. Для определения значимости различий между медианами использовали *U*-тест Манна-Уитни в программе Statistica 8.0.

В результате данного исследования обнаружено, что активность GPX для сорта Ca 220702 была снижена через 30 суток после появления всходов. А на 50 сутки разница в значениях активности фермента при действии кадмия и контролем нивелировалась. Фермент G6FD значимо снизил свою активность у чувствительного сорта Malva через 50 суток после появления всходов.

Таким образом, в настоящей работе у чувствительных сортов Ca 220702 и Malva концентрация кадмия 50 мг/кг в почве может привести к снижению активности ферментов по сравнению с контролем. Вероятно, снижение активности ферментов антиоксидантной защиты, наблюдаемое у растений, произрастающих в зонах с высоким содержанием тяжёлых металлов в почвах, может быть связано с повреждениями ферментов из-за чрезмерного содержания в клетках H_2O_2 [5].

Работа выполнена в рамках рабочей программы по теме № 0627-2019-0019.

Литература

1 Алексахин Р.М., Фесенко С.В., Гераськин С.А. Методика оценки экологических последствий техногенного загрязнения агроэкосистем. – М.: Издательство МГУ, 2004. – 206 с.

2 Кадмий: Экологические аспекты. – Женева: ВОЗ, 1994. – 160 с.

3 Биссвангер Х. Практическая энзимология. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 328 с.

4 Paglia D.E., Valentine W.N. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase // J. Lab. Clin. Med. – 1967. – V. 70 – Is. 1 – P. 158-169.

5 Dazy M., Beraud E., Cotelle S. Changes in plant communities along soil pollution gradients: responses of leaf antioxidant enzyme activities and phytochelatin contents // Chemosphere. – 2009. – V. 77. – № 3. – P. 376-383.

ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA ROTH*.) КАК ИНДИКАТОРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.А. Наумова, Т.А. Наумова, А.Б. Стрельцов
КГУ им. К. Э. Циолковского, г. Калуга, Россия

В основе работы лежит исследование территорий Калужской области с разным уровнем загрязнения по флуктуирующей активности (ФА) листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.).

Для проведения исследования были выбраны пять площадок в Жиздринском районе с разным уровнем антропогенного загрязнения. Точка № 1 – 200 м от перерабатывающего промышленного комплекса; точка № 2 – 300 м; точка № 3 – 850 м; точка № 4 – 400 м; точка № 5 – 650 м.

В каждой точке исследовали по 10 деревьев генеративного возраста, находящихся в сходных экологических условиях. Листья собирали из нижней части кроны деревьев и гербаризировали. Каждая выборка включала в себя 100 листьев

(по 10 листьев с 10 растений). Для обработки собранного материала использовали пакет программ Bioindikation tool kit, разработанный Лабораторией биоиндикации КГУ им. К.Э. Циолковского [2].

Результаты оценивали по 5-ти балльной шкале согласно методике В.М. Захарова [1; 3]. 1 балл (условная норма) - <0,040; 2 балла – 0,040 – 0,044; 3 балла – 0,045 – 0,049; 4 бала – 0,050 – 0,054; 5 баллов -> 0,054.

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что минимальное значение коэффициента ФА в точке 3 в лесном массиве в районе Лесхозовского пруда, располагающейся в 800 м от промышленного комплекса. Коэффициент ФА равен 0,028, что соответствует норме. В точке 1 коэффициент ФА равен 0,052, что соответствует значительному отклонению от нормы. Это объясняется тем, что рядом располагается перерабатывающий промышленный комплекс и недалеко проходит автомагистраль.

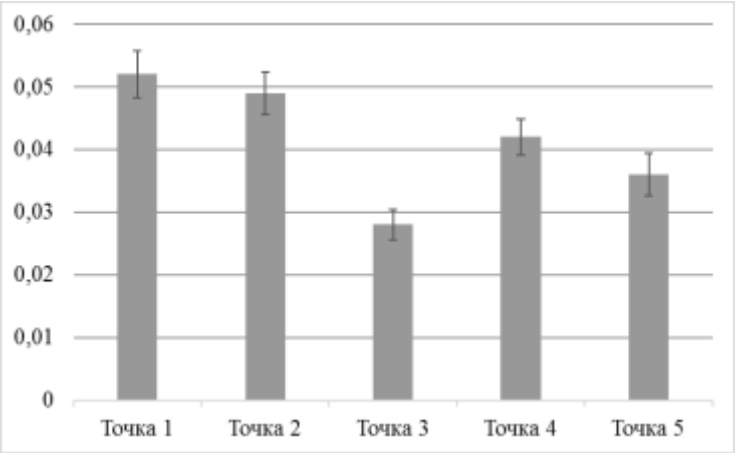


Рис.1. Значения коэффициентов флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в модельных точках.

Таким образом, на показатель величины ФА березы повислой (*Betula pendula* Roth.) отражающей качество окружающей среды влияет комплекс факторов: удаленность зеленых насаждений от источника промышленного загрязнения b автомагистрали.

Литература

1 Захаров В.М., Трофимов И.Е. Здоровье среды. Человек и природа. М. Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы / Центр экологической политики России, 2015. – 96 с.

2 Стрельцов А.Б., Наумова А.А. Методика оценки степени флуктуирующей асимметрии листовых пластинок на примере березы повислой (бородавчатой) (Betula pendula Roth.)// Научно – оьразовательный жкрнал для студентов и преподавателей «StudNet». – 2020. – №3. – С. 303-311.

3 Стрельцов А.Б., Константинов Е.Л. Захаров В.М. и др. Здоровье среды. Региональное учебно-методическое пособие. Калуга, издательство КГПУ. 2006. – 40 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦВЕТОМЕТРИЯ В БИОФИЗИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

С.Е. Нефедова[1], Х.П. Тирас[1,2]
[1] – Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН (ИТЭБ РАН), г. Пущино, Россия
[2] – Пущинский государственный естественно-научный институт, г. Пущино, Россия

Использование цветовых характеристик живых объектов для оценки их физиологического состояния стало возможным благодаря прогрессу цифровых технологий получения микроспектральных параметров поверхности объекта [1]. Методика биологической цветометрии применена для неинвазивной регистрации физиологического состояния планарий *Girardia tigrina* на целом объекте in vivo в ходе основных физиологических процессов: регенерации и фагоцитоза. Методика включает в себя анализ интегральных спектральных характеристик цвета, отраженного от биологического объекта, посредством цифрового микроспектрофотометра GretagMacbeth Eye-One Pro [1]. Анализ локальных цветовых показателей электронного изображения планарии проведен посредством регистрации абсолютных величин цветовых каналов (показателей) - величина красного, зеленого, синего

цвета по шкале от 0 до 255, насыщенность, яркость по шкале от 0 до 100 – и относительных показателей цифровых моделей HSB и RGB [2-3].

Показатели цифровых моделей HSB и RGB регистрировались локально на отдельных участках тела планарий в процессе цифровой обработки их фотографий (цифровых изображений). Отдельное внимание было уделено стандартизации создания цифровых изображений животных.

На рис. 1 представлены результаты расчета относительного показателя теплоты при быстрой реакции планарий на травму (декапитацию) в первые минуты после операции. Цифровой микроспектрофотометр GretagMacbeth Eye-One Pro позволяет анализировать спектр отраженного света в диапазоне от 360 до 740 нм на целом объекте in vivo.

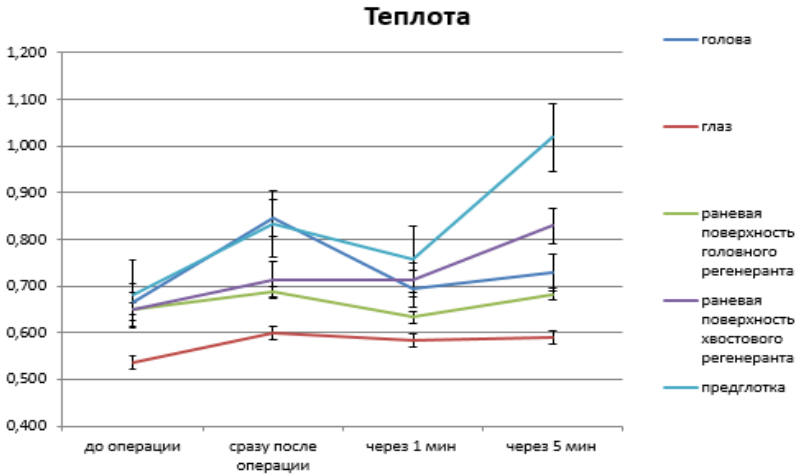


Рис. 1. Динамика теплоты цвета тела планарий после декапитации.

Литература

1 Apyari V.V., Tiras Kh.P., Nefedova S.E., Gorbunova M.V. Non-invasive in vivo spectroscopy using a monitor calibrator: a case of planarian feeding and digestion statuses. // Microchemical Journal /https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106255

2 Тирас Х.П., Нефедова С.Е., Апяри В.В. Биологическая цветометрия как новый метод в динамической морфометрии /: Труды Международной научной конференции (SCVRT2019). - Нижний Новгород, 2019. – С.77-83.

3 Тирас Х.П., Нефедова С.Е., Новиков К.Н., Емельяненко В.И., Балмашов С.А. Прижизненные методы контроля фаго- и пиноцитоза на модели пищеварения планарий / Сборник трудов Международной научной конференции «» (SCVRT2018): материалы конф. - М., Протвино, Институт физико-технической информатики, 2018. – С. 347-359.

ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК В СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТКАХ ПОЛЕВОК, ОБИТАВШИХ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ И У ИХ НЕОБЛУЧЕННОГО ПОТОМСТВА

О.В. Раскоша, Л.А. Башлыкова, Н.Н. Старобор
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Россия

В отличие от ионизирующего излучения в больших дозах, облучение низкой интенсивности не приводит к летальному исходу, но оно способно индуцировать нестабильность генома, что способствует изменению чувствительности организма к действию повреждающих факторов [1, 2]. Особого внимания при выявлении эффектов действия ионизирующего излучения в малых дозах заслуживают результаты изучения у мелких млекопитающих клеток, обладающих разной пролиферативной активностью.

С помощью метода ДНК-комет в нейтральной версии оценена доля клеток с двунитевыми разрывами ДНК по процентному содержанию ДНК в хвосте «комет» [3] в клетках щитовидной железы и костного мозга полёвок-экономок (*Alexandromys oeconomus* Pall.), обитающих в условиях повышенного радиационного фона (мощность экспозиционной дозы – 0.50-20 мкЗв/ч; Республика Коми, Россия), а также у их потомков (F1-F3), развивающихся в условиях вивария при нормальном

радиационном фоне (http://www.ckp-rf.ru/usu/471933/). В качестве провокационного теста использовали уретан (этилкарбамат), который является канцерогеном-промотором.

Полученные результаты показали, что у полевок, длительно обитающих в условиях повышенного радиационного фона, уровень фрагментации ДНК в клетках щитовидной железы и костного мозга сохранялся в пределах значений контрольных животных. Однако использование дополнительной тест-нагрузки уретаном позволило выявить более выраженную ответную реакцию изученных типов клеток у полевок, обитавших в условиях повышенного радиационного фона по сравнению с животными, отловленными на контрольном участке. Следует отметить не одинаковую чувствительность к дополнительной нагрузке клеток щитовидной железы и костного мозга, обладающих различной пролиферативной активностью. Модифицирующее действие уретана, в целом, позволило выявить сходство в ответной реакции соматических клеток животных, обитающих в условиях повышенного радиационного фона, и у их потомков (в костном мозге в поколении F1, в щитовидной железе в поколениях F2 и F3), что свидетельствует о проявлении радиационно-индуцированной нестабильности генома в потомстве облученных животных [4, 5].

Литература

1 Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Мальцева Е.Л. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов // Химическая физика. –2003. –Т. 22. – №. 2. – С. 21–40.

2 Жижина Г.П. Влияние малых доз низкоинтенсивной ионизирующей радиации на структуру и функции ДНК / Г.П. Жижина // Радиац. биология. Радиоэкология. –2011. – Т. 51. – № 2. – С. 218-228.

3 Сирота Н.П., Кузнецова Е.А. Применение метода «комета тест» в радиобиологических исследованиях. Радиационная биология. Радиоэкология. –2010.–Т.50. –№ 3. – С. 329–339.

4 Воробцова И.Е. Трансгенерационная передача радиационно-индуцированной нестабильности генома / И.Е. Воробцова //

Радиационная биология. Радиоэкология. – 2006. – Т. 46. – № 4. – С. 441-446.

5 Yushkova E., Bashlykova L. Transgenerational effects in offspring of chronically irradiated populations of Drosophila melanogaster after the Chernobyl accident // Environmental and Molecular Mutagenesis. – 2020. – P. 39–51. https://doi.org/10.1002/em.22416

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК КУЛЬТУР МСК (МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК) И КМБ (КАРДИОМИОБЛАСТОВ) ЧЕЛОВЕКА И КРЫС ЛИНИИ ВИСТАР ПО СТАДИЯМ КЛЕТОЧНОГО ЦИКЛА

И.В. Семенкова, Ю.В.Минкина
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В последние годы активно проводятся исследования биологических (в том числе и радиобиологических) характеристик разных типов стволовых клеток и возможностей их применения в клинике, в первую очередь для трансплантации с целью замещения повреждённых и погибших клеток [1]. Наиболее перспективным считается использование стволовых клеток костного мозга человека, направленных в сторону дифференцировки в разные клеточные линии.

При изучении клеток культур кардиомиобластов методом проточной цитофлюорометрии было показано, что они, как и МСК, относятся к CD 10^{low} $CD34^{-}$ CD^{45-} c-kit $^{-}$, что характерно для стволовых клеток мезенхимального происхождения [2]. Было изучено распределение клеток в экспоненциальной фазе роста на 6-м пассаже культур МСК и КМБ по стадиям клеточного цикла.

Таблица 1

Распределение клеток 6-го пассажа культур МСК и КМБ по стадиям клеточного цикла

Тип культуры	Доля клеток в G_0/G_1-периоде,%	Доля клеток в S-периоде,%	Доля клеток в G_2+ M – периодах,%
МСК	46,1 ± 1,6	35,4 ± 1,5	18,5 ± 1,2
КМЦ	51,9 ± 1,6	42,0 ± 1,6	6,1 ± 0,8

Существенные различия двух типов культур связаны с сокращением доли клеток в фазах G_2 и митоза у клеток, дифференцирующихся в направлении кардиомиобластов. Так как стадии G_2 и M характеризуются повышенной радиочувствительностью, то полученные ранее данные D_0 (для культур МСК и КМБ крыс линии Вистар 2,00 Гр и 2,99 Гр, для культур клеток человека -1,88 Гр и 2,29 Гр соответственно) хорошо коррелируют с результатами, характерными для изменения распределения по стадиям клеточного цикла. Данный эффект отражает общую закономерность повышения клеточной радиорезистентности в процессе дифференцировки, связанную с усилением активности ферментативных систем, обеспечивающих пролиферативную и репаративную функции клеток в системах клеточного обновления [3]. Аналогичная картина наблюдается в процессе дифференцировки эмбриональных стволовых клеток в кардиомиоциты [4].

Метод может служить экспериментальной базой для клинического применения КМБ, а также основой для разработки методов биологической характеристики и контроля качества клеточных культур, приготовленных из мезенхимальных стволовых клеток костного мозга.

Литература

1 Sell S.(Ed) Stem cells handbook. – Totova, New JERSEY, Humana Press, 2004. – 510 p.

2 Cognet P.A., Minguel J.J. Phenotypical and fanctional properties of human bone marrow mesenchymal progenitor cells //J. Cell Physiol. – 1999. – V. 181. – N.1. – P.67-73.

3 Цыб А.Ф., Коноплянников А.Г., Колесникова А.И., Павлов В.В. Получение и использование в медицине клеточных культур из мезенхимальных стволовых клеток костного мозга человека // Вестник Российской Академии медицинских наук. – 2004. – Т.59. –№9. – С.71-76.

4 Lev S., Kehat I., Gepstein L. Differentiation pathways in human emrionic stem cell-derived cardiomyocites // Ann.N.-Y. Acad. Sci. – 2005. – N. 1047 – P. 50-65.

ДЕСКРИПТОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ И ТЕХНИЧЕСКИ ПРИЕМЛЕМЫХ УСЛОВИЙ В ВОДНЫХ ТЕХНОЭКОСИСТЕМАХ

А.А. Силаева, Т.Н. Новосёлова, А.А. Протасов
Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

Оценка качества водных техноэкосистем может проводиться по абиотическим и биотическим параметрам. Абиотические удобны тем, что непосредственно характеризуют конкретные негативные изменения среды, имеют количественное выражение. При этом изменения в экосистеме, вызванные различными факторами и их взаимодействием, остаются неучтенными. Преимущество биотических параметров (биоиндикация) заключается в их большей надежности и объективности. Однако наиболее эффективным все же является сочетание абиотических и биотических параметров. Основным принципом биоиндикации является оценка реакции организмов (их состава, обилия, соотношения групп, функциональных показателей и др.) на изменение условий среды. Например, фитопланктон может выступать индикатором термофикации, эвтрофирования, ацидификации, засоления и др.

Согласно Водной Рамочной Директивы ЕС в Украине оценка экологического состояния природных водных объектов проводится компаративным методом относительно принятых за

эталонные «референсных условий». Для техноэкосистем (как искусственных или сильно измененных водных объектов) установить «референсные условия» невозможно ввиду их специфики. Определение экологического потенциала техноэкосистем должно базироваться на комплексе показателей (дескрипторов), значения которых характеризуют типичное состояние данного объекта или его части. Выбор значений дескрипторов должен выполняться на основе принципов экологической желательности, на основе проектных нормативов объекта, директивно установленных нормативов, например, природоохранными органами, а также как выбор показателей, типичных для данного региона и типа объектов.

На основе многолетних гидробиологических исследований водоема-охладителя АЭС был разработан комплекс экологически и технически приемлемых условий (ЭТПУ), состоящий из 28 показателей в четырех блоках: гидрофизические, гидрохимические, биологические, технические [1]. Из первого блока важными для техноэкосистемы дескрипторами является водообмен, колебания уровня, температурный режим. Гидрохимические дескрипторы в основном касаются содержания биогенных веществ и содержание кислорода. Биотические дескрипторы охватывают как контурную, так и пелагическую части экосистемы. Наиболее чувствительным и надежным дескриптором для фитопланктона является биомасса. Биомасса нитчатых водорослей в бентосе и перифитоне важна как возможный показатель возникновения биопомех. Для зооперифитона и зообентоса в качетсве дескрипторов использованы биомасса и количество гидробиологических групп, а также показатели сапробности. Для высших водных растений используется оценка степени зарастания. Блок технических показателей учитывает степень биологических помех, вызываемых беспозвоночными и макрофитами. Комплекс дескрипторов не является универсальным, может зависеть от типа водного объекта, периода исследований, региональных особенностей. «Хороший» экологический потенциал будет у той экосистемы, которая максимально приближена по характеристикам к ЭТПУ.

Анализ результатов многолетних гидробиологических исследований показал адекватность применения ЭТПУ для оценки текущего состояния техноэкосистемы. Так, было показано ухудшение экологического потенциала от градации «хороший» при работе одного энергоблока, до «посредственный» – при подключении второго энергоблока и вселении двустворчатого моллюска дрейссены, вызвавшего возникновение сильных биологических помех.

Литература

1 Protasov O.O., Silayeva A.A., Novosiolova T.M., Uzunov Y.I. Assessment of Ecological Potential of the Aquatic Technoecosystems on the Basis of Comparative Approach // Hydrobiological Journal – 2020. – Vol.56. – №3. – P. 69-86. DOI: 10.1615/HydrobJ.v56.i3.60

МЕТОДОЛОГИЯ ЦИФРОВОЙ БИОЛОГИИ

Х.П. Тирас
Пущинский государственный естественно-научный институт, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино, Россия

Биология, как наука, призвана описывать состояние живой природы. Однако, технологические возможности биологии до 21 века не позволяли фактически работать с живыми макрообъектами – растениями и животными. Для работы с такими объектами обязательно требовался этап «сохранения» образца, что означало химическую фиксацию (для животных) или гербаризация (засушивание) для растительных объектов. С появление цифровых методов сохранения образов стало возможным создавать, хранить и анализировать виртуальные изображения живых биологических объектов: появилась цифровая биология [1].

Как все новые науки, цифровая биология требует атрибуции своих объектов и методов исследования, а также собственную систему верификации данных. Объектом исследования для цифровой биологии являются двух- и трехмерных виртуальные изображения живых растений и животных, а специфическими методами

– программы анализа изображений, базирующиеся на различных алгоритмах. Соответственно, собственная верификация полученных данных – сравнение результатов работы разных программных продуктов – будет состоять в сопоставлении полученных количественных данных друг с другом.

Все живые объекты – трехмерные, однако есть определенная группа т.н. «плоских» биологических объектам, к которым относятся плоские черви – планарии и листья растений. На первом этапе развития цифровых технологий именно плоские объекты стали основными при разработке методологии работы с живыми объектами.

Особенность цифровой биологии в том, что впервые в практике биологического исследования обеспечивается неинвазивный подход к объекту. Фактически рождается новая этика, этика цифровой натуралистики, свойственная биологии доклассической, экспериментальной науки, когда биолог был наблюдателем объектов живой природы, но не имел возможности детально исследовать структуру своего объекта [2].

В истории биологии – всегда есть «первый объект», на котором проводятся пионерские исследования, обеспечивающие прогресс нового направления: известна роль дрозофилы в развитии генетики и нейронов моллюсков в нейрофизиологии. В области цифровой биологии такой «дрозофилой» стали пресноводные плоские черви – планарии. В области цифровой ботаники такими объектами являются листья растений.

На планариям были впервые отработаны оригинальные методы верификации данных, когда для оценки результатов регенерации применялось разное программное обеспечение [3].

Таким образом, можно констатировать, что первый этап цифровизации биологии, который характеризуется интересом к двумерным (плоским) объектам в настоящее время завершен. Наступает время работы с трехмерными, объемными объектами. Первые «ласточки» такой биологии также имеются, когда создается трехмерный виртуальный аватар биологического объекта, включающий трехмерное сканирование поверхности живого образца с томографическим отражением внутренней его структуры и спе-

циальных методов регистрации реальных цветовых характеристик.

Литература

1 Тирас Х.П. Виртуальный биологический музей как зеркало компьютерной революции // Химия и жизнь.21 век. – 2000. – №11-12. – С. 24-29.

2 Тирас Х.П., Лесовиченко А.М., Кожевникова М. Этика цифровой биологии: ренессанс натуралистики // Биоэтика. – 2017. – Т.20. – №2. – С.38-43.

3 Тирас Х.П., Петров А.Б., Гостев И.М. Компьютерная морфометрия регенерации планарий – опыт верификации результатов //Компьютерная биология – от фундаментальной науки к биотехнологии и биомедицине: Тезисы докладов 1 Всероссийской научно-практической конференции». – Пущино: ПущГУ, 2011. – С. 78-79.

РАЗРАБОТКА ПРАЙМЕРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСПРЕССИИ ТАРГЕТНЫХ ГЕНОВ НЕМОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Е.М. Шестерикова, В.С. Бондаренко, П.Ю. Волкова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия.

Существует множество методов прогнозирования ответной реакции растений на стрессовые факторы разной природы. Анализ экспрессии генов – один из наиболее точных подходов, который позволяет идентифицировать гены, участвующие в адаптивной реакции растения на стресс. Для немодельных видов растений, у которых отсутствуют референсные сборки геномов и транскриптомов, необходим особый подход к оценке дифференциальной экспрессии генов.

В качестве примера решения данной задачи представлен процесс выбора таргетных генов и разработки праймеров для нескольких видов травянистых немодельных растений,

произрастающих в Чернобыльской зоне отчуждения. Основываясь на литературных данных и собственных высокопроизводительных экспериментах, а также принимая во внимание известные закономерности действия стрессовых факторов на растение, был составлен список кандидатных генов, продукты которых связаны с работой ферментных и неферментных компонентов антиоксидантной системы, с трансдукцией сигналов, с процессами фотосинтеза, транспортом пероксида водорода, а также водным обменом. Для каждого вида растения, задействованного в эксперименте, также необходимо подобрать несколько референтных генов.

Для разработки праймеров для выбранных генов необходимо подобрать наиболее консервативные участки последовательностей гомологов этих генов у разных видов растений, базируясь на известной нуклеотидной последовательности модельного растения *Arabidopsis thaliana* (информационные порталы ARAPORT или TAIR). С помощью программы BLAST в базе данных NCBI проводится выравнивание заданной последовательности кДНК *A. thaliana* в базах данных, содержащих последовательности мРНК и кДНК представителей того же семейства растений, к которому принадлежит вид растений, для которого разрабатывают праймеры. Затем для каждого гена подбирают от 3 до 10 последовательностей гомологичных генов (с наивысшим Score). Далее полученные последовательности обрабатывают в программе Clustal Omega 1.2.2, проводя множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей относительно друг друга. После этого выбирают наиболее консервативные участки последовательности нуклеотидов, характерные для всех видов одного семейства. Далее для каждой полученной последовательности нуклеотидов подбирают праймеры с помощью программы Primer BLAST. Работоспособность и специфичность полученных пар праймеров тестируют на ДНК и кДНК экспериментального растения с помощью ПЦР в реальном времени. Специфичность выбранных праймеров оценивают при помощи электрофореза в 2%-ном агарозном геле с использованием интеркалирующего красителя SYBR Green и

маркеров длины ДНК 50+ bp DNA Laddery. Далее можно проводить транскрипционный анализ интересующих нас генов.

Данный подход к разработке праймеров и изучению дифференциальной экспрессии кандидатных генов для различных видов растений может быть рекомендовано для недорогого скрининга эффектов различных стрессовых воздействий. Однако необходимо учитывать различную чувствительность растений к стрессовым факторам, так как отобранные кандидатные гены могут иметь видоспецифичный характер ответа на действие факторов различной природы.

Работа была поддержана грантами РФФИ (№ 18-34-20012) и РНФ (№ 20-74-10004).

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

PRODUCTION ^{177}LU BY REGENERATION OF THE YB TARGET FOR NUCLEAR MEDICINE AT THE RESEARCH REACTOR IRT-T

V.K. Gouws[1,2], I.A. Ushakov[1], R.D. Mavunda[2,3,4], A.B. Kwame[1]
[1] – Department of Nuclear Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin Avenue 30, 634050, Tomsk, Russia
[2] – Research and Development, NECSA-South African Nuclear Energy Corporation SOC PTY
[3] – Department of Medical Physics, Sefako Makgatho University, South Africa
[4] – Department of Physics, University of Johannesburg, South Africa

The radioisotope, ^{177}Lu (^{177}Lu), is emerging as an important radioisotope for treatment of the cancer such as breast, prostate, colon, and brain. Lutetium-177 seems more important in therapy applications for patients using low abundance gamma emission with maximum energy of 208 keV and 113 keV used for imaging and the beta particle emission with maximum energy of 498 keV, 384 keV and 176 keV used for therapeutic effect [1]. The ^{177}Lu can be produced by indirect ^{176}Yb(n,γ) ^{177}Yb→^{177}Lu route which requires a chemical separation of ^{177}Lu from the target ^{176}Yb target atoms. ^{177}Lu has potential as a therapeutic radionuclide especially in developing countries with limited facilities of reactor irradiation and for indigenous production capability of radiopharmaceuticals. The relatively longer half-life of ^{177}Lu (6.65 days) compared with other radionuclides provides logistic advantage for production, radiochemical processing, and transportation to the clients of the finished radiopharmaceuticals [2]. The importance of production and processing strategy has been exploited to obtain ^{177}Lu in a chemical form having acceptable radionuclide and radiochemical purity [3]. The method of separation of Yb and Lu were used via ^{176}Yb(n,γ) ^{177}Yb→^{177}Lu to produce no-carrier-added ^{177}Lu [4]. For this process, 10 mg of non-radioactive Yb_2O_3 and 10 μg of Lu_2O_3 were

used in which radioactive labels of Yb and Lu were added to induce radioactivity (ratio Lu:Yb = 1:1000). Cementation process was performed for five similar experiments (three cementations in each experiment). Yb_2O_3 target material was translated into chloride, mixed twice with hydrochloric acid (HCl), sodium acetate (CH_3COONa) and the selective extraction of Yb by sodium amalgam Na (Hg). HPGe detector GX1018 coupled with a multichannel analyser (MCA) (Canberra) was calibrated with ^{152}Eu source for analysis of ^{177}Lu in the presence of Yb. Gamma-ray peak of 208 keV for ^{177}Lu and 198 keV for ^{169}Yb were detected in the system. The activity of the third cementation process of radioactive Yb and Lu were found to be 2.06±0.05 Bq and 96.97±4.16 Bq which corresponds to 1.4 mg and 7.6 μg, respectively. After the cementation process, Yb target was extracted by distillation process. From the results obtained, the amount of the ytterbium was removed from the aqueous solution and the NCA ^{177}Lu was isolated in the solution. After the cementation process, high amount of Yb was observed. In conclusion, it is necessary to carry out optimization for better separation of Yb and Lu.

Keywords: NCA ^{177}Lu, cancer, radiopharmaceuticals, cementation, radiochemical purity, ^{169}Yb

References

1 Dash A., Pillai M.R.A., Knapp F.F. Production of ^{177}Lu for targeted radionuclide therapy: available options // Nuclear medicine and molecular imaging. – 2015. – V. 49. – No. 2. – P. 85-107.

2 Pillai M.R.A., Chakraborty S., Das T., Venkatesh M., Ramamoorthy N. Production logistics of ^{177}Lu for radionuclide therapy // Applied radiation and isotopes. – 2003. – V. 59. - I. 2-3. – P. 109-118.

3 Dash A., F Russ Knapp F., Ra Pillai M. Targeted radionuclide therapy-an overview // Current radiopharmaceuticals. – 2013. – V .6. – No. 3. – P. 152-180.

4 Kuznetsov R.A., Bobrovskaya K.S., Svetukhin V.V., Fomin A.N., Zhukov, A.V. Production of Lutetium-177: Process Aspects. Radiochemistry. – 2019. –V. 61. – No. 4. – P. 381-395

DETERMINATION OF CHLORIDE IONS IN SOIL NEAR KARPOV INSTITUTE OF PHYSICAL CHEMISTRY

M.B. Mbahwe, V.P. Hoang, Y.V. Nepogodina, A.A. Oudalova
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering,
NRNU MEPhI, Obninsk, Russia

A wide range of chemicals can contaminate our water, land, or air, impacting the environment and our health. Most contaminants enter the environment from industrial and commercial facilities. As such, in the summer of 2020 sampling of soils was carried out on 19 locations around a nuclear facility known as “Karpov Institute of Physical Chemistry”, in the city of Obninsk, Russia, to determine the content of chlorine in soil. Caring of our environment must be a top priority on our agenda as scientists in to preserve not only our health lives, but also the lives of our environment and other inhabitants.

Chlorine is one of the most useful and helpful elements to our lives. Chlorine kills bacteria – it is a disinfectant. It is used to treat drinking water and swimming pool water. It is also used to make hundreds of consumer products from paper to paints, and from textiles to insecticides, but on the other hand it can negatively affect our environment and influence the behaviour of radionuclides in soil.

In laboratory, measurements of chlorine content were done using potentiometric method, and results were applied in the formular below to obtain the actual content of chlorine in soil, x (mg/kg):

$$x = \frac{\mathrm{C.M.1000}}{a},$$

where C – concentration, mol/l; M – molar mass, g/mol; a – soil mass, g.

Results from chlorine concentration in soils are shown in Fig.1. The highest value is 139 mg/kg obtained for the sample 2.12. At the moment, there is no explanation of this outbreak. This high content doesn't break the maximum permissible concentration (MPC) for potassium chloride (360 mg/kg), according to Russian standards. The remaining samples contain significantly lower amounts of chloride ions than the MPC for potassium chloride.

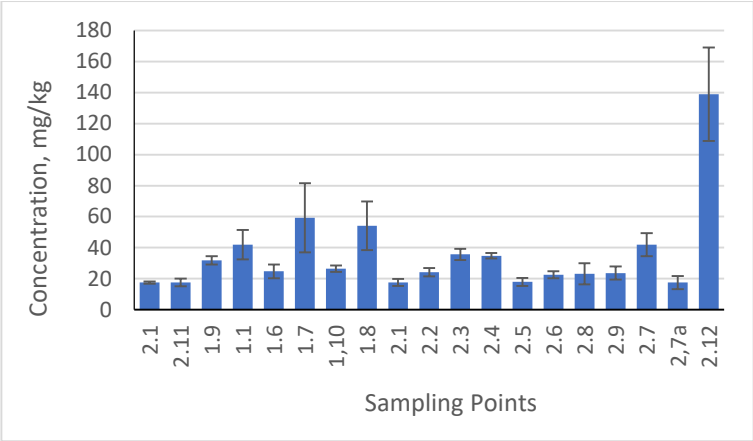


Fig 1. Cl concentration in soils.

From this study, the content of chloride ions in soils around the nuclear facility mainly varies in the range from 17.5±0.69 to 59.3±22.3 mg/kg with one exception of 139 mg/kg; these values lie below the maximum permissible level.

THE STUDY OF SEASONAL CHANGES IN BOTTOM SEDIMENTS OF WATER BODIES NEAR JSC KARPOV RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE FOR PHYSICAL CHEMISTRY (OBNINSK)

A.K. Nkausu, O.A. Momot
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI»,Obninsk, Russia

Physicochemical characteristics of bottom sediments (granulometeric compositions, pH, actual and exchangeable acidity, specific electrical) in bottom sediments in the region of radionuclide discharge, water wastes storage (leakages) to the environment are investigated.

This paper reviews changes of seasonal bottom sediments parameters for the ecological vicinity JSC Karpov Research and Development Institute for Physical Chemistry for summer and

autumn, and analyze the dependence of the bottom sediment indicators on the season of the year.

Certain properties of bottom sediments can influence migration and accumulation of harmful substances, which in turn degrades water quality and can influence survival of aquatic organisms (flora and fauna) [1].

For these purposes, experimental studies were performed for two distinct occasions' summer and autumn 2020. 19 different sediment elutriate points were analysed. The granulometric composition of the bottom sediments was determined by wet and dry methods, actual and exchangeable acidity by the potentiometric method (Anion 4100 device) and specific electrical conductivity by the conductometric method on the conductometer Anion 4100 apparatus for bottom sediments.

The granulometric composition was generally composed of sandy-loamy soils with only a few surface sites composed of medium-loam and light-loam which significantly influences the behavior of sedimentary parameters temperature, pH, water, pollutants, nutrients uptake and electrical conductivity. Actual acidity was determined by measuring the pH of an aqueous suspension or water extract from the sediments. Considering the analysis; hydrogen ion (actual acidity) properties significantly are observed at location 5 summers 9.241±0.047 and 9.220±0.061 for autumn respectively. In neutral salt such as KCl solution cation conductivity (exchangeable acids) could be observed at location 5 for summer 9.066±0.031 while autumn was location 1.1/3 with 8.764±0.028 (mS/cm). At a pH > 7 the solution indicates alkalinity which has immediate influence on the development of plants and soil microorganisms. Specific electoral conductivity was 269.022±6.603 (mS/cm) observed at location 1.1/4 in the season summer with a lower point 4 with 25.288±0.604 (mS/cm) while in autumn point 7 had a higher level of 220±11.092 (mS/cm) and lower observed at location 1.1/7 with 5.006±0.111 (mS/cm).

We can observe that the increases in values for the two seasons prove there is a fundamental dependence in actual acidity and exchangeable acids. The exchangeable acids decrease in the mean value in the two seasons enables us to conclude that changes in the

season can also influence the change in the accumulation of ions and cation in the sediments.

Higher specific electoral conductivity can be evidenced as a factor influencing the selectivity towards accumulation of inorganic ions. Sediments having a high content of soluble salts and pH change negatively affect soil processes, productivity, soil microorganisms and overall soil health.

References

1 Chitmanat C., Traichaiyaporn S. Spatial and Temporal Variations of Physical-Chemical Water Quality and Some Heavy Metals in Water, Sediments and Fish of the Mae Kuang River, Northern Thailand // International Journal of Agriculture and Biology. – 2020. – V. 12. – P. 816-820.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА CHEMOFFICE ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ ИЗОМЕРОВ ГХЦГ И ИХ СВОЙСТВ

С.Б. Айдаров, Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В лаборатории «Экологический контроль объектов ЯТЦ» ИАТЭ НИЯУ МИФИ ведутся работы по исследованию стабильности хлорорганических веществ под действием электронного и гамма-излучений. В связи с этим появляется необходимость интерпретации полученных результатов и обсуждение механизмов превращений молекул этих веществ с помощью современных инструментов исследования.

Целью работы являлось изучение возможности использования программного пакета Chemoffice 18.0 для расчета основных стереохимических характеристик молекул α-, β-, γ- изомеров ГХЦГи их физико-химических свойств.

Первоначально для визуализации простого строения, конфигурации и конформации молекулы ГХЦГ с помощью

приложений ChemDraw квантово-химического программного комплекса Chemoffice были построены 2-х мерные структуры этой молекулы. Затем, используя приложение Chem3D, были сконструированы и 3-х мерные структуры α-, β-, γ-ГХЦГ, позволяющие увидеть их конформацию «кресло» в 3D. Используя 3-х мерную модель исследуемой молекулы, можно было рассчитать для любой химической связи атомов в ней, длину и угол, которые наряду с энергией этой связи характеризуют ее прочность.

Согласно результатам расчетов длины связей C-H, C-C и C-Cl исследуемых молекул составили соответственно 1,113Å, 1,526Å и 1,795Å. Рассчитанные углы химических связей в изомерах ГХЦГ изменяются в диапазоне 108,2°-111,6°. Полученные расчетные стереохимические показатели в дальнейшем будут использованы для оценки структурных особенностей исследуемых молекул.

В таблице 1 представлены расчеты физико-химических показателей гамма-ГХЦГ с помощью Chemoffice разных версий (18.0 и 6.0) в сравнении со справочными данными.

Таблица 1

Результаты сравнения рассчитанных физико-химических показателей со справочными данными

Характеристика	Chemoffice*		Справочные данные (γ-ГХЦГ)	Δ	δ, %
	18.0	6.0			
Температура кипения (р = 1 атм), К	577,52	577,52	596,15	18,63	3,12
Температура плавления (р = 1 атм), К	322,58	322,58	385,95	63,37	16,4
Молекулярная масса, г/моль	290,81	290,83	290,83	0,02	0,007
Растворимость в воде (Т = 293,15 К), мг/л	10	-	10	0	0
Давление паров (Т = 293,15 К), Па	0,00125	-	0,00125	0	0
Энергия Гиббса (Т = 298,15 К, р = 1 атм), кДж/моль	-86,04	-86,04	-	0	0

*Расчеты в таблице представлены по методам, найденным на данном этапе освоения программы, которые дают наиболее близкие значения к справочным величинам.

Результаты, представленные в таблице 1, показывают, что относительная погрешность рассчитанных физико-химических величин незначительна или отсутствует. Завышенные значения (погрешность температуры плавления вещества -16 %), скорее всего, связаны с выбором недостаточно приемлемого метода расчета. В связи с этим необходимо продолжить подбор в программном пакете Chemoffice методов, с учетом более точного соответствия специфике каждой характеристики исследуемого вещества.

В заключение следует отметить, что квантово-химический программный комплекс Chemoffice можно использовать для изучения структуры молекулы ГХЦГ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ

О.А. Ананьева, Т.Е. Ларичева, Л.С. Турайкина, А.И. Сычева
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Изделия из полиэтилентерефталата (ПЭТФ) широко используют в различных областях техники, это пищевая промышленность, фармация, медицина, в частности, изделия из ПЭТФ используют в качестве упаковки для пищевых продуктов. Также на основе ПЭТФ выпускают трековые мембраны (ТМ) для фильтрации.

Так как часто фильтрация происходит при повышенных температурах, а продуктом деструкции полиэтилентерефталата под действием температуры являются уксусный альдегид, терефталевая кислота [1], поэтому нами было проведено исследование деструкции мембран из ПЭТФ при воздействии температуры.

Были взяты образцы ТМ из ПЭТФ и выдержаны в кипящей дистиллированной воде в течение 1, 2, 3 часов. В качестве образцов были взяты ТМ с размерами пор 0,24, 0,3 и 0,45 мкм, а также нетравленая облученная пленка. После кипячения образцы были высушены до постоянной массы и взвешены. Пробы растворов после кипячения были остужены до комнатной температуры, измерены их электропроводность, определены их УФ - спектры поглощения на спектрофотометре СФ -56.

Масса образцов после кипячения уменьшилась от 0,5 до 1,5% в зависимости от времени кипячения. Уменьшение массы примерно одинаково для образцов с разными диаметрами пор.

Электропроводность растворов увеличилась примерно в 10 раз. С увеличением размера пор электропроводность растворов после кипячения возрастает.

На основании этого можно сделать вывод, что при кипячении происходит деструкция образцов, о чем говорит уменьшение их

массы, а увеличение удельной электропроводности, свидетельствует о появлении в растворе заряженных частиц, ионов, что также свидетельствует о деструкции материалов.

Опыты показали, что после кипячения образцов в дистиллированной воде обнаруживаются продукты, которые поглощают свет в УФ – области спектра (рис.1).

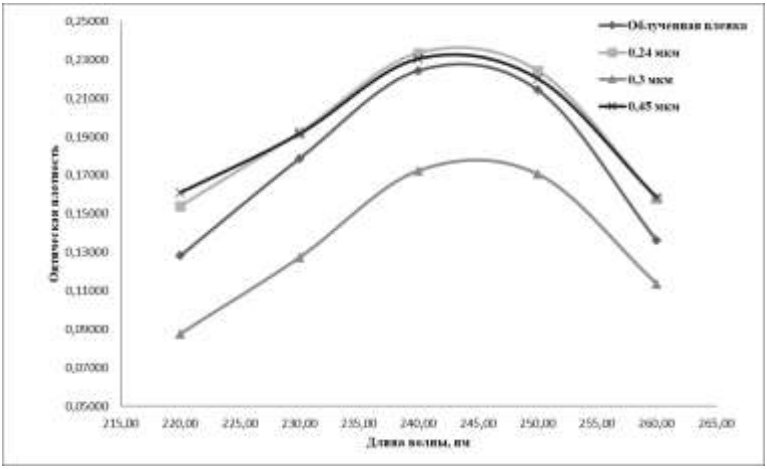


Рис. 1. Спектр поглощения продуктов деструкции ПЭТФ после кипячения для облученной пленки и трековых мембран с диаметром пор 0,24, 0,3 и 0,45 мм.

Согласно литературным данным [2,3], можно полагать, что в растворе накапливаются терефталат – ионы, которые образуются при гидролизе молекул полимера.

Литература

1 Стрепихеева А.А, Деревицкая В.А. Основы химии высомолекулярных соединений. М.: - ГНТИ Химической литературы, 1961. – 276 с.

2 Мошковский Н.С., Гайченко Л.Н., Лаврентович Я.И. Особенности химического травления полиэтилентерефталата, облученного излучениями с различными ЛПЭ, //Атомная энергия. –1977. – Т.43. – №2. – С. 104 - 107.

3 Ларичева Т.Е., Мачула А.А., Милинчук В.К. Исследование влияния продуктов щелочного гидролиза при производстве

трековых мембран на основе пленок ПЭТФ//Известия вузов. Сер. Ядерная энергетика – 1999. – №3П. – С. 45.

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ. КАК АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЙОДДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ

О.Ф. Безруков, Д.В. Зима
Клинический медицинский многопрофильный центр Святителя Луки, г.Симферополь, Россия
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И.Вернадского», г.Симферополь, Россия

В последние годы отмечается значительный рост уровня заболеваний щитовидной железы в различных регионах мира. По данным ВОЗ в районах йододефицита более 740 млн. человек имеют различные заболевания щитовидной железы. При этом определяющую роль в возникновении заболеваний ЩЖ имеют экзогенные факторы, формирующие комплекс факторов риска, которые имеют определённый структурно-функциональный эквивалент, характеризующий степень вероятности развития заболевания. Ведущую роль тут играет дефицит йода.

Доказано, что при йододефицитных состояниях происходит увеличение деструктивного воздействия свободных радикалов. Усиленное поглощение щитовидной железой радиоактивного йода и преимущественная секреция Т3 являются отражением адаптационных механизмов, развивающихся в условиях йодной недостаточности.

Йодная недостаточность потенцирует рост аутоиммунных процессов в щитовидной железе: узловых новообразований, рака; снижения интеллектуального потенциала всего населения [1].

Основной метод решения проблемы недостатка йода в рационе населения - йодирование продуктов питания, т.е. создание продуктов функционального назначения.

Кроме неэффективного йодирования соли существует практика обогащения йодом многих пищевых продуктов и сырья. Известны разработки йодированной муки, дрожжей, воды,

напитков, масла, молочных продуктов, сыров, кондитерских и мясных изделий. Для обогащения молока и молочных продуктов йодом в последние годы предложено использование белкосвязанного йода гидробионтов. Они имеют противозобное действие благодаря содержащемуся в них йоду. Они содержат также биологически активные вещества, которые оказывают содействие усвоению йода организмом. Эффективность их применения обусловлена наличием в составе гидробионтов макро- и микроэлементов. Йод и другие микронутриенты в составе морских водорослей находятся в связанном с белками и полисахарами виде (т.е. органической форме), что в отличие от минеральных соединений йода (KI, KIO_3) является для организма более приемлемым и естественным.

В последние годы предложено использовать белкосвязанный йод в липосомальной форме в качестве кормовых смесей продуктивных животных и птиц. Такой йод имеет биодоступность 96-98% [2]. В получаемых продуктах питания содержится нетоксичный биологически йодированный белок. Его применение гарантирует нормальную концентрацию йода в обогащённых молочных и мясных продуктах, не разрушающуюся при переработке.

Выводы:

1. Без решения проблемы йодного дефицита не могут быть решены задачи улучшения качества жизни человека.
2. Гидробионты (водоросли) являются природным комплексом микроэлементов, которые находятся в органической форме.
3. Использование водорослей в кормах для животных, с использовнием органического йода в липосомальной форме, позволяет получить продукты питания с гарантированной концентрацией йодированного белка.

Литература

1 Балаболкин М.И., Клебанова Е.М., Креминская В.М. Фундаментальная и клиническая тиреидология. - М.: Медицина, 2007. – 816 с.

2 Ильязов Р.Г., Катвалюк А.Л. Биоциклы и йоддефицит территорий: актуальные проблемы и их решение. – Казань, 2021. – 79 с.

ПЛАНИРОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

А.В. Берестина, А.В. Бахвалов, Н.Б. Эпштейн
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Мониторинг производственной среды – это неотъемлемая часть фармацевтической системы качества. Результаты мониторинга учитываются при выпуске серии на рынок [1].

Для получения адекватных результатов, важно правильно определить количество и расположение точек отбора проб при планировании микробиологического мониторинга.

Цель работы – определение наиболее критичных точек отбора проб для проведения микробиологического мониторинга чистых помещений класса D на базе ИАТЭ НИЯУ «МИФИ».

На основании оценки рисков, были определены 17 наиболее критичных точек с точки зрения микробного загрязнения [1, 2].

Отбор проб в каждой точке был выполнен десятикратно во время различных случаев эксплуатации чистых помещений.

Используемые питательные среды и условия инкубации отобранных проб соответствовали требованиям ОФС.1.2.4.0002.18 «Микробиологическая чистота».

Описание точек отбора проб и полученные результаты (средние значения) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика точек отбора проб и полученные результаты

Помещение	Точка отбора	Общее число аэробных микроорганизмов
Воздушная среда при норме не более 200 КОЕ / м^3		
Помещение для хранения сырья	Центральная часть помещения	17
Гардеробная		27
Помещение готовой продукции		18
Производственный участок	Возле входа в помещение Гардеробную	25
	Возле гранулятора	20
	Возле таблеточного пресса	26
Рабочие поверхности при норме не более 50 КОЕ / пластина		
Гардеробная	Дверная ручка	19
	Раковина	50
Производственный участок	Дверная ручка	1
	Раковина	23
	Потолок	1
	Пол	3
	Дренажная решетка	8
	Вытяжка	0
	Стена	6
	Стол	5
	Таблеточный пресс	3

Для точек контроля рабочих поверхностей (дверная ручка и раковина в гардеробной; раковина и стена рядом с гранулятором в производственном участке) были получены результаты, превышающие допустимые пределы микробного загрязнения. Контроль исследуемых чистых помещений в указанных точках является наиболее критичным.

Полученные результаты подтверждают репрезентативность выбранных точек отбора проб и указывают на необходимость усиления выполняемых санитарно-гигиенических мероприятий.

Литература

1 Приказ Минпромторга России от 14.06.2013 N 916 (ред. от 18.12.2015) «Об утверждении Правил надлежащей производственной практики» (Зарегистрировано в Минюсте России 10.09.2013 N 29938) / Информационно-справочная система «Консультант-Плюс».

2 Александров А.В. Оценка риска микробного загрязнения при эксплуатации чистых помещений // Чистые помещения и технологические среды. – 2010. – № 2 (34). – С. 24-31.

СРАВНЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСТРАКЦИИ ПИГМЕНТОВ ИЗ КОРНЕПЛОДОВ И БОТВЫ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

М.И. Валентик, Ю.Д. Соколова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Синтетические красители представляют собой опасность для здоровья человека, их широко используют в пищевой и фармакологической индустрии. Таким образом, замена синтетических красителей на натуральные является вопросом безопасности здоровья людей. Однако природные красители не устойчивы, поэтому изучение их свойств и попытки увеличения их стабильности является актуальной задачей.

Целью исследования стало изучение кинетических характеристик экстракции пигментов из натурального источника красителя – свеклы столовой.

Объектом исследования являлись измельченные образцы сырых корнеплодов и стебли ботвы свеклы столовой (лат. *Béta vulgáris*) шести сортов. В состав свеклы входят два пигмента: бетанины – обуславливающие красный цвет и бетаксантины, имеющие желтую окраску. Бетанин Е-162 известен как краситель Свекольный красный. Помимо того, что краситель абсолютно

безопасен для организма человека, так же он является полезным питательным веществом [1].

В зависимости от сорта свеклы содержание бетанина и бетакснатина может варьироваться, что напрямую влияет на насыщенность окраски такого красителя. Интерес представляет ботва свеклы, которая также содержит в своем составе оба пигмента и может быть использована для получения красителя.

При исследовании обнаружили, что содержание бетанина в корнеплодах значительно превышает его содержание в ботве и экстракция из корнеплодов протекает с большей скоростью. Стебли ботвы, имеющие ярко красную окраску, медленно отдают краситель, вероятно из-за большого количества клетчатки.

На скорость и полноту извлечения влияет температура экстракции. Были сняты кинетические кривые извлечения красителя водным раствором и рассчитаны коэффициенты и скорости извлечения пигментов при трех различных температурах. Увеличение температуры увеличивает скорость извлечения пигментов. При пониженных температурах бетаскантин практически не экстрагируется, повышение температуры способствует повышению его концентрации и появлению желтизны при выдерживании растворов [2].

В зависимости от условий хранения было произведено сравнение кинетических кривых извлечения красителя водным раствором, приготовленных из свеклы и стеблей ботвы, хранившихся при комнатной температуре и в морозильной камере. Было отмечено, что замораживание положительно влияет на экстракцию пигмента из корнеплода: содержание красителя бетанина выше, чем в корнеплоде того же сорта, хранившегося при комнатной температуре. Заморозка ботвы не привела к положительным результатам, пигмент извлекался в меньших количествах и его содержание незначительно.

Исследование поможет оптимизации производства красителя, в таких аспектах как: подбор оптимальных сортов, условия хранения, обработка корнеплодов.

Литература

1 Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон; Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 250-255 с.

2 Методы исследования сырья и готовой продукции: Учебно-методическое пособие / Под ред. Ю.Г. Базарнова. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 48 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПИРОЛИЗА ПВХ ОТХОДОВ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 400-600 ºС

А.В. Ванюшкин, Н.А. Яценко, Н.Г. Ванюшкина
ООО «НПП «Ресурсосберегающие технологии утилизации»,
г. Жуков, Россия

Одним из наиболее перспективных спосособ утилизации отходов имеющих органическую структуру, такие как резины, пластики, полимерные материалы, является пиролиз [1]. В процессе пиролиза утилизируемые отходы нагревают в инертной среде до температуры их термической деструкции. При этом получают пиролизный газ, жидкость и твёрдый углеподобный остаток. В зависимости от полноты проведения процесса, углеподобыный остаток может представлять собой как чистый углерод, так и его смесь с соединениями с низким содержанием водородных связей. Пиролизный газ представлет собой смесь горючих газов по составу близкий к попутному нефтяному газу. Пиролизная жидкость может выступать аналогом синтетической нефти [2].

Проведены исследования процесса пиролиза органического мусора на примере отходов ПВХ плитки. Внешний вид отходов представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Внешний вид утилизируемых отходов ПВХ плитки.

Эксперименты осуществляли в устройстве для утилизации органического мусора методом пиролиза, представленном в [3]. В таблице 1 приведены результаты экспериментов.

Таблица 1

Результаты пиролиза ПВХ отходов

Температура, °С	М, г (исходная масса)	t, мин (длительность утилизации)	$\varphi_г$, доля пирогаза, н.л.	$\varphi_ж$, выход пиролизной жидкости, мл	$\varphi_т$, выход твердого углеподобного остатка, г
400±10	1000±5	33±1	245±2	384±1	470±5
450±10	1000±5	27±1	245±2	417±1	445±5
500±10	1000±5	23±1	268±2	406±1	440±5
550±10	1000±5	17±1	268±2	395±1	430±5
600±10	1000±5	15±1	297±2	340±1	425±5

Как видно с ростом температуры процесс ускоряется, а количество получаемого углеподобного остатка $\varphi_т$ снижается, выход пиролизного газа $\varphi_г$ увеличивается. В свою очередь, наибольший выход пиролизной жидкости $\varphi_ж$ происходит в интервале температур 450 – 500 °С, который можно считать оптимальным с точки зрения утилизации ПВХ отходов. Актуальной задачей дальнейших исследований является

масштабирование установки, изучение химического состава получаемых продуктов и их калорийности.

Литература

1 Martınez J.D. et al., Waste tyre pyrolysis – A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – 23. – P.179–213.

2 Ульянов В.В., Кошелев М.М., Харчук С.Е., Гулевский В.А., Тимочкин А.В. Исследование закономерностей пиролиза твердых органических полимеров при их нагреве расплавом металла. // Нефтехимия. 2018. – Т. 58. –№ 1. – С. 73.

3 Вилков М.В., Ванюшкин А.В., Яценко Н.А. Утилизатор органического мусора с высокоэффективной передачей теплаб / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С. 68-70.

ОЦЕНКА ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ АВАРОЛА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОПУХОЛЕВОЙ МОДЕЛИ *IN VIVO*

Е.Р. Выпова,[1] А.А. Шитова[2], О.В. Солдатова,[2] Е.А. Смирнова[1], В.А. Рыбачук[2], М.Д. Фомичев[1], М.В Филимонова[2]

[1]– Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] –МРНЦ им. А.Ф. Цыба. – филиал ФБГУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

В настоящее время во всем мире актуальной является проблема увеличения числа онкологических заболеваний. Применение лекарственных препаратов является практически неотъемлемой частью адекватного современного лечения онкологических больных. Однако большинство используемых цитостатических препаратов обладают высокой системной токсичностью, что существенно ухудшает качество жизни пациентов и ставит жесткие условия при принятии решения о

модификации доз цитостатиков, режиме их введения и даже о возможности продолжения противоопухолевой терапии. В этой связи актуальным представляется поиск эффективных и низкотоксичных противоопухолевых агентов.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба одним из направлений деятельности является исследование возможности применения соединений природного происхождения для лечения онкологических заболеваний. Одним из таких веществ является аварол ($C_{21}H_{30}O_2$) – сесквитерпеноидный гидрохинон, выделенный из морской губки *Dysidea avara*. Ряд исследований показал выраженную противоопухолевую цитотоксическую активность аварола в отношении ряда опухолевых штаммов *in vitro* при отсутствии токсических эффектов в отношении нормальных клеток [1]. Однако в современной литературе отсутствуют данные о применении аварола как противоопухолевого агента *in vivo,* что является существенным препятствием для возможности его использования в клинической практике.

Целью работы являлась оценка противоопухолевой активности аварола на экспериментальной опухолевой модели солидной карциномы Эрлиха (КЭ) *in vivo* и подбор наиболее оптимальных доз и схем противоопухолевой терапии.

Исследования проводились на мышах-самках линии F1 (CBA×$C_{57}BL_6$j), разделенных на две группы: контрольная и экспериментальная. Всем животным подкожно в область правого бедра трансплантировали КЭ. Контрольные животные в дальнейшем не получали каких-либо экспериментальных воздействий. Животные опытных групп с 7 по 21 сутки получали внутрибрюшинно аварол в разных дозах. Динамику веса животных и измерение объёма опухолевого узла проводили каждые трое суток.

Результаты исследований показали низкий противоопухолевый потенциал аварола в дозе 17 мг/кг, однако при увеличении дозы до 50 мг/кг наблюдалось усиление противоопухолевой активности, характеризующееся статистически значимыми различиями в объемах опухолевых узлов леченых и нелеченых животных. При дозе 50 мг/кг

противоопухолевый эффект развивался уже к 3 суткам после начала терапии и сохранялся до конца наблюдения. Торможение роста опухоли оставалось на уровне 35%. Кроме того развитие токсических эффектов не наблюдалось.

Таким образом, полученные результаты подтверждают наличие выраженной противоопухолевой активности аварола *in vivo*, что, несомненно, требует дальнейших исследований в данном направлении.

Литература

1 Muller W.E.G., Zahn R.K., Gasic M.J., Dogovic N., Maidhof A., Becker C., Diehl-Seifert B., Eich E. Avarol, a cytostatically active compound from the marine sponge dysidea avara // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology. −1985. − V. 80. − №1.− P. 47-52.

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА, ОБЛАДАЮЩЕГО ДОФАМИНЕРГИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ В ТАБЛЕТКАХ

К.А. Добони, Е.Н. Карасева
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Каберголин – синтетическое производное алкалоидов спорыньи эрголина, которое является агонистом дофаминовых D_2-рецепторов, стимулируя их, вызывает выраженное и длительное угнетение секреции гормона передней доли гипофиза – пролактина. Оказывает высокое терапевтическое действие при гиперпролактинемии.

Основной целью исследовательской работы являлась оценка возможности применения спектрофотометрического метода для дальнейшего его использования для количественного определения каберголина при производстве таблеток.

Спектрофотометрический метод был выбран, т.к. анализ, проводимый с его помощью в отличии от высокоэффективной хроматографии, обладает низкой себестоимостью, высокой селективностью и простотой подготовки проб.

Объектом исследования был выбран Достинекс® 0,5 мг каберголин таблетки фармацевтической компании «Pfizer». Спектрофотометр UV-1800 Shimadzu (Япония) был использован для оценки возможности количественного определения каберголина в таблетке.

Для оценки линейности было приготовлено 5 растворов каберголина со следующим содержанием действующего вещества:
0,1 мг, 0,25 мг, 0,4 мг, 0,5 мг и 0,6 мг. Спектры поглощения этих растворов имели четко выраженные максимумы поглощения при 280 нм в области длин волн от 230 нм до 330 нм. В тех же условиях был снят спектр поглощения раствора смеси вспомогательных веществ, и он не имел четко выраженного максимума поглощения в указанной области длин волн.

Экспериментальные данные по зависимости значения оптической плотности от количества каберголина в пробе обрабатывали с помощью метода наименьших квадратов. Определили линейную зависимость с коэффициентом корреляции 0,9999, углом наклона $b = 0,5728$ и свободным членом $a = – 0,0064$.

Для оценки значимости коэффициентов в уравнении $y = bx + a$ были вычислены их доверительные интервалы $\Delta b = 0,0180$ и $\Delta a = 0,0074$. Можно сделать вывод, что свободный член a незначим.

Убедившись в линейности, рассчитали предел количественного обнаружения и предел обнаружения каберголина в растворе, которые составили 0,0015 мг/мл и 0,0005 мг/мл соответственно.

В результате исследовательской работы проверили спектрофотометрическую методику для количественного определения каберголина, выяснили, что выбранная методика специфична и линейна, что в определенной степени делает ее пригодной для количественного определения каберголина.

Возможность использования данной методики для контроля качества очистки технологического оборудования при производстве таблеток, в которых действующим веществом является каберголин, будет оценена дополнительно.

Литература

1 Pubchem.Cabergoline // Сайт: «Pubchem» Режим доступа: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cabergoline.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МЕТОДА ПРИ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СМЕСИ ПЕСТИЦИДОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Н.И. Добрева
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

С развитием техники инструментального хроматографического анализа с масс-спектрометрическим детектированием многие лаборатории внедрили и используют в своей работе методы многокомпонентного анализа. Особенно актуальны такие методы для определения остаточных количеств пестицидов. В настоящее время в Российской Федерации нормируется более 500 действующих веществ на различных сельскохозяйственных культурах. Так, например, при выращивании зерновых, используются протравители семян, гербициды для борьбы с сорняками, инсектициды для борьбы с насекомыми-вредителями, фунгициды для борьбы с грибковыми болезнями растений, десиканты для подсушивания зерна в период зрелости перед уборкой.

Методы многокомпонентного анализа включают пестициды различной химической природы, имеющие существенные различия по своим физико-химическим свойствам и в хроматографическом поведение при анализе. Методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием обыкновенно определяются летучие, среднелетучие и некоторые

труднолетучие пестициды. Причем, труднолетучие пестициды, имеющие и высокую массу от 450 г/мол и выше, трудно детектируются и имеют слабый хроматографический отклик.

Для усиления хроматографического отклика и увеличения чувствительности анализа был проведен эксперимент с использованием растворов смеси пестицидов различной химической природы (табл. 1), приготовленных в различных органических растворителях. В качестве растворителей использовали ацетон, гексан, дихлорметан и толуол.

Таблица 1

№ п п	Наименование	Молекулярная масса, г/моль	№ п п	Наименование	Молекулярная масса, г/моль
1	Альфа-ГХЦГ	290,8	5	п,п-ДДТ	354,5
2	Гамма-ГХЦГ	290,8	6	Эсфенвалерат	419,9
3	Хлороталонил	265,9	7	Дельтаметрин	505,2
4	п,п-ДДД	320			

Учитывая, что растворимость каждого из пестицидов в использованных растворителях превышает 1 г/100 см^3, были приготовлены основные растворы смеси с содержанием каждого компонента 100 мкг/см^3. Далее путем разведения были приготовлены исследуемые растворы с содержанием компонентов 1; 0,1 и 0,01 мкг/ см^3.

Анализ проводили в одинаковых хроматографических условиях на газовом хроматографе с тандемным масс-спектрометрическим детектором фирмы Agilent 7010B/7890B. Полученные хроматограммы анализировали, сравнивая интенсивность, полученных пиков по площади и высоте.

В результате проведенного эксперимента получены следующие результаты: интенсивность пиков для первых четырех пестицидов по времени удерживания (альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, хлороталонил, п,п-ДДД) оказалась идентичной и растворители не оказали видимого влияния. Для трех других

пестицидов с более поздним временем выхода (п,п-ДДТ, эсфенвалерат, дельтаметрин) отклики сигналов для растворов ацетона, дихлорметана и гексана оказались одинаковыми. Отклики, полученные в растворе толуола оказались больше в 1,5-2 раза, чем в ацетоне, дихлорметане и гексане. Особенно существенно возросла чувствительность синтетических пиретроидов (эсфенвалерата и дельтаметрина) в толуоле.

Полученные данные позволяют сделать вывод о возможности увеличения интенсивности хроматографического сигнала и, соответственно, чувствительности метода для определения труднолетучих пестицидов и других органических загрязнителей за счет использования растворителя, имеющего сравнительно низкую летучесть. Увеличение хроматографического пика можно объяснить более полным переходом в газовую фазу исследуемого компонента в потоке менее летучего растворителя (эффект концентрирования) в инжекторе и лайнере хроматографа и, соответственно, более полным переносом вещества через хроматографическую колонку к детектору.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА ИНОВАЦИОННОГО ПРЕПАРАТА DD217, ИНГИБИТОРА ФАКТОРА ХА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ ЖИВОТНЫХ

Н.С. Дубовик[1], Д.Ф. Гуранда[2], Г.В. Раменская[3], Д.Г. Товбин[4,5], Д.Н. Тарасов[4,5], А.Ю. Савченко[1]

[1] – ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия

[2] – Научно-исследовательский институт физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

[3] – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

[4] – ООО «ФармаДиол», г. Москва, Россия

[5] – ФГБУН ФИЦ химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва, Россия

N-(5-хлорпиридин-2-ил)-2-({4-[этанимидоил (метил) амино] бензоил}амино)-5-метилбензамида гидрохлорид (далее - DD217) – инновационный препарат, относящийся к классу антикоагулянтов, ингибиторов фактора Ха [1].

Для изучения фармакокинетического профиля DD217 у животных нами был разработан и валидирован высокоспецифичный и чувствительный метод на основе ВЭЖХ с тандемным масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС). Определение DD217 в биологических образцах требовало проведения пробоподготовки, которая состояла из стадий экстракции, высушивания объединенного слоя экстрагента и растворения сухого остатка перед анализом. В качестве внутреннего стандарта был выбран небиволол по причине близкой молекулярной структуры с DD217 и одинакового поведения с DD217 на стадиях экстракции, хроматографии и детектирования.

Хроматографическое разделение достигалось с использованием колонки Phenomenex Luna C8 (3 мкм, 50x4,6 мм) в градиентном режиме при использовании элюентов на основе

водно-ацетонитрильного раствора с содержанием 0,1% муравьиной кислоты. Время анализа образцов составляло 2 мин. DD217 и небиволол детектировали в режиме положительной ионизации электроспреем по ионным переходам m/z 436,1→119,9 и 406,0→151,0, соответственно. Валидация разработанной методики была проведена на основе руководств FDA [2] и EMA [3] по следующим параметрам: пригодность хроматографической системы; селективность; линейность и нижний предел количественного определения (НПКО); правильность и прецизионность; эффект матрицы; стабильность; допустимость разведения; степень извлечения; эффект переноса.

Разработанный метод был успешно применен для определения фармакокинетического профиля субстанции DD217 в плазме крови крыс после внутрижелудочного введения в дозе 5мг/кг. Полученные данные показали, что субстанция DD217 постепенно всасывается в системный кровоток (T_{max}= 2,0 ч) и постепенно элиминируется (период полувыведения составляет 6,7 ч, среднее время удерживания – 6,36 ч).

Литература

1 Tarasov D.N., Tovbin D.G., Malakhov D.V., Aybush A.V., Tserkovnikova N.A., Savelyeva M.I., Savchenko A.Y. The Development of New Factor Xa Inhibitors Based on Amide Synthesis // Current Drug Discovery Technologies. – 2018. – 15(4). – P. 335–350.

2 Food and Drug Administration. Available at: https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/bioanalytical-method-validation-guidance-industry.

3 European Medicines Agency. Available at: https://www.ema.europa.eu/en/bioanalytical-method-validation.

МЕТОД РАЗРАБОТКИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ АКТИВНОЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ДАПАГЛИФЛОЗИН)

П.А. Жильцов[1], И.А. Пожарнов[1], Н.Б. Эпштейн[1], Г.В. Раменская[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

Требования гигиенического нормирования содержания активной фармацевтической субстанции (АФС) в атмосферном воздухе населенных мест (атм.в.н.м.) является неотъемлемой составляющей начала производства любого лекарственного препарата, который в своем составе содержит вещества, на которые не определены гигиенические нормативы. Гигиенический норматив устанавливает верхнюю допустимую границу воздействия, в рамках которой необходимо организовать производственную деятельность с учетом соблюдения норм экологической безопасности для компонентов природной среды (в рассматриваемом случае – для атм.в.н.м.).

Один из лекарственных препаратов, производство которого было локализовано в России, содержит в своем составе АФС – дапаглифлозин, который предназначен для лечения больных сахарным диабетом 2 типа.

Настоящее исследование посвящено обоснованию ОБУВ аэрозоля дапаглифлозина (рис. 1) в атм.в.н.м.

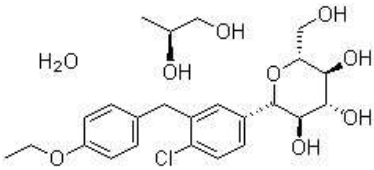


Рис. 1. Структурная формула дапаглифлозина.

Основой для разработки гигиенического норматива является набор исследований, направленных на установление ряда токсикологических характеристик воздействия АФС. Методы исследования функций органов и систем подопытных животных выбирались с учетом доступных литературных данных о биологическом действии АФС. В экспериментах использовались мыши, крысы и кролики. Для регистрации проявлений интоксикации использовались как интегральные показатели, так и показатели функционального состояния органов и систем. Исследования проводились как в краткосрочном интервале воздействий (острая/подострая токсичность, местное разряжающее действие, сенсибилизирующее действие и др.), так и в долгосрочном (хроническая токсичность, мутагенное действие, канцерогенное действие, кумулятивные свойства и др.).

Класс опасности АФС определяли в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76, класс токсичности – по классификации К.К. Сидорова.

Прогноз величины порога острого ингаляционного действия (Limac) дапаглифлозина проведен по минимальной суточной терапевтической дозе в соответствии с МУ 1.1.726-98.

В соответствии с МУ 1.1.726-98 проведен и прогноз величины ОБУВ дапаглифлозина в атм.в.н.м. Для этой цели использовались: полученные параметры токсикометрии (Limac 0,31 мг/м3, кумулятивное действие по Лиму 7,6), рекомендованный ОБУВ дапаглифлозина в воздухе рабочей зоны (0,02 мг/м3), и суточные терапевтические дозы: минимальную – 0,005 г и высшую – 0,01 г.

Принимая во внимание полученные экспериментальные данные и результаты проведенного прогноза безопасного уровня, рекомендованный ОБУВ аэрозоля дапаглифлозина в атмосферном воздухе населенных мест составляет 0,0002 мг/м3.

Установление норматива послужило отправной точкой для планирования дальнейших мероприятий по контролю за уровнем негативного воздействия фармацевтического производства на атмосферный воздух, что позволяет организовать производство

готовых лекарственных средств без нанесения ущерба окружающей среде.

Литература

1 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности – М., Госстандарт СССР (введен 10.03.1976 № 579).

2 Методические указания Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: Методические указания МУ 1.1.726-98. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 70 с.

ГОДОВАЯ ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ МЕДИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АО НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА

В.В. Ивахно, К.А. Московская, О.А. Момот, Т.В. Мельникова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

В наши дни из-за повсеместного загрязнения гидросферы малые реки и водоемы испытывают избыточную нагрузку. Привнесение токсичных элементов, в частности, тяжелых металлов, может представлять опасность для гидробионтов. Поэтому, необходимым является мониторинг концентрации этих элементов во времени, с целью установления причин тех или иных изменений, происходящих в исследуемых объектах.

Цель данной работы – изучение динамики концентрации меди в водных объектах, расположенных вблизи АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова за 2018-2020 гг.

Объектом исследования являлась вода, отобранная на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН) НИФХИ им. Л.Я. Карпова в 2018-2020 гг. Точки отбора: 1 - 4 – в СЗЗ и ЗН АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова; 5 – р. Дырочная, 6,7 – р. Протва.

Стоит отметить, что точки 1 – 4 являются водными объектами культурно-бытового водопользования, в то время как точки 5-7 – рыбохозяйственного. Для первой группы объектов ПДК(Cu) составляет 1,0 мг/л (в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21), для второй – $ПДК_{рх}$ (Cu) 0,001 мг/л (в соответствии с Приказом Минсельхоза России №554 от 13.12.2016).

Определение концентрации меди C(Cu) в воде проводилось по методике, представленной в работе [1].

На рисунке 1 показаны усредненные годовые результаты измерения концентрации меди в летне-осенний период наблюдений 2018-2020 г. Погрешности измерений составили 5-30%.

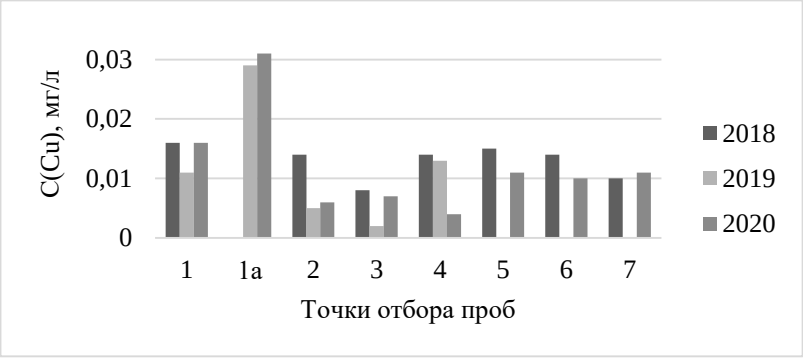


Рис.1. Годовая динамика концентрации меди в воде.

Из диаграммы рис.1 следует, что в точках 1 и 3 в 2019г отмечалось снижение C(Cu) в сравнении с 2018 г, а затем в 2020 году – значительное увеличение C(Cu). В точках 2, 4, 5, 6 наблюдалось снижение C(Cu) после 2018г. В точке 7 в 2018 и 2020 годах C(Cu) остается практически неизменным. За весь период наблюдений в точках 5-7 отмечается превышение $ПДК_{рх}$ на порядок.

Интерес представляет водоем (точка отбора проб воды 1а), связанный с аналогичным объектом (точка отбора проб воды 1) общим источником поступления воды. В 2019-2020 году здесь регистрировались в ряде проб воды максимальные значения C(Cu): 0,043±0,001 и 0,125±0,019 мг/л соответственно.

В настоящее время в тех же объектах исследуются различные физико-химические показатели воды и донных отложений. В

дальнейшем предстоит оценить взаимозависимость C(Cu) и дополнительно изученных показателей качества воды и донных отложений.

Литература

1 Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. М.: Медицина, 1990. – 400 с.

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ПИРИДИНОВЫХ ФУНГИЦИДОВ

А.А. Ивченкова
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

В России и зарубежом успешно применяют препараты на основе пиридинового фунгицида – флуазинама для борьбы с возбудителями фитофтороза и альтенариоза картофеля, против серой гнили на винограде, парши на яблоне, килы на крестоцветных, фитофтороза и белой плесени на арахисе. Флуазинам ингибирует прорастание спор, проникновение гифов, рост и спорообразование.

Отмечается относительная безопасность для человека при потреблении обработанных продуктов.

Вещество не оказывает раздражающего действия на кожу, но раздражает слизистую оболочку глаз, и его остаточные количества в окружающей среде могут приводить к дерматитам и астме.

Флуазинам может быть относительно стойким в воздухе. Расчётный период полураспада в воздухе из-за фотохимической деградации 163 дня. По физико-химическим параметрам вещество, предположительно, обладает средним и высоким потенциалом улетучивания. Также возможен перенос на большие расстояния. Поэтому необходимо контролировать содержание пестицида в атмосферном воздухе населенных мест.

ОБУВ для атмосферного воздуха составляет 0,001 мг/м^3.

Анализ публикаций показывает, что остаточные количества флуазинама в пищевых продуктах/кормах растительного происхождения и экологических матрицах определяют в основном методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с масс-детектором или с ультрафиолетовым детектором (УФ).

Для разработки метода измерения концентраций флуазинама в атмосферном воздухе был выбран метод ВЭЖХ-УФ как обладающий высокой чувствительностью, точностью, избирательностью и относительной доступность. Необходимое условие – наличие специфичного спектра вещества. Был обоснован способ концентрирования вещества из воздуха, разработан этап подготовки проб и оптимизированы условия детектирования соединения.

При оценке агрегатного состояния флуазинама в воздушной среде ориентировались на данные по летучести – давление паров 7,5 мПа при 20^{0}С. Теоретическими расчетами, принимая во внимание параметр давления паров, молекулярную массу (465,1), установлено, что возможная концентрация парообразной фракции в воздухе, обусловленная естественной летучестью флуазинама, составляет 1,430 мг/м^3. Это позволяет сделать заключение о том, что значимой с учетом гигиенических нормативов, является паровая фракция вещества.

Отбор проб воздуха осуществляли на сорбционные трубки ORBO™ 43 Supelpak™-20, 100/50 мг. Для моделирования воздушных проб на сорбционные трубки наносили количества флуазинама, соответствующие 0,0008-0,008 мг/м^3 при объеме пробы 62,5 дм^3. Скорость аспирации составляла 2 дм^3/мин. Экстракцию с трубок выполняли ацетоном при воздействии ультразвука.

Сканирование спектра поглощения флуазинама в ультрафиолетовой области (220-320 нм) показало максимум поглощения при 258 нм.

Анализ выполнялся на хроматографической стальной колонке, содержащей сорбент С18 (150х4,6 мм, зернение 5 мкм)

при изократическом режиме элюирования и составе подвижной фазы 2% уксусная кислота - ацетонитрил (20:80, по объему).

Средняя полнота извлечения по диапазону определяемых концентраций составила 95,7%. В соответствии с метрологической оценкой метода суммарная погрешность измерения концентраций флуазинама в атмосферном воздухе – 16%.

По результатам выполненной работы сформированы методические указания «Измерение концентраций флуазинама в атмосферном воздухе населенных мест методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» по разделу 4.1. Методы контроля. Химические факторы.

ОЦЕНКА РАДИОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИНГИБИТОРА NO-СИНТАЗ ДТ2 В НОРМАЛЬНОЙ ТКАНИ МОЧЕВОГО ПУЗЫРЯ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ НОВООБРАЗОВАНИЙ ОРГАНОВ МАЛОГО ТАЗА

Д.В. Ирхина[1], Т.А. Чудновец[1], В.М. Макарчук[2], Л.И. Шевченко[2], В.А. Рыбачук[2], К.А. Николаев[1], М.Д. Фомичев[2], О.В. Солдатова[2], А.А. Шитова[2], М.В. Филимонова[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», г. Обнинск, Россия

В XXI веке отмечается тенденция к повышению онкологической заболеваемости в ряде стран. В 2017 в Российской Федерации были выявлены онкологические заболевания у 617 177 человек. Среди впервые заболевших у 24,03% опухоли были локализованы в областималого таза. Одним из эффективных решений данной проблемы является лучевая терапия. К сожалению, радикальные дозы могут приводить к развитию радиационно-индуцированного циститаразной степени тяжести. Это осложнение может настолько снижать качество жизни пациента, что нарушает

планы лучевой терапии. В самых тяжелых случаях это поражение может приводить к летальному исходу. Решением этой проблемы может стать местное применение соединений с радиозащитными свойствами.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф.Цыба одним из направлений является изучение радиозащитных свойств соединений из класса N-ацил-S-алкилзамещенныхизотомочевин, обладающих свойствами ингибиторов NO-синтаз. На данный момент установлено, что соединение под условным шифром ДТ2 обладает выраженными радиозащитными свойствами при внутрибрюшинном введении за 15-60 минут до лучевого воздействия.

Целью работы является оценка радиозащитного потенциала соединения ДТ2 при внутрипузырном введении.

В ходе работы был произведен предварительный подбор оптимальной дозы радиопротектора для внутрипузырного введения. В качестве объектов для исследования были отобраны самки крыс линии F1 (Wistar) N=3. Перед внутрипузырным введением радиопротектора, животные были наркотизированы раствором тиопентала натрия в концентрации 60 мг/ кг, по 0,1 мл р-ра на 100 г веса крысы. Раствор готовили на основе 0,9% раствора NaCl. Перед катетеризации мочевого пузыря область уретры была обеззаражена 0,05% раствором хлоргексидина, а местное обезболивание произвели 10% раствором лидокаина. Растворы в концентрациях 3% и 0,75% вводились двум крысам через интрокан размерами 0,9/25мм в объеме 0,6-0,7 мл. Для приготовления 3% раствора использовали 30 мг ДТ2 в 1 мл воды для инъекций, а для 0,75% 7,5 мг ДТ2 в 1 мл воды для инъекций.

На основе полученных результатов были начаты пилотные исследования по оценке радиозащитных свойств соединения ДТ2 при внутрипузырном введение самкам крыс линии F1 (Wistar) перед лучевым воздействием. Разработка экспериментальной модели радиационно-индуцированного повреждения мочевого пузыря проводится на основе модели лучевого цистита. Облучение осуществляется на медицинском мобильном линейном ускорителе электронов NOVAC-11, доза облучения 18

Гр с энергией электронов 10 МэВ, мощность дозы облучения 121,49 Гр/мин.

На основе анализа результатов пилотного эксперимента будут запланированы детальные исследования соединения ДТ2 в качестве средства защиты здоровых тканей при терапии новообразований органов малого таза на экспериментальных моделях in vivo у мышей и крыс.

Таким образом, результатом исследований может стать разработка нового способа защиты здоровых органов малого таза от радиационных повреждений, что позволит снизить количество осложнений при лучевой терапии.

ПОИСК НОВЫХ ДНК-ЛИГАЗ ДЛЯ ЛИГАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ - ЛЦР - В МЕТАГЕНОМЕ КОМПОСТА

А.Н. Карманова[1,2], И.Лу[3], А.А. Зимин[1]
[1] – Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, Россия
[2] – ФГБОУ ВО «Пущинский государственный естественно-научный институт» Российская Федерация, г. Пущино, Россия
[3] – College of Life Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai, China

Лигазная цепная реакция (ЛЦР) - это амплификация ДНК, в которой используется термостабильная ДНК-лигаза. ДНК-зонды, участвующие в этом лигировании, сконструированы так, что 5'-конец одного зонда непосредственно примыкает к 3'-концу другого. ЛЦР была разработана для обнаружения точечных мутаций, так как некомплементарность оснований на стыке двух зондов - это все, что необходимо для предотвращения лигирования. ЛЦР является альтернативой ПЦР. Исходно для ЛЦР использовалась НАД-зависимая ДНК-лигаза *Thermus aquaticus*. Поиск новых ферментов может открыть новые применения в тестировании наследственных заболеваний, диагностике рака, поиске мутаций в вирусах и бактериях. Компост - это источник термоустойчивых ферментов [1]. С

помощью PSI-BLAST был проведен поиск в метагеноме компоста гомологов основного инструмента генетической инженерии ДНК-лигазы фага Т4, опираясь на методику использованную нами ранее [2]. Филогенетический UPGMA-анализ анализ 7 гомологов ДНК-лигазы Т4, отобранных из метагенома компоста показал, что гомологи MNH59446.1, MND31794.1, MNC17035.1 наиболее близки к ДНК-лигазе Т4 и могут обладать как высокой активностью, так и термоустойчивостью (Рис.1.).

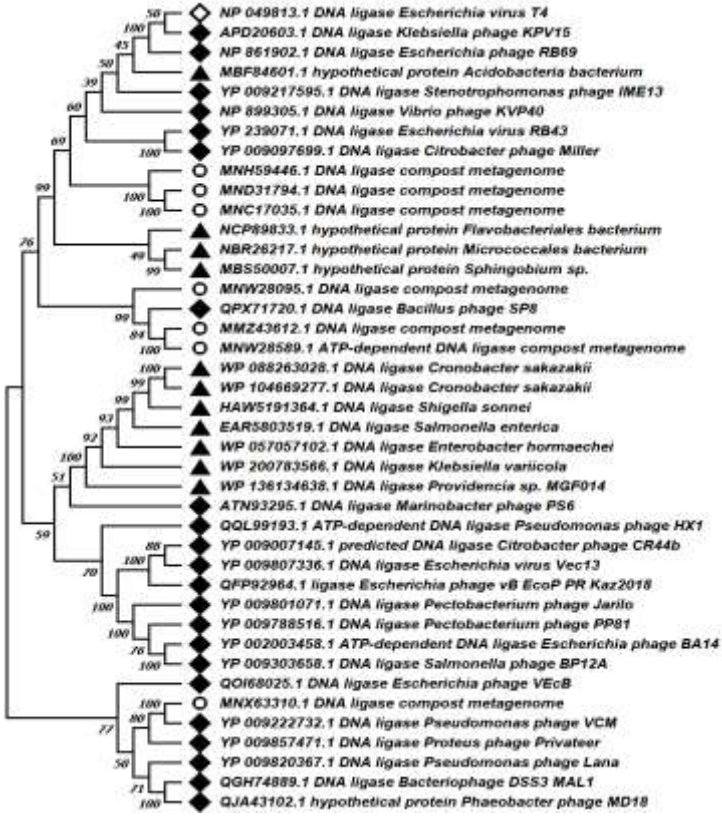


Рис.1. UPGMA-анализ гомологов ДНК-лигазы фага Т4, отобранных из метагенома компоста - кружки, фаговых белков – ромбы, и бактериальных- треугольники.

Работа была поддержана средствами гранта РФФИ № 20-54-53018 ГФЕН_а и выполнялась в рамках данного проекта.

Литература

1 Kawai M., Futagami T., Toyoda A. et al. High frequency of phylogenetically diverse reductive dehalogenase-homologous genes in deep subseafloor sedimentary metagenomes // Front. Microbiol. – 2014. –V. 5. –P. 80.

2 Karmanova A.N., Zimin A.A. Oceanic evolution of the enzyme repairing the UV-induced DNA lesions // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – V. 1701. doi:10.1088/1742-6596/1701/1/012022

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ ПО ГИГИЕНИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

И.И. Картамышев[1], А.Ю. Савченко[2], И.А. Пожарнов[3]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия
[3] – ООО «АстраЗенека Индастриз», г. Обнинск, Россия

Условия труда на протяжении последних десятков лет остаются одной из самых актуальных и социально значимых проблем [1]. В конце XX века Международной организацией труда [2] принята стратегия «Здоровье для всех в XXI веке», одна из задач которой — обеспечение здоровой и безопасной производственной среды.

Целью работы является разработка стратегии по гигиеническому мониторингу на фармацевтическом предприятии ООО «АстраЗенека Индастриз».

Задачи работы:

1. Провести гигиенический мониторинг и определить фактические концентрации токсического действующего

вещества дапаглифлозин в воздухе рабочей зоны при производстве лекарственного препарата Форсига в форме таблеток, покрытых пленочной оболочкой;

2. Разработать программы по гигиеническому мониторингу воздуха рабочей зоны.

В ходе работы проверяли на соответствие гигиеническим нормативам концентрации дапаглифлозина в воздухе рабочей зоны, предельно-допустимая концентрация которого 10 мкг/м^3. Для отбора проб воздуха рабочей зоны использовались автономные насосы Gilian GilAir Plus и фильтры из ПВХ Zefon. Первичный мониторинг проводился на всех стадиях производства, а именно: взвешивание, смешивание, компактирование, таблетирование, покрытие пленочной оболочкой и первичная упаковка. Контроль за источниками пыли проводился в стационарных точках, вблизи источника на специально оборудованных штативах. Воздух рабочей зоны проверялся персональным методом, путём размещения пробоотборного оборудования на операторе производственной линии, в области дыхания, в радиусе 15 см от носа. Анализ фильтров проводился в лаборатории методом обращено-фазовой ВЭЖХ.

Результаты показали, что при производстве на стадиях смешивания, покрытия пленочной оболочкой и первичной упаковки концентрация дапаглифлозина в воздухе рабочей зоне ниже предела обнаружения, что говорит нам о безопасности работы на данных процессах. На стадиях взвешивания и таблетирования концентрация дапаглифлозина составляла меньше 10 % от ПДК, что говорит нам о безопасности работы на данных процессах. На стадии компактирования концентрация дапаглифлозина выше ПДК в 1,5 раза, что говорит нам о том , что безопасность на данном процессе можно обеспечить только с помощью использования респираторов с фильтрами воздуха FFP3 со степенью защиты в 40 раз.

Таким образом, в результате работы была разработана стратегия по гигиеническому мониторингу воздуха рабочей зоны при производстве лекарственного препарата Форсига в форме таблеток, покрытых плёночной оболочкой и выявлены

критические зоны, для дальнейшей модернизации безопасного производства.

Литература

1 Измеров Н.Ф. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г. («Стратегия 2020») и сохранение здоровья работающего населения России // Мед. труда и промышленная экология. – 2012. – №3. – С. 1–8.

2 Зеркалов Д.В. Безопасность труда в сфере охраны здоровья. Правила. Рекомендации. Инструкции. Справочное пособие // К.: Основа. – 2011. – 598 с.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФУНГИЦИДА КЛАССА ПИКОЛИНАМИДОВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОПЕРАТОРОВ

К.С. Курпединов, О.Е. Егорченкова, В.И. Антипова
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Основным источником поступления химических средств защиты растений в воздушную среду является обработка сельскохозяйственных культур способом наземного штангового опрыскивания.

Фенпикоксамид ((3S,6S,7R,8R) -8-бензил-3-{[(4-метокси-3-{[(2-метилпропаноля)окси]метокси}пиридинин-2ил)карбонил] амино}-6-метил-4,9-диоксо-1,5-диоксонан-7-ил-2-метилпропаноат) – новый фунгицид класса пиколинамидов, представляющий собой производное ацилоксиметилового эфира, препараты на основе которого нашли широкое примение для обработки зерновых культур.

Для определения экспозиционных уровней с целью оценки риска работающих с препаратами на основе фенпикоксамида был валидирован метод измерения концентраций фенпикоксамида в воздушной среде.

Оценивая агрегатное состояние фенпикоксамида в воздушной среде, с использованием расчетных методов учитывающих величину давления насыщенных паров вещества при конкретной температуре и молекулярную массу, была рассчитана концентрация парообразной фракции в воздухе, обусловленная естественной летучестью фенпикоксамида, которая составила $5,4*10^{-5}$ мг/м^3. Полученные данные позволили сделать заключение о том, что значимой с учетом гигиенических нормативов (рекомендуемый ОБУВ в воздухе рабочей зоны 0,9 мг/м^3, ОБУВ в атмосферном – 0,002 мг/м^3) является аэрозольная фракция вещества.

Использование бумажных фильтров высокой плотности «синяя лента» для концентрирования аэрозоля, а также сорбционных трубок ORBO-44, заполненных пористым полимерным сорбентом, обеспечило эффективный отбор вещества из воздушной среды с достаточной полнотой сорбции и приемлемым проскоком при аспирации воздуха. Экстракцию с фильтров и сорбционных трубок выполняли ацетоном.

Оценена возможность хранения экспонированных фильтров в холодильнике в течение 15 дней и экспонированных сорбционных трубок в морозильной камере, холодильнике и при комнатной температуре в темноте в течение 7 дней.

Идентификацию и количественное определение фенпкоксамида выполняли методом газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием в режиме регистрации выбранных ионов (SIM), ионы с m/z (отношение: масса/заряд): 143 (количественный расчет), 207, 281.

Средняя полнота извлечения по диапазону определяемых концентраций составила 91,9 % (для сорбционных трубок) и 92,7 % (для бумажных фильтров высокой плотности). В соответствии с метрологической оценкой методов, суммарная погрешность измерения концентраций фенпикоксамида в воздушной среде не превышает 25 %.

Разработанный метод обеспечил низкий уровень количественной идентификации: 0,08 мг/м^3 при аспирации 2 дм^3 воздуха рабочей зоны и 0,0016 мг/м^3 при аспирации 25 дм^3 атмосферного воздуха.

При проведении гигиенических исследований в период регистрационных испытаний был применен метод определения экспозиционных уровней фенпикоксамида в пробах воздушной среды во время штангового опрыскивания полевых культур препаратом на его основе, а также при проведении механизированных работ через три дня после обработки. В результате анализа в пробах воздушной среды фенпикоксамид не был обнаружен. Низкий уровень количественной идентификации фенпикоксамида в воздушной среде повышает достоверность полученных результатов и надежность установленного допустимого риска, позволяющего рекомендовать применение нового фунгицида в сельскохозяйственной практике с минимальным риском для работающих и населения.

СРАВНЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗОМЕРОВ ГХЦГ В СОСТАВЕ ПРЕПАРАТА ДУСТА ГЕСАХЛОРАНА, ОБЛУЧЕННОГО НА РАЗЛИЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ УСКОРИТЕЛЯХ

С.В. Ле, Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Радиационные технологии широко применяются в различных отраслях современной экономики, в том числе для переработки, утилизации и обезвреживания отходов производства. В течение последних лет в лаборатории «Экологический контроль объектов ЯТЦ» ИАТЭ НИЯУ МИФИ были получены данные по радиационному разложению действующего вещества пестицидного препарата дуста гексахлорана при воздействии электронного и гамма-облучения на различных облучательных установках (гамма- установках и электронных ускорителях).

Целью настоящей работы было сравнение радиационной устойчивости изомеров ГХЦГ в составе пестицидного препарата, облученного на различных электронных ускорителях.

Объектом исследования были образцы сухого порошка пестицидного препарата, облученные в линейке доз 10-200 кГр на РТУ: УЭЛР 10-15-С (2019 г.), УЭЛР 10-10С2 (2018 г.) и УЭЛР-10-10-40 (2017г.), обозначенные в дальнейшем А, Б, В. Энергия электронов на всех установках -10 МэВ. В таблице 1 приведены параметры указанных установок.

Таблица 1

Основные технические характеристики установок линейных электронных ускорителей

Наименование параметра	А	Б	В
Частота, МГц	2856	2856	2856
Диапазон регулирования энергии электронов, МэВ	7-10	10	8 - 10
Размер поля облучения продукции, см	40-60	40	40
Стабильность энергии электронов, %	4	-	2,5

По методикам, представленным в работах [1,2] осуществлялась подготовка проб облученных образцов пестицидного препарата и выполнялся хроматографический анализ его состава. Определялась эффективность радиационного разложения ГХЦГ по показателю, представленному в таблице 2.

Таблица 2

Степень разложения изомеров ГХЦГ (Р,%) при воздействии электронов в интервале поглощенной дозы от 10 до 200 кГр на различных РТУ

Уста-новка	*Р, %								
	10 кГр			100 кГр			200 кГр		
	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
А	35,4	41,2	36,4	-	-	-	-	-	-
Б	45,2	52,3	47,3	59,9	61,4	65,3	63,3	70,5	70,1
В	44,3	49,6	41,8	63,7	56,2	66,3	64,8	71,7	68,5

*Погрешность определения составила 10-15 % от измеряемой величины. α-, β- и γ- изомеры ГХЦГ.

Согласно данным, представленным в таблице 2, показатель Р для всех изомеров возрастает с увеличением поглощенной дозы электронного воздействия. Во всех дозах облучения, с учетом

погрешности измерения, не наблюдается статистически достоверного различия в разложении изомеров ГХЦГ для различных линейных ускорителей. Можно считать, что приведенные в табл.1 характеристики РТУ обеспечивают близкие условия электронного воздействия на препарат, среди которых энергия электронов в 10 МэВ является общим и, по-видимому, основным фактором, объясняющим полученные нами результаты.

Литература

1. Melnikova T.V., Polyakova L.P., Gordeev A.V., Oudalova A.A. Radiation stability of lindane and active substance of hexachlorane dust preparation under electron irradiation (https://www.scopus.com/re...874298&origin=resultslist) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 487. – No.1. doi: 10.1088/1757-899X/487/1/012024.

2. Polyakova L.P., Melnikova T.V., Lukyanova N.N. A study of the ionizing radiation impact on lindane and the active substance of «hexachlorane dust» chemical // Izvestiya Wysshikh Uchebnykh Zawedeniy, Yadernaya Energetika. – 2017. – No. 1. – P. 107-115 (in Russian).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДМИЯ В ГРУДНОМ СБОРЕ №4 И НАСТОЯХ ИЗ НЕГО МЕТОДОМ АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

Д.В. Лёвушкин[1], И.В. Гравель[1], А.А. Скибина[1], И.В. Михеев[2]
[1-] – Институт Фармации им. А.П. Нелюбина ПМГМУ им.И.М. Сеченова, г. Москва, Россия
[2-] – МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Одним из важнейших факторов риска применения растительных препаратов является потенциальная возможность накопления в лекарственном растительном сырье (ЛРС) тяжелых металлов в результате антропогенного загрязнения окружающей среды [1].

Кадмий относится к токсичным металлам и подлежит контролю в ЛРС и продуктах питания [2, 3]. Сборы состоят из нескольких видов ЛРС и широко применяются в медицинской практике.

Объектами исследования служили: грудной сбор №4, полученный из него водорастворимый экстракт сухой и водные извлечения (настои). Кроме того, изучены отдельные компоненты сбора.

Таблица 1

Содержание кадмия в ЛРС и препаратах, в мкг/г

Вид ЛРС /препарата	Сухое сырьё	Водное извлечение
Ромашки аптечной цветки	0,39±0,01	0,02±0,00
Календулы лекарственной цветки	0,10±0,01	<0,01
Мяты перечной листья	<0,01	<0,01
Багульника болотного побеги	<0,01	<0,01
Солодки корни	<0,01	<0,01
Фиалки трава	1,19±0,05	0,11±0,01
Грудной сбор №4	0,37±0,01	0,07±0,01
Сухой экстракт	0,17±0,02	0,02±0,00

Предварительную минерализацию образцов проводили смесью азотной кислоты, концентрированной и воды деионизированной в микроволновой системе Milestone Ethos Up (Италия). Элементный анализа осуществляли на атомно-эмиссионном спектрометре ИСП-АЭС 720-ES (Agilent Technologies, США) [2].

В табл. 1 показано, что наибольшее содержание кадмия наблюдается в траве фиалки (1,19±0,05 мкг). В водном извлечении из грудного сбора №4 средняя концентрация кадмия составила 0,11 мкг/мл (рис. 1). Для грудного сбора №4 характерен наибольший переход в водное извлечение (18,92%).

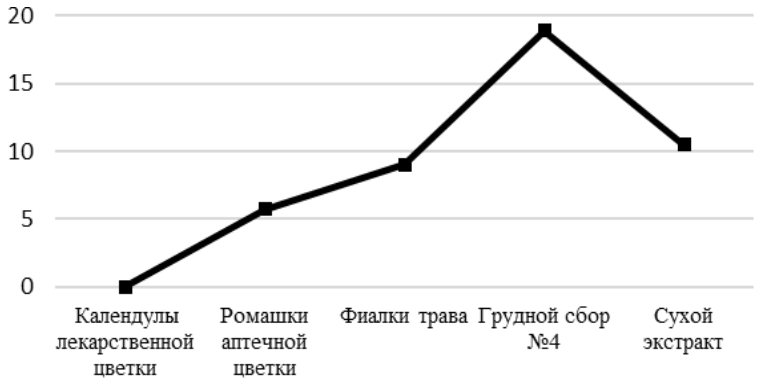


Рис. 1. Переход кадмия в водное извлечение (настои), в %.

Литература

1 Гравель И. В. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах: учебное пособие/И. В. Гравель, Я. Н. Шойхет, Г. П. Яковлев, И. А. Самылина. М.: ГЭОТАР- медиа, 2012. – 304 с.

2 Государственная фармакопея Российской Федерации. 14 изд-е. Москва. – 2018. Электронный ресурс. Режим доступа: http://femb.ru/femb/pharmacopea.php.

3 Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПин 2.3.2.1078–01. М, 2001. – 223 с.

РАДИАЦИОННОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ОБВОДНЕННОМ ПРЕПАРАТЕ ДУСТЕ ГЕКСАХЛОРАНА

А.Ю. Мелешко, Т.В. Мельникова, Л.П. Полякова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики - филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Разработка эффективных способов утилизации запрещенных пестицидов различных классов и назначений является одной из актуальных экологических проблем. На сегодняшний день установлено, что методы, основанные на радиационной деструкции хлорорганических пестицидов, способны привести к разложению этих химикатов и снизить их токсические свойства. Исходя из экологических требований по утилизации ХОП, в данной работе было рассмотрено радиационное воздействие на вещество в нейтральной среде, т.е. без использования химических добавок.

Целью работы являлось изучение радиационного воздействия на устойчивость ГХЦГ, как действующего вещества дуста гексахлорана в водной среде. В задачи входило определение степени разложения изомеров ГХЦГ в зависимости от величины поглощенной дозы электронного и гамма излучений.

Объектом исследования являлся отход пестицидного препарата дуст гексахлорана. Исследовались обводненные образцы пестицидного препарата с дистиллированной водой в различных соотношениях.

Условия облучения проб описаны в работах [1-2]. Результаты гамма- воздействия на образцы были взяты из работы [1].

Результаты степени разложения компонентов ГХЦГ в составе обводненного препарата дуста гексахлорана после электронного и гамма- облучений представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, применение обоих способов облучения препарата в водной среде приводит к разрушению молекул ГХЦГ. Максимальная величина деструкции достигается

при дозе 100 кГр после электронного воздействия и достигает 63,0 % для γ-ГХЦГ и 54,0 % для α-ГХЦГ.

Таблица 1

Степень радиационного разложения Р, % изомеров ГХЦГ при воздействии гамма и электронного облучений

Вид излучения	гамма			электронное	
	1:1*	1:10*	1:2*	1:1*	
D, кГр / Изомер	10		117	10	100
α-ГХЦГ	23,9	22,5	–	43,0	54,0
γ-ГХЦГ	28,6	37,6	46,2	50,0	63,0

Погрешность определения составила 10 % от измеряемой величины.
*Состав образца –масса образца, г: объем дистиллированной воды, мл.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при условии одинакового состава образцов и значений поглощенной дозы (1:1, 10 кГр), величина степени разложения изомеров ГХЦГ оказывается в 1,5 - 2 раза больше после электронного воздействия по сравнению с гамма-облучением. Следует отметить, что увеличение объема добавленной воды, также как уровня поглощенной дозы в гамма-облученных образцах, не обеспечивают достижения значений Р,% ГХЦГ, установленных при облучении препарата ускоренными электронами. По всей видимости, для возможной утилизации дуста гексахлорана в обводненной форме будет более эффективным применение способа облучения ускоренными электронами.

Литература

1 Полякова Л.П., Мельникова Т.В., Козьмин Г.В., Лукьянова Н.Н., Глушков Ю.М. Методические аспекты радиационной обработки пестицидных препаратов в целях утилизации их отходов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №11. – С. 210-215.

2 Ивахно В.В. Исследование влияния pH среды на радиационную устойчивость действующего вещества пестицидного препарата гексахлоран дуст / В.В. Ивахно, А.Ю.Мелешко, Т.В.

Мельникова, Л.П. Полякова // Сахаровские чтения 2020 года: экологические проблемы XXI века: материалы 20-й международной научной конференции в 2 ч. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – Ч. 1. – С. 253-256.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРЕХОДА СВИНЦА ИЗ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА В ПЕРИФЕРИЧЕСКУЮ КРОВЬ ОВЕЦ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ПОСТУПЛЕНИИ С РАЦИОНОМ

Э.Б. Мирзоев, В.Г. Епимахов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Разработана компартментальная математическая модель перехода свинца из желудочно-кишечного тракта в периферическую кровь овец при хроническом поступлении с рационом. Модель параметризована на основе собственных экспериментальных данных и проведена её оценка [1].

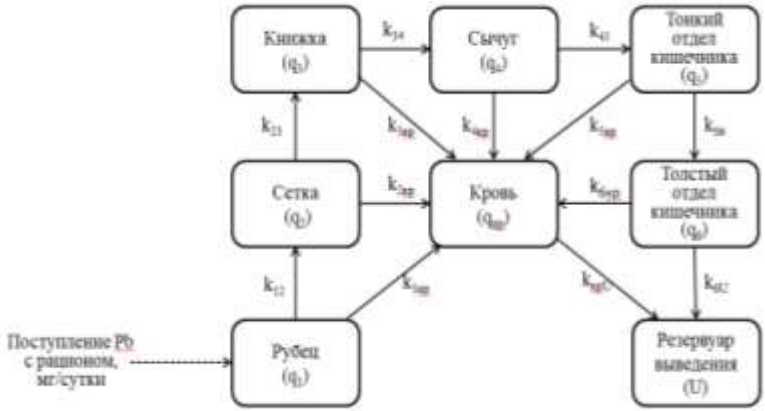


Рис. 1. Концептуальная модель желудочно-кишечного тракта овец для описания перехода свинца в периферическую кровь при хроническом поступлении с рационом.

Результаты моделирования показали, модель удовлетворительно описывает изменения содержания свинца в периферической крови овец. Новизна исследования заключается в определении констант скорости перехода свинца в зависимости от уровня металла в рационе и продолжительности его поступления.

Изменения констант скорости перехода имеют одинаковый вид и на 90-е сутки интоксикации практически “выходят на плато”, что характеризует наступление равновесия между поступлением металла с рационом и выведением из организма [2].

Модель позволяет оценить концентрацию свинца в периферической крови и тканях разных отделов ЖКТ овец в течение всего периода поступления металла в зависимости от его уровня в рационе:

$$q_1 = \frac{0{,}9561 \cdot d}{k_{12} + k_{1\text{кр}}};\ q_2 = \frac{k_{12} \cdot q_1 - 0{,}0801 \cdot d}{k_{23} + k_{2\text{кр}}};\ q_3 = \frac{k_{23} \cdot q_2 - 0{,}1163 \cdot d}{k_{34} + k_{3\text{кр}}};$$

$$q_4 = \frac{k_{34} \cdot q_3 - 0{,}2113 \cdot d}{k_{45} + k_{4\text{кр}}};\ q_5 = \frac{k_{45} \cdot q_4 - 0{,}0846 \cdot d}{k_{56} + k_{5\text{кр}}};\ q_6 = \frac{k_{56} \cdot q_5 - 0{,}1075 \cdot d}{k_{6U} + k_{6\text{кр}}};$$

Где:

q_j – концентрация свинца в j отделе ЖКТ, (мг/кг);

d – суточное поступление свинца с рационом, (мг);

$k_{j,j+1}$, $k_{j,кр}$ – константы скорости перехода из j в j +1 отдел ЖКТ и кровь, (сутки$^{-1}$);

Концентрация свинца в периферической крови определяется по формуле:

$$q_{\text{кр}} = \frac{\sum_{j=1}^{6} k_{j,\text{кр}} \cdot q_j - 0{,}00001 \cdot d}{k_{\text{кр}U}}$$

Математическая модель предназначена и может представлять интерес для научных сотрудников, работающих в области агроэкологии сельскохозяйственных животных.

Литература

1 Епимахов В.Г., Мирзоев Э.Б. Концептуальная модель метаболизма свинца в организме сельскохозяйственных

животных с многокамерным желудком при поступлении с рационом // Российский журнал “Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии”. – 2019. – №3 (31). – С. 320 - 327. Doi: 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201903013.

2 Мирзоев Э.Б., Кобялко В.О., Полякова И.В., Губина О.А. Метаболизм свинца и механизмы его цитотоксического действия в организме млекопитающих (обзор) / Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, №6. – С. 1131-1141. Doi: 10.15389/ agrobiology. 2018.6.1131rus.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ВБЛИЗИ НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА

К.А. Московская, В.В. Ивахно, Т.В. Мельникова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Актуальность работы обусловлена необходимостью выявления зависимости между концентрацией меди и характеристикой водной экосистемы (pH среды), что помогает оценить воздействие самой среды на поступающее загрязнение от радиационно-опасного объекта.

Целью исследования стало изучение влияния кислотности среды на содержание меди в водных объектах вблизи НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Объектом исследования являлась вода, отобранная на территории вблизи НИФХИ им. Л.Я. Карпова летом 2020 г.

Измерение меди в воде проводилось на спектрофотометре UV-mini1240 (Япония) по методике, представленной в работе [1]. Водородный показатель pH измерялся потенциометрическим методом на АНИОН 4100 (Россия).

Объектом исследования являлась вода из четырех (1-4) водоемов, расположенных вблизи НИФХИ. Водоем 1 состоит из 2 прудов, соединенных трубой под дорогой, проходящей рядом с территорией НИФХИ, откуда вода стекает в один из прудов. В

указанном водоеме производился отбор проб в 13 прибрежных точках.

Данные по значениям pH поверхностных вод и содержании в них меди представлены в таблице1. Измеренные значения pH и меди в водоеме 1 были усреднены для первого и второго пруда в отдельности.

Таблица 1

Результаты определения меди и pH в воде (летом, 2020 г.)

№ водоема	<pH>	<C(Cu)>, мг/л
1(пруд1)	8,480±0,025	0,015±0,004
1(пруд 2)	8,487±0,024	0,030±0,004
2	7,336±0,140	0,006±0,002
3	6,784±0,040	0,007±0,001
4	7,086±0,090	0,004±0,001

Как видно из таблицы 1 водоемы по приведенным показателям отличаются друг от друга, что может быть обусловлено особенностями генезиса их вод или характером возможного загрязнения. Вода в водоеме 1 имеет сравнительно более высокие значением pH и содержание меди. Эти показатели прудовой воды, скорее всего, обусловлены особенностями химического состава водных сбросов, производившихся с территории НИФХИ, содержащих медь в растворимой химической форме при установленных величинах pH.

Состав воды в водоемах 2-4 формируется под влиянием иных источников. Об этом свидетельствуют на порядок меньшие концентрации меди, а также рассчитанный коэффициент корреляции (r = -0,550 по шкале Чеддока) для показателей pH и содержания меди. Такая зависимость характерна для большинства природных поверхностных вод, испытывающих минимальные антропогенные нагрузки [2]. Известно, что в кислой водной среде растворимость минеральной составляющей почвы, содержащей ионы меди, увеличивается. Кроме того, снижение pH способствует переходу меди из сорбированного в почве (на минеральных и органических веществах) состояния в

свободное, что также приводит к возрастанию ее концентрации в контактных водах [3].

Наши исследования (на примере изменения концентраций меди) показали, что влияние кислотности водной среды на ее состав надо учитывать при выявлении возможных антропогенных воздействий.

Литература

1 Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю. В. Новиков, К. О. Ласточкина, 3. Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.

2 Силин И.И. Пресные воды Калужской области. - Калуга: ВИЭМС, 2005. – С.78-79

3 Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учебное пособие / А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ НА ТЕРРИТОРИИ ВБЛИЗИ АО НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА

Т.Н. Нго, Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Сведения о состояния водных объектов, расположенных вокруг АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова, необходимы для обеспечения безопасности населения местности, прилегающей к территории института, применяющего и разрабатывающего радиационно-химические технологии.

Цель работы -оценка посезонного уровня железа в 2018 и 2020 гг в воде источников, санитарно-защитной зоны (СЗЗ), зоны наблюдения (ЗН) и отдельных участков за ее пределами. Объект исследования - поверхностные воды водоемов (в пределах СЗЗ и ЗН, точки отбора проб воды соответственно 1-4) и водотоков (в

пределах береговой линии рек Дырочная и Протва, точки отбора 5,6,7). В Протву, в конечном итоге, попадают сточные воды из НИФХИ, а в Дырочную возможны подземный сток с водных объектов, расположенных в СЗЗ и ЗН, или воздушные загрязнения с промышленной площадки НИФХИ.

Для всех проб воды (2018 и 2020 гг.) определялась концентрация железа (C_{Fe}), а также рассчитывались коэффициент концентрации (K_c) элемента и его аномальность (А) [1]. Использовались результаты экологического мониторинга по программе, принятой в 2017 г. в отделении ЯФИТ ИАТЭ НИЯУ МИФИ [2], а также данные собственных измерений. Для расчета Кс и А элемента взято значение его фоновой концентрации [3].

В воде железо общее определялось фотометрическим методом [8]. Погрешности измерений соответствовали требованиям метода. Данные измерений и расчетов представлены в таблице1.

Таблица 1

Показатели воды Лето / Осень	Место отбора проб воды						
	водоемы				водотоки		
	СЗЗ	ЗН			За пределом ЗН		
	1*	2	3	4	5	6	7
2018г							
Fe мг/л	0,54 / 0,29	2,54/ 2,92	2,29/ 2,25	0,88/ 2,21	1,04/ 0,60	/ 0,66	/ 0,65
Кс (Fe)	1,4/0,8	7/8	7/6	2/6	3/1,6	/1,7	/1,7
А** (Fe)	-/-	+/+	+/+	+/+	+/-		
2020г							
Fe мг/л	0,12 / 0,69	2,26 / 2,04	3,22/	3,63/	0,54/ 0,33	2.57 / 0,53	1.51/ 1,61
Кс (Fe)	- /1,8	6/5	9/	10/	1,4/0,9	7/1,4	4/4,
А** (Fe)	-/-	+/+	+/	+/	/-	-/-	+/+

*-средние показатели по 5 точкам отбора проб из водоема ** «+» наличие А, «-» отсутствие А.

Из таблицы следует, что в воде большинства объектов Кс >2, и содержание Fe подвержено сезонным изменениям. Известно, что в природных условиях C_{Fe} в воде летом и зимой завышены (стадия стагнации воды), а осенью и весной - более низкие (стадия смешивания водных масс за счет ветровой эрозии, стратификации и конвекции). Эта зависимость в таблице1 просматривается для вод рек. Для водоемов показатели не однозначны. Химический состав поверхностных вод определяется влиянием природных и антропогенных факторов. Можно предположить, что в водных объектах 1-4 воздействие антропогенного фактора приводит к нарушению естественных сезонных процессов формирования уровня Fe, что подтверждается показателями $К_с$ и А.

Литература

1 Хващевская А.А. Охрана водных ресурсов: методические указания к выполнению лабораторных работ- Томск: Из-во ТПУ, 2009. -30с.

2 Ву Т.Т., Мельникова Т.В., Удалова А.А. Содержание железа в природных водах в районе АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова, г. Обнинск**. /** Будущее атомной энергетики: Тез.докл. (ч. 2) XIV Международной научно-практической конференции– Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2019. – С. 21-23

3 Силин И.И. Пресные воды Калужской области. - Калуга: ВИЭМС,2005- С.78-79.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НИИ Г. ОБНИНСКА ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Я.В. Непогодина[1], О.Н. Ткачева[2], Г.В. Лаврентьева[3]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия
[3] – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии (ФГБНУ ВНИИРАЭ) обладает собственной производственной базой и полной автономной инженерной инфраструктурой, включая котельную, специальные вентиляцию и канализацию, а также очистные сооружения. Сточные воды близлежащих предприятий перед сбросом в природные водоёмы не подвергаются предварительной обработке на самом промышленном объекте, а напрямую направляются на очистные сооружения НИИ г. Обнинска, где проходят основную стадию очистки.

Целью данной работы является изучение и модернизация технологической схемы очистки сточных вод ВНИИРАЭ на основании анализа отчётов о показателях качества сточных вод после обработки на очистных сооружениях, а также отчётов о состоянии природных вод выше и ниже точки сброса с 2010 по 2019 гг. Отчеты предоставлены химико-бактериологической лабораторией очистных сооружений ВНИИРАЭ.

Канализационные очистные сооружения ВНИИРАЭ представляют собой сооружения биологической очистки сточных вод на биофильтрах и последующей доочистки на песчаных фильтрах [1].

Химический мониторинг проводился по 14 показателям: взвешенные вещества, $БПК_{полн}$, сульфаты, аммоний, нитриты,

нитраты, железо общее, АПАВ, фосфаты, хлориды, медь, цинк, никель, нефтепродукты.

Концентрация в сточной воде сульфата, нитратов, АПАВ, хлоридов и никеля не превышала установленные нормативы в течение всего периода исследования.

Содержание загрязняющих веществ (аммоний, железо, фосфаты) и величина $БПК_{полн}$ в сточных водах, проходящих через очистные сооружения НИИ в 2019 г., при сбросе превышают нормативные показатели.

При сопоставлении значений концентрации загрязняющих веществ в стоках очистных сооружений со значениями концентраций загрязняющих веществ в природной воде выше и ниже сброса можно сделать следующие выводы:

— на момент 2019 г. стоки следует дополнительно очищать от аммония и доводить до нормативного соответствия по показателю БПК;

— для очистки сточных вод от аммония и улучшения показателя БПК возможно применение сульфата алюминия или хлорида железа;

— лучшее осаждение биоплёнки может быть достигнуто при добавлении коагулянтов во вторичные отстойники;

— усовершенствование существующей технологической схемы очистных сооружений заключается в необходимости добавления растворного и расходного баков для подачи коагулянта.

Литература

1 Кузнецов А. Е. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 629 с.

ИЗУЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ИЗОТИОМОЧЕВИНЫ И ИНДОЛ-3-КАРБИНОЛА

К.А. Николаев[1], Т.А. Чудновец[1], Д.В. Ирхина[1], В.А. Рыбачук[2], О.А. Косаченко[2], А.А.Шитова[2], О.В. Солдатова[2], В.М. Макарчук[2], А.С. Филимонов[2], М.В. Филимонова [2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», г. Обнинск, Россия

Несмотря на существенные успехи медицины и фармакологии последних десятилетий, проблемы лечения онкологических заболеваний остаются чрезвычайно актуальными. Многие распространенные виды злокачественных новообразований по-прежнему с трудом поддаются лечению. И по мнению многих специалистов изменение сложившейся картины в этой области возможно только при внедрении в клиническую практику новых таргетных противоопухолевых средств.

Благодаря разработке и реализации оригинальных методов органического синтеза в лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба в последние годы был получен ряд оригинальных полифункциональных производных изотиомочевины и индол-3-карбинола, потенциально, способных оказывать антинеобластомное действие одновременно по нескольким независимым механизмам. В настоящее время проводится обширный цикл работ по изучению особенностей противоопухолевой и антиметастатической активности этих соединений.

Важным элементом в этих исследованиях является экспериментальное изучение биохимической и фармакологической активности этих соединений антиангиогенной и гипоксия-цитотоксической направленности

(способность к ингибированию активности изоформ NOS, PDK, HK и лактатных супортов), которое в настоящее время проводится с применением комплекса амперометрических, биохимических и радиометрических методов. В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба начаты исследования влияния этих соединений на формы гибели опухолевых клеток, их адаптации к гипоксии и терапевтическим воздействиям, опухолевый ангиогенез и процессы метастазирования с привлечением широкого круга цитологических, биохимических, иммунологических и гистохимических методов. Выполнены пилотные исследования с использованием ИФА-комплекса STAT FAX 2100 (США), спектрофотометра UNICO 2804 (США), радиометра ABL80 FLEX (США), проведён анализ полученных результатов. Запланировано продолжение экспериментальных работ.

Эти исследования позволят не только объективно оценить антинеобластомный потенциал изучаемых полифункциональных соединений, но и экспериментально обосновать перспективность их дальнейшей разработки в качестве новых противоопухолевых средств.

ОБНАРУЖЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПАРЕНТЕРАЛЬНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМАХ, МАТЕРИАЛАХ ПЕРВИЧНОЙ УПАКОВКИ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЯХ С ПОМОЩЬЮ СЧЕТЧИКА ЧАСТИЦ

М.А. Панов, Н.Б. Эпштейн, Е.Н. Карасева
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

При производстве парентеральных лекарственных средств, медицинских изделий и материалов первичной упаковки возможно попадание в них механических включений различного происхождения. В лекарственных формах контролируют как видимые, так и невидимые включения [1,2]. В медицинских

изделиях и материалах первичной упаковки определяют только видимые механические включения [3,4]. Поэтому важно контролировать все перечисленные объекты на наличие невидимых механических включений на основе нормативной документации.

Целью настоящей работы являлось обнаружение невидимых механических включений в перечисленных объектах с помощью счетчика частиц SYRINGE® (Markus Klotz GmbH, Германия), а также разработка соответствующей методики для медицинских изделий и материалов первичной упаковки с применением счетно-фотометрического метода.

Нормы по содержанию невидимых механических включений в парентеральных лекарственных формах приведены в табл.1[1].

Таблица 1

Нормы по содержанию невидимых механических включений [1]

Номинальный объем	
100 мл и менее	более 100 мл
Среднее число частиц в одном объекте: d ≥ 10 мкм не превышает 6000, d ≥ 25 мкм не превышает 600	Среднее число частиц в 1 мл: d ≥ 10 мкм не превышает 25, d ≥ 25 мкм не превышает 3

Исследовали следующие объекты (I-IV):

I – глюкоза (декстроза моногидрат) раствор для инфузий 5%, 400 мл, ООО «МОСФАРМ» (Россия);

II – раствор натрия хлорида для инфузий 0,9%, 400 мл, ООО «МОСФАРМ» (Россия);

III – шприцы одноразовые инъекционные, 10 мл, СФМ Госпитал Продактс Гмб (Германия);

IV – вакуумированные флаконы, 15 мл, к генератору ^{99}Mo/^{99м}Tc, серия УМ-01-05-270120, АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Результаты средних значений (n=3) количества невидимых частиц в каждом из исследуемых объектов представлены в табл.2.

Таблица 2.

Среднее число невидимых частиц в 1 единице исследуемых объектов

Объект	Размер частиц, мкм						
	2	5	10	15	20	25	50
I	12682,0	2307,5	158,2	23,1	10,6	5,3	0,9
II	2664,0	482,7	45,3	5,3	5,3	0,0	0,0
III	8110,1	1581,6	93,3	8,0	3,5	2,6	0,9
IV	7374,0	1461,0	147,5	32,6	14,2	8,0	1,1

Результаты показали, что содержание невидимых механических включений в инфузионных растворах не превышает норму (табл.1). Разработана методика определения невидимых механических включений для медицинских изделий и материалов первичной упаковки, основанная на том, что норма по их содержанию в указанных объектах не может отличаться от нормы для парентеральных лекарственных препаратов. Полученные значения (табл.2) по содержанию невидимых механических частиц в изученных медицинских изделиях и материалах первичной упаковки не превышает заявленных норм (табл.1).

Литература

1. ФС 1.4.2.0006.15 Невидимые механические включения в лекарственных формах для парентерального применения. ГФ РФ XIV изд. – Т. 2. – М.: МЗ РФ. – 2018 г.

2. ФС 1.4.2.0005.18 Видимые механические включения в лекарственных формах для парентерального применения и глазных лекарственных формах. ГФ РФ XIV изд. – Т. 2. – М.: МЗ РФ. – 2018 г.

3. ГОСТ ISO 7886-1-2011 Шприцы инъекционные однократного применения стерильные.

4. МУ 42-51-25-93 Контроль материалов первичной упаковки на содержание механических включений.

УСТОЙЧИВОСТЬ ХОП В СОСТАВЕ ГЕКСАНОВОГО ЭКСТРАКТА ИЗ ОБЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА ДУСТА ГЕКСАХЛОРАНА

А.А. Пичкунова, Т.Т.К. Чинь, Л.П. Полякова,
Т.В. Мельникова, А.А. Удалова, А.Ю. Мелешко
Обнинский институт атомной энергетики – филиал
Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

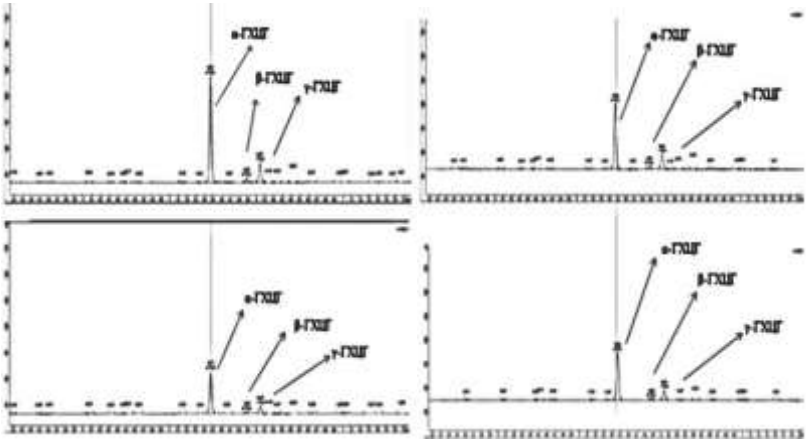
Известна высокая устойчивость ХОП в естественных условиях. Для ГХЦГ, являющегося действующим веществом пестицидного препарата дуста гексахлорана, период полуразложения составляет 7-8 лет.

Целью работы являлось определение содержания стойких хлорорганических веществ в растворе при длительном его хранении. Раствор приготовлен на основе ГХЦГ, выделенного из дуста гексахлорана после его облучения потоком электронов.

Исследовались растворы, ГХЦГ из двух образцов пестицидного препарата. Образец №1 облучался в 2018 г на ускорителе электронов УЭЛР-10-10С с энергией электронов 10 МэВ. Анализ гексанового раствора из этого образца проводился в процессе выполнения дипломной работы в 2019 г. Время хранения раствора 3 месяца. Образец №2 облучался в 2019 г на ускорителе УЭЛР-10-15С с энергией электронов 10МэВ. Анализ гексанового раствора из этого образца проводился нами после хранения раствора в течение 9 месяцев.

Образцы препарата подвергались радиационному воздействию в различных дозах. Обсуждается в сравнительном аспекте доза воздействия в 10 кГр, для которой ранее была определена степень разложения хлорорганических пестицидов при воздействии гамма-излучения, на дуст гексахлорана, приведенная в работе [1]. Инструментальный анализ проб выполнялся хроматографическим методом на ГХ «Кристалл-5000.2».

В растворах из образцов №1и № 2 после хранения были обнаружены все изомеры ГХЦГ, присутствующие в исходном образце. Хроматограммы представлены на рисунке 1.



а *б*

Рис.1. Хроматограммы образцов №1 (*а*) и №2 (*б*) до и после облучения.

Степень разложения (<P>±ΔP, %) изомеров ГХЦГ, рассчитанная по результатам анализа образцов №1 и №2 составляет для α-ГХЦГ 45,4±2,2 и 35,6±2.1, для β-ГХЦГ 52,4±1,5 и 30,3±13,8, для γ-ГХЦГ 46,9±2,4 и 22,1±15,1 соответственно.

Представленные результаты свидетельствуют об отсутствии полноты разложения всех изомеров ГХЦГ в гексановом растворе при его хранении в течении 3 и 9 месяцев, хотя в последнем случае отмечаются уменьшенные концентрации этих веществ. В холостом опыте изменения в растворах не установлены. Изучение устойчивости облученных пестицидов в настоящее время продолжается. Как могут измениться значения Р изомеров ГХЦГ при хранении их растворов более длительное время будет показано при сопоставлении результатов с данными анализа сразу после облучения препарата, а также при увеличении дозы электронного воздействия на пестицидный препарат.

Литература

1 Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Козьмин Г.В. Изучение устойчивости хлорорганических соединений в составе пестицидного препарата под воздействием гамма-излучения// Ядерная физика и инжиниринг. – 2011. – Т 2. – №4. – С. 370-374.

НИТРАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПОСЕЛКА КОЛОДЕЗНЫЙ КАШИРСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Т.И. Прожорина, А.С. Боева, Ю.А. Преснякова
Воронежский государственный университет,
г.Воронеж, Россия

Контроль за качеством источников питьевого водоснабжения выявил нитратное загрязнение подземных вод, в первую очередь, верховодки (залегание до 20 м глубиной) в сотне населенных пунктов Воронежской области, из них в 11 населенных пунктах создалась критическая ситуация по содержанию нитратов в питьевой воде. К таким районам относятся: Богучарский, Ольховатский,, Новохоперский, Мамоновский, Каширский и некоторые другие [1].

В *целях* оценки качества питьевой воды и выявлении нитратного загрязнения, авторами работы 20.08. 2020 г. было отобрано 4 разовых пробы воды: 1 проба - непосредственно из подземного источника централизованного водоснабжения (скважина) и 3 разовых пробы водопроводной воды из разводящей сети поселка Колодезный Каширского района.

Химический анализ исследуемых проб воды на присутствие приоритетных загрязнителей, характерных для природных вод Воронежской области, проводился с применением следующих методов анализа: титриметрический (общая жесткость); кондуктометрический (общая минерализация); потенциометрический (pH); фотоколориметрический (NO_3^-, $Fe_{общ}$, Mn^{+2}).

В пробе воды из скважины (№1) величина общей жесткости практически достигает значения ПДК и относится к категории «жесткая», а содержание железа общего превышает норму в 1,17 раза (ПДК≤ 0,3 мг/л), что вероятно связано с фактором природного происхождения.

Результаты химического анализа проб из разводящей сети (№2,3,4) показали, что во всех трех пробах обнаружена повышенная жесткость (от 10,8 до 12,5 ммоль/л), превышающая норматив (ПДК≤ 7 ммоль/л) в 1,5-1,8 раза, что позволяет отнести водопроводную воду к категории «*очень жесткая*». Этот фактор может привести к зашлаковыванию организма и образованию камней в почках. Такую воду противопоказанно употреблять в питьевых целях без соответствующей очистки [2].

Для всех проб питьевой воды из разводящей сети величина минерализации зафиксирована в пределах от 118 до 246 мг/л, что позволяет отнести ее к «*среднеминерализованной*».

Во всех пробах содержание нитратов превышает гигиенические нормативы для вод хозяйственно-питьевого назначения примерно в 2,5 раза (ПДК≤ 45 мг/л). Присутствие повышенного количества азотистых соединений в пробах воды, свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке и, как следствие, о *нитратном загрязнении* водопроводной воды, подаваемой жителям пос. Колодезный через разводящую сеть централизованного водоснабжения.

На территории сельских поселений причинами нитратного загрязнения могут служить: 1) нарушения норм очистки сточных вод; 2) складирование и использование навоза и помета для удобрения почв; 3) сточные воды с птицефабрик, свинокомплексов, ферм крупного рогатого скота; 4) неконтролируемое применение минеральных и органических удобрений [1].

Избыточное содержание нитратов способствует образованию опасного вещества в крови - метгемоглобина, который вызывает кислородное голодание. Быстро и качественно удалить нитраты из питьевой воды можно очистными установками обратного осмоса и ионного обмена.

Таким образом, установлено, что население пос. Колодезный Каширского района Воронежской области употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779

Литература

1. Коробкин А.В. Анализ состояния подземных вод/ А.В. Коробкин, И.И. Косинова//матер. II конф. партнеров и пользователей «Геолинк Консалтинг». – Воронеж: Воронежгеология, Изд-во Воронеж. ун-та, 2017. – 126с.

2. Степкин Ю.И. Санитарно-гигиеническая оценка качества питьевого водоснабжения / Ю.И. Степкин, Н.А. Борисов, В.И. Денисенко // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. – Воронеж. 2011. – С. 100 –102.

ОЦЕНКА ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ АВТОТРАНСПОРТА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Т.И. Прожорина, Ю.А Преснякова
Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия

Шум относится к ведущим факторам среды обитания, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека. Чрезмерная шумовая нагрузка резко снижает работоспособность, уменьшает эффективность отдыха, ведет к хроническому переутомлению, глухоте. Шум способен привести и к физиологическим изменениям: к разнообразным расстройствам сердечно-сосудистой системы, к болезням желез внутренней секреции и дыхательных путей и др. [1].

В настоящее время в г. Воронеже наблюдается устойчивый рост автомобильного транспорта, особенно индивидуального. По данным на 01.01.2020 год в общее количество личного автотранспорта (включая легковые, грузовые, автобусы) составляет 356232 единиц.

Цель данного исследования заключается в оценке уровня шума от автотранспорта на городских уличных магистралях с интенсивным движением (4-6 полос) на примере 4 мониторинговых точек.

В рамках социально-гигиенического мониторинга в течение 2020 года в г. Воронеже проведены измерения шума в четырех мониторинговых точках контроля (м.т.к.) по адресу: Московский проспект, 120, ул. Ломоносова,114/8, ул. Антонова-Овсеенко,25а, (правобережная часть) и Ленинский проспект, 117 (левобережная часть города).

Измерения уровня шума проводили с помощью шумомера-анализатора модификации «Ассистент» в каждой точке в соответствии с нормативными требованиями ГОСТ 31296.2. [2] на расстоянии 7,5 м от оси, ближней к точке измерения полосы движения транспорта, на высоте 1,5 м и в заранее определенных климатических условиях (отсутствие осадков, скорость ветра меньше 5 м/с). При этом в дневное время эквивалентные и максимальные уровни шума измеряли в течение не менее пяти минут три раза: первый раз в интервале 7:00-9:00 час, второй раз в интервале 9:00-17:00 час, третий раз в интервале 17:00-23:00 час. В вечернее время - в промежутке 23:00-23:30 час, а в ночное время: первый раз в промежутке 23:30-00:30 час, второй раз в промежутке 01:00-05:00 час.

На основании результатов инструментальных измерений шума в исследуемых мониторинговых точках контроля были сделаны следующие *выводы:*

1.В целом по 4 точкам контроля установлено, что

- *эквивалентный уровень* дневного шума варьировал от 41 до 82 дБ, вечернего – от 41 до 76 дБ, ночного – от 38 до 63 дБ;

- *максимальный уровень* дневного шума варьировал от 62 до 92 дБ, вечернего – от 53 до 86 дБ, ночного – от 54 до 84 дБ.

2. В течение года *наибольшие* показатели эквивалентного уровня шума регистрировались в дневной период в м.т.к. по адресу Московский проспект, 120 (межрайонная городская уличная магистраль с шестью полосами движения автотранспорта) – в интервале от 57 до 82 дБ, макимальные

уровни шума в этой точке в дневное время составляли от 72 до 92 дБ.

3. *Наименьшие* показатели эквивалентного уровня шума регистрировались в дневной период в м.т.к. по адресу ул. АнтоноваОвсеенко, 25а (часть внутригородской окружной дороги направления Москва-Курск с шестью полосами движения автотранспорта) – в интервале от 41 до 54 дБ, макимальные уровни шума в этой точке в дневное время составляли от 62 до 77 дБ.

Это свидетельствует о том, что население, проживающее вблизи таких автодорог, испытывает большой дискомфорт. Подобный уровень акустической нагрузки может оказывать серьезное негативное влияние на здоровье граждан [1].

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 20-17-00172

Литература

1 Андреева-Галанина Е.Ц. Шум и шумовая болезнь. - Москва: Наука, 2000. – 165с.

2 ГОСТ 31296.2-2006 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 2. Определение уровней звукового давления».

СИНТЕЗ ТЕТРАЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ТЕТРАГИДРОИЗОХИНОЛИНА

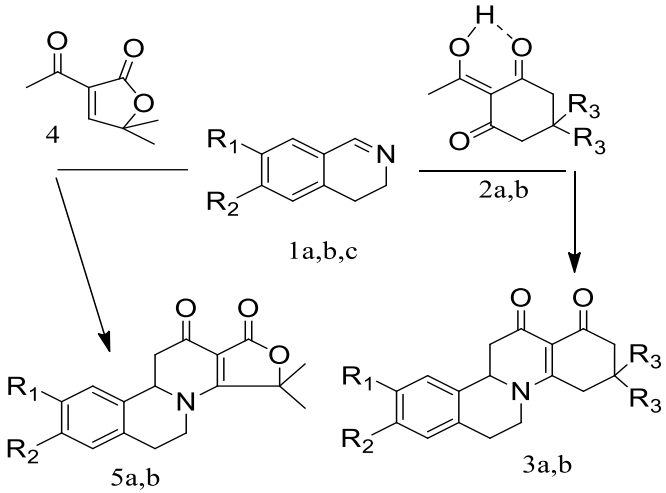
А.Н. Пырко, В.И. Андрицо
Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Создание новых эффективных лекарственных препаратов является одним из приоритетных направлений в современной фармацевтической индустрии. Важными задачами специалистов в области органического синтеза являются наработка новых соединений для биологических испытаний и совершенствование

технологий их синтеза в соответствии с принципами «зелёной химии» [1]. Частично гидрированные, структурно и функционально модифицированные производные изохинолина обладают различными видами биологической активности. В частности, дигидроизохинолиновые производные обладают противосудорожным, спазмолитическим, анальгетическим, противовоспалительным, антигельминтным, инсектицидным, антиаритмическим действием, нормализуют кровяное давление, свертываемость крови [2,3]. Наблюдается интерес исследователей к синтезу модифицированных тетрагидроизохинолиновых производных [4].

Целью данной работы является синтез тетрациклических производных тетрагидроизохинолина для использования их в качестве объектов биологических испытаний.

Взаимодействием дигидроизохинолина **1с** с 2-ацетилциклогексан-1,3-дионами **2а,в** получали тетрациклические производные **3а,в**. Причем, реакцию осуществляли кипячением смеси исходных веществ в течение трёх часов в слаботоксичном этиловом спирте, что соответствует принципам «зеленой химии». Аналогичным образом, нагревая в этиловом спирте эквивалентные количества дигидроизохинолинов **1а,в** и 2-ацетил-4,4-диметил-2-бутен-4-олида **4** получали тетрациклы **5а,в** (Рис. 1.). Структура полученных соединений соответствует данным ^{1}Н ЯМР, УФ и масс-спектрометрии.



$R_1 = R_2 = H$ (1a, 5a); $R_1 = R_2 = MeO$ (1b, 5b); $R_1 = H$, $R_2 = MeO$ (1c, 3a,b); $R_3 = H$ (2a, 3a); $R_3 = Me$ (2b,3b)

Рис.1. Схема синтеза тетрациклов **3а, в** и **5а,в**.

Литература

1. Zimmerman J.B., Anastas P.T., Erythropel H.C., Leitner W. Designing for a green chemistry future //Science. – 2020. – V. 367. – P. 397-400.

2 Гашкова О.В., Михайловский А.Г., Рудакова И.П, Старкова А.В., Юсов А.С. Синтез, антиаритмическая и гемо-статическая активность гидрохлоридов (3,3-диалкил-3,4-дигидроизохинолин-1(2H)-илиден)-N-алкилацетамидов // Хим.-фарм. журн. – 2019. – Т. 53. - № 6. – С. 25–28.

3 Загорска П.А., Григорьева Л., Болсакова Е. Синтез 1,2-дигидроизохинолин-1-карбоксилатов при катализе кобальтом //ХГС. – 2021. – Т. 57. – № 2. – С. 159-165.

4 Михайловский А.Г., Юсов А.С. и др. Реакции аннелирования енаминоуре-идов ряда 3,3-диметил-1,2,3,4-тетрагидроизохинолина действием оксалилхлорида и нингидрина // ЖОрХ. – 2018. – Т. 54. – № 5. – С. 710–715.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДОСТОВЕРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЛЕДОВЫХ КОЛИЧЕСТВ МЕТАЛЛОВ-ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

А.С. Родионов, М.В. Егорова
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Риск-ориентированный надзор за негативными факторами, формируемыми внешней средой, предусматривает контроль содержания приоритетных загрязнителей в атмосферном воздухе районов размещения крупных промышленных предприятий – источников пылегазовых выбросов. Большую часть выбросов составляют тяжелые металлы, присутствующие в атмосферном воздухе в виде аэрозолей. Основной проблемой при исследовании содержания тяжелых металлов в воздухе является необходимость определения их в следовых и ультраследовых количествах, так как наличие высокочувствительных методов не гарантирует достоверного определения металлов на уровнях, характерных для атмосферного воздуха. Напротив, лимитирующей величиной является значительный разброс содержания аналитов в неэкспонированном фильтроматериале, величина которого не регламентируется при производстве.

Целью настоящей работы являлась оценка возможности достоверного определения основных контаминантов промышленных выбросов (хром, медь, сурьма, свинец, натрий, кальций, магний, марганец, никель, кобальт, алюминий, железо, кадмий) в концентрациях, характерных для атмосферного воздуха, при отборе на широко используемые аэрозольные фильтры типа АФА-ХА 20, изготовленные из ацетилцеллюлозы.

Для исследования проведена оценка содержания металлов в серии из 90 неэкспонированных фильтров одной партии. Перед анализом фильтры переведены в раствор методом микроволновой минерализации с использованием системы микроволновой пробоподготовки МС-6 (НПФ Вольта, С.-Петербург).

Анализ проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Agilent 7800 ICP-MS. При подборе условий анализа удалось достичь следующих показателей чувствительности (имп×с-1/мг/дм3): 8215000 для ^{7}Li, 22362000 для ^{89}Y, 17667000 для ^{205}Tl; уровень оксидных ионов 156/140 -1.196%; уровень двухзарядных ионов 70/140 - 1.273%. По результатам анализа рассчитывали средние значения и стандартные отклонения в содержании каждого металла. Полученные данные сопоставляли с величинами предельно-допустимых концентраций для атмосферного воздуха.

Согласно требованиям ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ, используемый метод анализа должен обеспечивать определение загрязняющих веществ на уровнях не ниже 0,8 ПДК. Основываясь на этих условиях, был осуществлен пересчет элементного состава неэкспонированных фильтров на содержание в воздухе с учетом регламентируемых максимальных значений объемного расхода воздуха (20 дм^{3}/мин) и времени отбора (20 мин), обеспечивающих минимальную величину проскока.

Сопоставление показало, что получение достоверных результатов содержания металлов в воздухе при отборе на фильтры АФА-ХА-20 возможно только для сурьмы, кадмия и магния. Определение содержания в атмосфере низких концентраций других исследованных металлов - меди, свинца, марганца, никеля, алюминия, железа, хрома, натрия и кальция высокочувствительными методами анализа принципиально невозможно.

Решение поставленной задачи станет возможным после выбора альтернативного типа фильтров с меньшим содержанием аналитов и разработки с их применением новых методов, расширяющих возможности элементного анализа металлов в атмосферном воздухе населенных мест.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТОВ В ПОЧВЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

Н.А. Росновская[1], И.В. Семенова[2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – ФГБУ НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия

Сера – широко распространённый в природе элемент, который имеет важное значение для функционирования растительных и животных организмов. В то же время содержащий серу сернистый ангидрид (SO2) – компонент атмосферных техногенных выбросов, относится к приоритетным загрязнителям природной среды и в больших концентрациях наносит вред как биологическим, так и небиологическим объектам. Осаждаясь на поверхность почвы, он создает локальные зоны загрязнения, а основной причиной отрицательного влияния сернистого ангидрида на почвы является их подкисление. Другой источник серы – поступление в почву сульфатов и серной кислоты техногенного происхождения с атмосферными осадками.

Наблюдения за загрязнением почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП), к которым относятся и сульфаты, проводятся организациями наблюдательной сети Росгидромета по рекомендованным методикам, разработанным в середине 80-х годов XX века [1]. Поэтому разработка современных методик определения ТПП в почве, которые можно применять для оценки состояния и загрязнения почв территории Российской Федерации, является актуальной задачей.

Проведен анализ существующих методик определения сульфатов в почве. Показано, что в настоящее время для извлечения и количественной оценки содержания сульфатов в почвах используются такие методы как ионная хроматография, масс-спектрометрия, гравиметрия, колориметрия и др.

Для разработки методики определения сульфатов в почвах на техногенно-загрязненных территориях выбран турбодиметрический метод. Проведено экспериментальное сравнение различных способов приготовления осаждающего раствора и выполнения анализа.

Экспериментально установлено время проведения экстракции, соотношения фаз и последовательность проведения анализа. Подготовлен текст методики определения массовой доли сульфатов в пробах почв.

Для установления метрологических характеристик использовали как сертифицированные образцы почв (САДПП-09/4, САСолП-05/1), так и образцы для оценивания, приготовленные с использованием почв различного типа, в которые добавляли аттестованные растворы сульфатов. Содержание сульфатов в образцах для оценивания находилось в диапазоне от 20 до 10000 мг/кг. Для приготовления образцов для оценивания использовали почвы разных типов (дерново-подзолистые, черноземные, тундровые) и механического состава (песчаные, суглинистые, глинистые). Почвы предварительно высушивали, гомогенизировали и просеивали через сито 1 мм. Образцы почвы с разным содержанием сульфатов готовили методом добавок, внося в почву рассчитанный объем аттестованных растворов сульфатов. Погрешность приготовления смеси составила 10 %.

Для установления значений показателей повторяемости, воспроизводимости и точности методики для каждой концентрации сульфатов проводили не менее 10 единичных измерений. Предварительная оценка метрологических характеристик методики проведена в соответствии с РМГ 61-2010 [2].

Литература

1 Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. Часть II. – Москва: Московское отделение Гидрометеоиздата, 1984. – 61 с.

2 РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности,

прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 63 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛУЧЕВОГО ОРАЛЬНОГО МУКОЗИТА РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В.А. Рыбачук[2], О.В. Солдатова[2], А.А. Шитова[2], О.А. Косаченко[2], М.Д. Фомичев[2], К.А. Николаев[1], Д.В. Ирхина[1], Т.А. Чудновец[1], В.О. Сабуров[2], А.С. Филимонов[2], М.В. Филимонова[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», г. Обнинск, Россия

С каждым годом уровень онкологической заболеваемости неуклонно растет во всем мире. Одним из наиболее распространенных методов лечения злокачественных новообразований в настоящее время является лучевая терапия. К сожалению, данный метод терапии не является гарантией выздоровления и способен вызывать большое количество осложнений. Так, например, при лучевой терапии опухолевых новообразований в орофарингеальной области наиболее часто встречающимся осложнением является развитие орального мукозита, который значительно ухудшает результаты терапии и качество жизни пациентов.

Одним из направлений работы лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба является разработка и тестирование соединений, способных защищать здоровые ткани при воздействии ионизирующего излучения. В лаборатории начаты пилотные эксперименты по моделированию лучевого орального мукозита, вызванного различными видами ионизирующего излучения.

Целью настоящей работы являлось экспериментальное моделирование лучевого орального мукозита и сравнение

степеней тяжести реакции, развившейся в результате воздействия γ- либо β-ионизирующего излучения.

Исследование проводилось на самцах крыс линии Wistar. Животные были распределены на 2 экспериментальные группы и группу «Контроль». В контрольной группе животные не подвергались радиационному воздействию. В экспериментальных группах животных подвергали кранио-каудальному β-облучению на установке «Novac 11» в дозе 18 Гр с энергией электронов 10 МэВ либо γ-облучению на установке «Агат» (Россия) в дозе 18 Гр с мощностью дозы 0,952 Гр/мин соответственно. Облучение животных проводилось с предварительной наркотизацией путем внутрибрюшинной инъекции тиопентала натрия и фиксации животного в положении на спине. Степень развития и тяжесть лучевого орального мукозита определяли согласно классификации Радиотерапевтической онкологической группы и Европейской организации по исследованию и лечению рака RTOG/EORTC путем фиксирования клинической картины развивающегося лучевого поражения. Состояние животных оценивали ежедневно. Течение развивающийся патологии регистрировали с 4-х суток после воздействия ионизирующего излучения с интервалом два дня.

В результате пилотного исследования у всех животных, подвергшихся лучевому воздействию, уже на 4 сутки наблюдалась гиперемия слизистой оболочки и увеличение миндалин, с дальнейшим развитием лучевой ангины, тяжесть которой к 8 суткам усугублялась. У животных, подвергшихся β-облучению, тяжесть течения орального мукозита была выше и соответствовала 3-4 степени по шкале RTOG, в то время как у животных, получивших локальной γ-облучение в той же дозе, к 8 суткам наблюдалось снижение тяжести лучевого повреждения (2-3 степень) и улучшение общего состояния.

На основании анализа результатов пилотного эксперимента запланированы и в настоящее время проводятся дальнейшие исследования в области разработки экспериментальной модели, а также схем профилактики и лечения лучевого орального

мукозита, вызванного различными видами ионизирующего излучения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДНОГО АРБИДОЛА В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОГО СРЕДСТВА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ *IN VIVO* И *IN VITRO*

В.А. Рыбачук, О.В. Солдатова, А.А. Шитова, В.И. Суринова, А.О. Косаченко, М.Д. Фомичев, М.В. Филимонова
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», г. Обнинск, Россия

В настоящее время вопрос терапии и профилактики неоплазий остается открытым. Существующие методы и схемы терапии злокачественных новообразований недостаточно совершенны, в связи с чем, поиск новых безопасных и эффективных средств лечения раковых заболеваний является актуальным. С начала XX века перспективным направлением является разработка веществ, сочетающих в себе как иммуномодулирующие, так и противоопухолевые свойства.

В 1970-х годах сотрудниками лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба был разработан иммуномодулятор арбидол (RU 2033157 C1), обладающий доказанной умеренной способностью к ингибированию метастазирования. Одним из современных направлений работы лаборатории радиационной фармакологии является изучение возможности применения соединений, относящихся к тому же химическому классу производных индол-3-карбинола, что и арбидол, потенциально обладающих иммуномодулирующей активностью для терапии злокачественных новообразований.

Целью настоящей работы являлась оценка безопасности и противоопухолевого потенциала одного из новых производных арбидола под условным шифром СВ3, на экспериментальных моделях *in vivo* и *in vitro*.

Безопасность соединения СВ3 оценивали экспресс-методом по В.Б. Прозоровскому с определением точного показателя LD_{50}.

Оценка противоопухолевой эффективности СВ3 проводилась на мышах линии F1(CBAxC57Bl/6j). В качестве опухолевой модели использована солидная форма рака шейки матки (РШМ-5). Мышей распределяли на контрольную и экспериментальную группы. Животные контрольной группы не подвергались лечению, в опытной группе животные получали 5 инъекций СВ3 в дозе 50 мг/кг внутрибрюшинно каждые трое суток со 2 по 14 сутки роста опухоли. Противоопухолевую эффективность СВ3 оценивали по динамике роста опухоли: опухолевый узел измеряется в трёх проекциях каждые трое суток. Размер опухоли подсчитывается по формуле $V = a * f^2 * (\pi/6), f = (b + c)/2$, где *a, b* и *c* - диаметры в ортогональных плоскостях.

Исследование цитотоксической активности проводилось *in vitro* методом МТТ на клеточной линии mcf-7. Посев клеток осуществлялся в луночные планшеты с 200 мкл среды DMEM с эмбриональной бычьей сывороткой. МТТ-тест проводился на третьи сутки после добавления вещества СВ3 в среду с культивируемыми клетками. Жизнеспособность клеток оценивали по абсорбции света при длине волны 525 нм. Выживаемость клеток рассчитывается по формуле: (ОП опытных лунок – ОП среды) / (ОП контрольных лунок – ОП среды) × 100%, где ОП — оптическая плотность.

Показатель острой токсичности составляет LD_{50} = 488 мг/кг, что позволяет отнести СВ3 к 3 классу опасности химических соединений (вещества умеренно опасные, ГОСТ 12.1.007-76).

На всех этапах развития неоплазии опухолевые узлы животных, получавших СВ3, были статистически значимо меньше, чем у животных, не получавших лечения. Более выраженный эффект наблюдался в период применения СВ3, когда коэффициент торможения роста опухоли составлял 35-45%. Исследование цитотоксической активности показало, что СВ3 оказывает значительную дозозависимую цитотоксичность, IC_{50} находится в области 0,1-1 мкг/мл.

Таким образом, было показано, что вещество СВ3 обладает приемлемой безопасностью, противоопухолевым и

значительным цитотоксическим свойствами. Продолжение исследований в данном направлении может стать основой для разработки новых высокоэффективных средств терапии злокачественных новообразований

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В НАСТОЙКЕ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ

П.С. Сахарова, М.С. Галенко, И.В. Гравель
Первый МГМУ имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

В связи с загрязнением окружающей среды актуальной является оценка безопасности использования лекарственного растительного сырья и лекарственных препаратов растительного происхождения по содержанию экотоксикантов. Было проведено определение содержания 15 элементов (Pb, As, Sb, Mo, V, Cd, Co, Cr, Ti, Ni, Sr, Cu, Fe, Mn, Zn) в настойке пиона уклоняющегося (рис.1). Ti не был обнаружен. Концентрации Pb и Fe оказались ниже предела обнаружения, концентрации Cd и As не превышали ПДК [1]. Поступление тяжелых металлов с настойкой в организм человека было значительно ниже токсичных доз (таблица 1). При сравнении с литературными данными большинство значений эссенциальных и условно эссенциальных металлов в настойках укладывались в раннее вычисленные диапазоны [2, 3]. Концетрации Mn и Zn оказались максимальными.

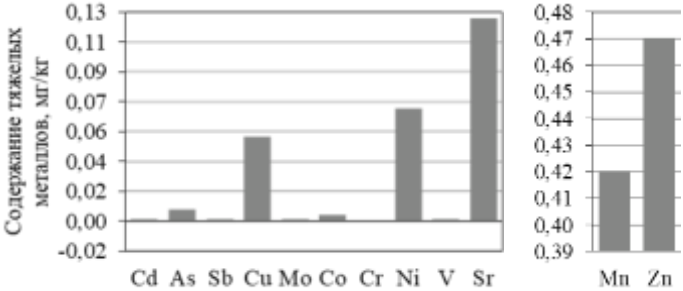


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов, мг/кг.

Таблица 1

Поступление тяжелых металлов в организм взрослого человека (в расчете на массу 70 кг)

Металлы	Поступление, $x10^{-4}$ мг			
	С разовой дозой настойки	С суточной дозой настойки	Норма, в сутки,[4]	Токсичная доза, в сутки,[4]
Cd	6,3-8,4	18,9-25,2	70-300	30000-3300000
As	44,1-58,8	132,3-176,4	40-14000	50000-500000
Sb	6,3-8,4	18,9-25,2	20-13000	1000000
Mn	2521,0-3361,3	7563-10083,9	4000-100000	-
Zn	2823,5-3764,7	8470,5-11,294,1	50000-400000	1500000-6000000
Cu	315,1-420,2	945,3-1260,6	5000-60000	-
Mo	6,3-8,4	18,9-25,2	500-3500	-
Co	25,2-33,6	75,6-100,8	50-18000	5000000
Cr	3,2-4,2	9,6-12,6	100-12000	2000000
Ni	419,1-558,8	1257,3-1676,4	3000-5000	-
V	6,3-8,4	18,9-25,2	1400	180000

Литература

1 ОФС.1.5.3.0009.15 «Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. Т. 2. 2018.

2 Гравель И.В. и др. Фармакогнозия. Экотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах: учебное пособие — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. —304 с.

3 Матвейко Н.П., Брайкова А.М., Бушило К.А., Садовский В.В. Инверсионно-вольтамперометрический контроль содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и препаратах на его основе // Вестник Витебского государственного технологического университета – 2016. – №1 (30) – С.82-89.

4 Куприянов Н.А., Устюгов Г.П., Киприянова Н.И. Состояние и перспективы контроля содержания тяжелых металлов в питьевой воде, сырье, пищевых продуктах и атмосферном воздухе. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1991. - Вып. 2. – С.1-32. (Сер. 14. Обзорная информация).

ПРОВЕДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ ВЫСОКОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.С. Симаков, Г.В. Раменская, И.А. Пожарнов
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), г. Москва, Россия.

Использование высокоактивных субстанций в фармацевтической промышленности подвергает риску персонал, работающий непосредственно с активными фармацевтическими субстанциями (АФС) в производственных помещениях. Для оценки и контроля концентрации АФС в воздухе рабочей зоны применяется экологический мониторинг воздуха рабочей зоны.

Целью данного исследования является разработка методики экологического мониторинга АФС «Х» в воздухе рабочей зоны с использованием проб воздуха непосредственно, а также смывов с поверхности. Методика разрабатывалась в соответствии с Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса [1] и с ГОСТ 12.1.005-88 [2].

В исследовании можно выделить две взаимосвязанные части - пробоотбор и анализ проб. Пробоотбор включает в себя отбор аналита из известного объема воздуха (в случае проб воздуха) или сбор аналита с поверхности известной площади (в случае смывов с поверхности) и сохранение аналита на носителе. Анализ состоит из смыва аналита с носителя и его количественного определения.

Отбор проб воздуха проводился на каждом технологическом процессе и длился в течение их. Для этого использовались как персональные пробы, размещенные на операторах, так и стационарные пробы, находящиеся в определенной части рабочей зоны для оценки возможных источников загрязнения.

Смывы с поверхности проводились свабами, смоченными в растворителе, с использованием трафарета так, чтобы площадь поверхности, с которой проводится смыв, равнялась 100 см^2. Пробоотбор производился в конце технологического процесса.

Отобранные пробы анализировали на высокоэффективном жидкостном хроматографе с УФ-детектором. Количественное определение содержания АФС «Х» в хроматографируемом объеме раствора анализируемой пробы проводили по предварительно построенной градуировочной характеристике.

В результате исследования было отобрано 81 проба воздуха и 38 смывов с поверхности. При этом образцов фильтров, содержащих АФС «Х» - 57, свабов - 37. У 4 проб воздуха наблюдалось превышение ориентировочного безопасного уровня воздействия (ОБУВ) АФС «Х» в воздухе рабочей зоны, равного 0,4 мг/1 м^3.

3 персональные пробы с завышенным содержанием АФС «Х» были отобраны во время очистки оборудования после технологического процесса. Одна завышенная стационарная проба была отобрана на стадии гранулирования около крышки смесителя при ее открытии.

Кроме того, наблюдалось превышение допустимого содержания АФС «Х» (0,01 мг/100 см^2) у 12 смывов с поверхности. 5 из них были отобраны на стадии взвешивания, 6 на стадии гранулирования, 1 на стадии таблетирования.

Таким образом, разработанная методика экологического мониторинга АФС «Х» достаточна для оценки его содержания в

воздухе рабочей зоны. Дальнейшее применение данной методики желательно для контроля содержания АФС на необходимом уровне, а также для исправления выявленных недостатков в технологическом процессе, вызывающих повышение его концентрации. Данные мероприятия, несомненно, повысят уровень безопасности на фармацевтическом предприятии в целом и снизят риски для здоровья операторов, непосредственно работающих с АФС, в частности.

Литература

1 Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

2 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОГО И РАДИОМОДИФИЦИРУЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА СРЕДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ *GENTIANA LUTEA* L. *IN VIVO*

Е.А. Смирнова[1], О.В. Солдатова[2], А.А. Шитова[2], М.Д. Фомичев[2], Е.Р. Выпова[2], В.А. Рыбачук[2], М.В. Филимонова[2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», г. Обнинск, Россия

Gentiana lutea L. (горечавка желтая) – это травянистое многолетнее растение, произрастающее в горах Центральной и Южной Европы и Западной Азии. Корни горечавки широко используются в народной медицине, особенно в качестве отваров для улучшения пищеварения и повышения аппетита. В частности, при исследованиях *in vitro* было установлено, что водные и этанольные экстракты корня этого растения способны ингибировать рост двух линий раковых клеток человека, рака

шейки матки (HeLa) и аденокарциномы молочной железы (MCF-7) [1].

Целью данной работы являлось изучение противоопухолевого и радиомодифицирующего потенциала корня *Gentiana lutea L.* на экспериментальных моделях у мышей *in vivo*. Исследование противоопухолевой эффективности средства растительного просихождения проводилось на мышах-самках линии F1 (CBAxC57Bl/6j). Животные методом рандомизации были разделены на контрольную и экспериментальную группы, которым подкожно трансплантировали суспензию клеток карциномы Эрлиха (КЭ) в латеральную поверхность правого бедра. Животные контрольной группы не получали лечения, в то время как животным опытной группы внутрибрюшинно вводили экстракт корня горечавки в дозе 5 мг/кг ежедневно с 7 по 21 сутки. Динамику веса животных и измерение объёма опухолевого узла проводили каждые два-три дня.

Исследование радиомодифицирующих свойств горечавки проводилось на мышах-самцах линии F1 (CBAxC57Bl/6j). Животные были разделены на контрольную и 2 опытных группы, которые затем подвергались тотальному гамма-облучению ^{60}Co на установке «Агат» в дозе 6 Гр (мощность дозы 1,5 Гр/мин). Животные контрольной группы не получали лечения. Животным первой опытной группы вводили перорально экстракт Gentiana lutea L. в дозе 10 мг/кг в течение шести суток перед облучением, а животным второй группы – экстракт корня в той же дозе в течение семи суток после облучения. Согласно методу селезёночных эндоколоний, на 8-е сутки после облучения животные подвергались плановой эвтаназии под эфирным наркозом, затем извлекали селезёнку каждого животного и фиксировали в кислой жидкости Буэна. На следующие сутки проводился подсчёт эндоколоний на поверхности селезёнок контрольных и опытных животных.

В результате проведенных исследований было показано, что экстракт корня *Gentiana lutea L.* не оказал статистически значимого противоопухолевого действия по отношению к опухоли карциномы Эрлиха. В ходе исследования радиозащитных свойств было установлено, что применение

экстракта корня горечавки после облучения не оказывает значимого влияния на течение острой лучевой болезни у мышей, а применение перед облучением оказывает сенсибилизирующее действие – статистически достоверно отягощает течение острой лучевой болезни, снижает выживаемость животных и продолжительность их жизни.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности дальнейших исследований в этом направлении с использованием различных методов и схем терапии.

Литература

1 Rodriguesa C., Karmalib A., Machadoa J. The extracts of Gentiana lutea with potential cytotoxic effects on human carcinoma cell lines: A preliminary study // European Journal of Integrative Medicine. – 2019. – V. 27. – P. 34-38.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЛАХ

Д.Н. Соболев
ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
г. Мытищи, Россия

Растительные масла занимают особое место в рационе человека благодаря высокому содержанию ненасыщенных жирных кислот, антиоксидантов, различных жирорастворимых витаминов. Для защиты масличных культур от сорняков, болезней и вредителей на различных этапах взращивания применяют пестицидные препараты, которые могут накапливаться в масличных семенах, что не исключает возможности их присутствия в растительных маслах.

Для контроля содержания остаточных количеств пестицидов в маслах растительного происхождения в основном используются методики, основанные на жидкость-жидкостной экстракции ацетонитрилом с последующей очисткой гексаном и на колонке с силикагелем. Реализация таких методов требует

затрат большого количества токсичных растворителей и времени, а также ограничивает возможность многокомпонентного анализа образцов.

Всемирно признанный метод QuEChERS, разработанный для определения содержания пестицидов в пробах с различным содержанием влаги, пигментов, липидов и т.д. Метод состоит из двух основных этапов – жидкостной экстракции и последующей очистки методом дисперсионной твердофазной экстракции (д-ТФЭ). В настоящее время QuEChERS позволяет без труда проводить экстракцию пестицидов из сложных матриц (сильнопигментированные овощи и фрукты, зерновые и бобовые с высоким содержанием жира) благодаря использованию на втором этапе различных комбинаций сорбентов. [1]

Целью работы была адаптация метода QuEChERS для исследования образцов масла сои и нута на содержание остаточных количеств мефеноксама (системный фунгицид класса фениламиды) и флудиоксонила (контактный фунгицид класса фенилпирролы) при совместном присутствии. Данные вещества часто присутствуют в составе протравителей семян для комбинированного воздействия на возбудителей болезней сельскохозяйственных культур.

Низкая липофильность мефеноксама и флудиоксонила позволили использовать метод QuEChERS с незначительными модификациями. Для анализа брали образцы масла массой 5 г, добавляли 5 см^3 воды, 10 см^3 ацетонитрила и 6,5 г буферной смеси солей для экстракции. После встряхивания и центрифугирования супернатант подвергали д-ТФЭ смесью первичных-вторичных аминов и октадецилсилана, затем анализировали метом газовой хромато-масс-спектрометрии. Метод валидирован на 10 образцах масла сои с внесением веществ на уровне нижнего предела количественного определения (0,01 мг/кг) и 10-ти пределов определения (0,1 мг/кг), диапазон полноты извлечения 85-114 %, стандартное отклонение 7 %.

Полученные результаты исследования позволяют значительно облегчить процедуру пробоподготовки образцов масла в сравнении с классическими методами, а также полностью

удовлетворяют требованиям нормативных документов по определению остаточных количеств пестицидов [2].

Литература

1 He Z., Wang Y., Wang L., Peng Y., Wang W., Liu X. Determination of 255 pesticides in edible vegetable oils using QuEChERS method and gas chromatography tandem mass spectrometry. //Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2017. – № 409 – P. 1017 – 1030.

2 SANTE/12682/2019 Guidance document on analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues and analysis in food and feed. [Электронный ресурс] - 20 с. - Режим доступа: https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlALL/Aqc Guidance_SANTE_2019_12682.pdf (дата посещения 18.03.2021).

НОВЫЙ ГЕРБИЦИД КЛАССА ТРИКЕТОНОВ: МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЪЕКТАХ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Н.А. Степанова, М.С. Гречина
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

В настоящее время серьезную проблему представляет быстрое увеличение числа биотипов сорняков, устойчивых к применяемым на протяжении долгого времени гербицидам. Сорные травы становятся резистентными к ним, что требует от агрономов больших усилий для использования нехимических мер борьбы с сорняками, а также затрат на защиту культур.

В России представлен новый гербицид на основе инновационного химического компонента бициклопирона (4-гидрокси-3-{2-[(2-метоксиэтокси) метил]-6-(трифторметил)-3-пиридилкарбонил}бицикло[3.2.1]окт-3-ен-2-он), класса трикетонов, являющегося ингибитором 4-гидроксифенилпируватдиоксигеназы (HPPD). Новый препарат на его основе относится к высокоэффективному гербициду довсходового применения, подавляющему развитие сорных трав еще до начала их роста, предназначенному для зерновых культур, в частности кукурузы.

При применении препарата действующее вещество может проникать в водную среду в процессе проведения внекорневого опрыскивания на полевой, сладкой или семенной кукурузе. Бициклопирон отлично растворим в воде и может перемещаться по почвенному профилю и потенциально достигать грунтовых вод. Таким образом, необходим контроль уровней содержания данного действующего вещества не только в кукурузе и продуктах ее переработки (например, масла), а также в объектах, где оно потенциально может находиться и влиять на здоровье населения. Таким образом, проведена исследовательская работа по разработке методов определения действующего вещества бициклопирона в зерне и масле кукурузы, а также в объектах среды обитания: воде, почве и воздухе. Измерение уровней бициклопирона в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором при длине волны 276 нм.

Из теоретических расчетов, на основании давления паров бициклопирона ($5 \cdot 10^{-6}$ Па при 25°С) показано, что возможная концентрация парообразной фракции в воздухе, обусловленная естественной летучестью, составляет $0{,}9 \cdot 10^{-3}$ мг/м^3, что позволяет сделать заключение о гигиенической значимости присутствия вещества в воздухе в виде аэрозоля. Таким образом, аспирация производилась через бумажные фильтры «синяя лента». Смыв препарата с поверхности кожных покровов осуществлялся бязевой салфеткой, в качестве смывающей жидкости выбрана смесь этанола с водой в соотношении 1:1. Разработанная методика обеспечивает нижний предел количественного измерения бициклопирона в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м^3 при аспирации 2 дм^3 воздуха и 0,01 мг/м^3 для атмосферного воздуха при аспирации 20 дм^3. Достигнутые пределы существенно ниже рекомендуемых величин ОБУВ. Нижний предел количественного определения в смывах 0,2 мкг/смыв.

Разработка метода определения бициклопирона в зерне и масле кукурузы, в воде и почве проведена с применением высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. В качестве источника

ионизации использован электроспрей. Структура действующего вещества позволяет работать как в положительном, так и отрицательном режиме ионизации.

Извлечение бициклопирона из зерна и масла кукурузы проводили смесью ацетонитрил-вода (8:2), из проб почвы - подкисленной смесью ацетонитрил-вода (7:3). Очистка водных проб производилась с применением картриджей для твердофазной экстракции с гидрофильно-липофильным сорбентом, с последующим перерастворением метанольного элюата в подвижной фазе. Разработанная методика обеспечивает нижний предел количественного определения в зерне и масле кукурузы 0,01 мг/кг, в почве – 0,001 мг/кг, в воде – 0,0001 мг/дм^3.

По результатам выполненных работ сформированы соответствующие методические указания по разделу 4.1. Методы контроля. Химические факторы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ НА СТАБИЛЬНОСТЬ РАСТВОРОВ НАТУРАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ СВЕКОЛЬНОГО КРАСНОГО

В.Р. Степанянц, Ю.Д. Соколова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Современный мир не может быть представлен без красителей. Они используются для придания продуктам питания привлекательного вида. Полезным бонусом для потребителей является также пищевая ценность самого красителя. Наиболее подходящими под данные критерии отбора оказываются натуральные красители.

Краситель свекольный красный (Е162) или бетанин, получаемый из соответствующего корнеплода, относится к классу беталаиновых. Среди беталаиновых красителей выделяют красные бетацианины и жёлтые бетаксантины. Общая их структурная еденица – остаток беталамовой кислоты – в первых

соединена с дигидроиндолом, а во вторых – с аминокислотами различной природы. Именно эти каркасы и являются хромофорными группами, обуславливающими цвет красителей.

Использование свеклы столовой в качестве сырья для получения красителя является наиболее перспективным, так как данный корнеплод достаточно распространён и легкодоступен на территории Российской Федерации. Основная проблема широкого использования данного красителя – неустойчивость к большому числу факторов внешней среды и тенденция к изменению цвета в водных растворах.

Подобное поведение красителя может быть связано с его антиоксидантными свойствами. Известно, что при введении активных форм кислорода в листья свеклы столовой вызывает покраснение в месте введения [1], что хорошо соответствует предложенному механизму деградации бетанина [2]. Также процессы деградации могут быть связаны с образованием редуцирующих сахаров в водных растворах бетанина при стоянии, однако нет исчерпывающей информации, подтверждающей данную гипотезу.

Предложено несколько путей стабилизации красителя, среди которых – использование пищевых загустителей [3]. Другие способы, связанные с модификацией состава раствора красителя, недостаточно изучались и не нашли широкого применения.

Исследуется возможность использования ферментных препаратов для увеличения стабильности бетанина. Для этого были выбраны несколько видов промышленных ферментов, относящихся к гликозидазам. Исследуемые водные вытяжки подвергались стоянию в течение некоторого времени. В ходе экспериментов было обнаружено, что растворы, в которые были добавлены ферменты, при хранении без доступа воздуха обесцвечиваются значительно быстрее неферментированных. Уже на второй день хранения спектры ферментированных растворов значительно изменяются.

Результаты данного исследования дают основу для формирования более оптимального способа выделения красителя свекольного красного, стабильного в более широком диапазоне внешних условий.

Литература

1 Sepulveda-Jimenez G., Rueda-Benitez P., Porta H., Rocha-Sosa M. Betacyanin synthesis in red beet (Beta vulgaris) leaves induced by wounding and bacterial infiltration is preceded by an oxidative burst // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2004. – № 64. – P. 125-133.

2 Соколова Ю.Д. Исследование обесцвечивания красителя свекольного красного // Universum: Химия и биология. – 2017. – № 2(23). – С.47-51.

3 Щербакова А.Н., Соколова Ю.Д. Стабилизация цвета водных экстрактов красителя свекольного красного полисахаридами // Тенденции развития науки и образования – 2019. – № 56(12). – С. 82-86.

4 Strack D., Vogt T., Schliemann W. Recent advances in betelain research // Phytochemistry. – 2003. – V. 62. – P. 247-269.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕНДИМЕТАЛИНА В БОБОВЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИМПОРТИРУЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

А.В. Суслова
ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, г. Мытищи, Россия

Быстрое распространение сорных трав оказывает значительное влияние на урожайность посевных культур. Препараты на основе почвенного гербицида избирательного действия пендиметалина эффективно действуют против широкого ряда двудольных сорняков, например, таких как амарант, мелколепестник канадский, галинсоги мелкоцветковый, дымянка лекарственная и другие. В России пендиметалин в основном применяют на таких культурах, как подсолнечник, капуста белокочанная, лук и морковь. Однако, он так же эффективен для защиты пшеницы, ячменя, ржи, тритикале, кукурузы, сои, риса, картофеля, гороха, фруктов, газонов и декоративных растений. Широкий спектр применения

препаратов на основе данного пестицида подтверждает необходимость наличия официальных аналитических методов определения остаточных количеств пендиметалина в различных культурах, выращиваемых на территории РФ или импортируемых из других стран.

Пендиметалин (N-(1-этилпропил)-2,6-динитро-3,4-ксилидин) относится к классу динитроанилинов. Его механизм действия заключается в ингибировании корневой меристемы, он блокирует образование белка – тубулина, в результате чего нарушается корневое питание, растение истощается и гибнет.

Целью исследования была валидация метода определения остаточных количеств пендиметалина в бобах сои и семенах гороха. Анализ структуры действующего вещества, физико-химических свойств, литературных данных и существующих на данный момент методов аналитического контроля показал, что для количественной идентификации пендиметалина пригодны методы как жидкостной, так и газовой хроматографии с применением специфических и масс-спектрометрических детекторов. Процесс пробоподготовки представляет собой несколько стадий, которые включают экстракцию, очистку в системе несмешивающихся растворителей и доочистку на хроматографических колоннах. Для реализации поставленной цели был выбран метод газовой хромато-масс-спектрометрии. И для оптимизации процесса пробоподготовки была использована технология *QuEChERS («Quick», «Easy», «Cheap», «Effective», «Rugged» and «Safe» - «быстрый, легкий, дешевый, надежный и безопасный»)*.

Экстракцию вещества из анализируемых образцов выполняли ацетонитрилом с использованием смеси солей для экстракции (смесь сульфата магния, хлорида натрия и натрия лимоннокислого двух- и трехзамещенного), затем проводили очистку методом дисперсионной твердофазной экстракции с применением смеси сорбентов на основе первичных и вторичных аминов и октадецилсилана. Полученный экстракт концентрировали отдуванием растворителя в токе инертного газа и перерастворяли в ацетоне.

Хромато-масс-спектрометрию осуществляли в «жёстком» режиме ионизации электронным ударом. Для идентификации пендиметалина использовали режим регистрации индивидуальных ионов (SIM), ионы с m/z (отношение: масса/заряд): 252, 162, 281. Ион 252 был использован для количественного расчёта.

Разработанный метод обеспечивает нижний предел количественного определения пендиметалина в бобах сои и семенах гороха 0,01 мг/кг, что в десять раз меньше МДУ для сои и соответствует МДУ для зернобобовых смесей.

В целом, значения средней полноты извлечения в бобах сои составляет 97 % при среднеквадратичном отклонении 3,8 %, в семенах гороха – 105 % при среднеквадратичном отклонении 7,1 %.

Разработанный метод будет способствовать контролю соответствия пищевой продукции, в том числе импортируемой, требованиям законодательства Евразийского экономического союза.

ИЗЫСКАНИЕ СРЕДСТВ С АКТОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПЕРТЕРМИИ

Е.В. Удовенко, И.В. Быкова
Брянский государственный технический университет,
г. Брянск, Россия

В настоящее время постоянно увеличивается количество чрезвычайных ситуаций техногенного происхождения, сопровождающиеся горением. Физическая работоспособность людей в условиях воздействия высокой температуры воздуха значительно снижается, что препятствует успешному выполнению поставленных задач и создает угрозу для жизни.

Задачей современной фармацевтической химии является поиск новых соединений, способных повышать физическую работоспособность человека при воздействии высокой температуры воздуха [1].

Нами изучено в сравнительном аспекте влияние 21 физиологически совместимого антиоксиданта на физическую работоспособность мышей после воздействия гипертермии. Вещества синтезированы доктором химических наук Э.А. Парфеновым в НИИ экспериментальной диагностики и терапии опухолей ГУ Российского онкологического научного центра имени академика Н.Н. Блохина РАМН [2].

Эти соединения можно разделить на 7 групп: производные аскорбиновой кислоты (πQ-461, πQ-540, πQ-541), производные никотиновой кислоты (πQ-519, πQ-519B), медьсодержащие соединения (πQ-133, πQ-156, πQ-167, πQ-261, πQ-592, πQ-601, πQ-680, πQ-1019), кобальтсодержащие соединения (πQ-902, πQ-903), железосодержащее соединение (πQ-906), титансодержащие соединения (πQ-509, πQ-677, πQ-678). Препаратами сравнения были известные лекарственные средства: актопротектор бемитил, антиоксидант с антигипоксическим действием мексидол, антидот при отравлении угарным газом ацизол.

Опыты проведены на 2522 белых беспородных мышах-самцах.

Из исследованных соединений физическую работоспособность мышей по тесту бега в третбане в обычных условиях увеличивали 12 веществ. Актопротекторные свойства проявляли в одной дозе два соединения (πQ-261, πQ-902), в двух дозах – 3 соединения (πQ-133, πQ-262, πQ-263,), в трех дозах – 5 соединений (πQ-156, πQ-167, πQ-519, πQ-903, πQ-601), в четырех дозах – 1 соединение (πQ-906); в пяти дозах – 1 соединение (πQ-461). Не оказывали какого-либо действия 9 соединений (πQ-509, πQ-519B, πQ-540, πQ-541, πQ-592, πQ-677, πQ-678, πQ-680, πQ-1019). Медьсодержащее соединение под шифром πQ-133 оказывало неоднозначное влияние на физическую работоспособность мышей: в дозе 5 мг/кг не влияло, в дозах 10 и 25 мг/кг увеличивало (на 35 и 22 %), а в дозе 50 мг/кг сокращало (на 37%) время бега мышей.

В тех же условиях опыта препараты сравнения оказывали неодинаковое влияние на физическую работоспособность мышей. Актопротектор бемитил увеличивал время бега мышей в третбане в двух дозах (50 и 100 мг/кг), а антиоксидант мексидол

и антидот ацизол не оказывали какого-либо влияния на этот показатель.

Среди исследованных 21 физиологически совместимого антиоксиданта по степени выраженности и широте эффективных доз наибольшую актопротекторную активность по тесту бега мышей в третбане в обычных условиях проявляло производное аскорбиновой кислоты под шифром πQ-461.

Литература

1 Воловича В.Г., Давыдов Г.А., Гаряев Л.А. и др. Физическая работоспособность в условиях гипертермии / Тез. докл: «Физиология экстремальных состояний и индивидуальная защита человека». – М., 1986. – 94 с.

2 Парфёнов Э.А., Смирнов Л.Д., Дюмаев К.М. Стратегические направления медицинского применения антиоксидантов // Тез. докл. IX Российского национ. конгр. «Человек и лекарство». – М., 2002. – С. 765.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ В ПОЧВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА В 2020 Г

В.Ф. Хоанг, М. Мачона, Я.В. Непогодина, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

НИФХИ им. Л.Я. Карпова – это научно-исследовательский физико-химический институт, где находится исследовательский ядерный реактор ВВР-ц. В настоящее время филиал НИФХИ проводит фундаментальные исследования и разработки, например, по ядерно-химическому синтезу, легированию полупроводников, производит радиофармацевтические препараты.

Мониторинг почвы в зоне влияния НИФХИ позволяет анализировать воздействие придприятия на окружающую среду, в частности, осаждение на земную поверхность загрязняющих и радиоактивных веществ, поступающих с атмосферными

выбросами. Программа мониторнига почв включает изучение содержания калия в почве в зоне влияния НИФХИ. Получение данных о составе почвы необходимо для понимания свойств исследованных почв, их изменения по сравнению с интактными территориями и в годовой динамике.

В июле 2020г. нами был проведен отбор почв в 19 точках в зоне влияния НИФХИ. В лаборатории Ресурсного центра ИАТЭ была сделана пробоподготовка почв для последующего анализа. Определение содержания калия проводили ионометрическим методом в соответствии ГОСТ 277753.6-88 "Почва. Методы определения водорастворимого калия". Сущность метода заключается в измерении разности потенциалов калийного ионоселективного электрода и электрода сравнения, значение которой зависит от концентрации ионов калия в растворе. Для измерений использовали иономер - «ЭКОТЕСТ–120» с хлорсеребряным электродом сравнения.

В табл. 1 представлены результаты определения концентрации ионов калия в водной вытяжке из исследованных почв из 19 мест отбора.

Таблица 1

Концентрации ионов калия (отбор летом 2020г.)

Точки	С, мг/100г	Точки	С, мг/100г	Точки	С, мг/100г
1.1	1,13 ± 0,14	2.2	0,86 ± 0,03	2.8	1,27 ± 0,14
1.6	0,53 ± 0,06	2.3	2,11 ± 0,11	2.9	0,95 ± 0,05
1.7	1,74 ± 0,11	2.4	3,74 ± 0,58	2.10	0,80 ± 0,05
1.8	1,43 ± 0,07	2.5	1,21 ± 0,07	2.11	0,71 ± 0,04
1.9	2,35 ± 0,26	2.6	0,66 ± 0,04	2.12	1,29 ± 0,06
1.10	0,44 ± 0,02	2.7	0,63 ± 0,03		
2.1	1,02 ± 0,05	2.7а	0.50 ± 0,03		

Согласно литературным данным, валовое содержание калия в пахотном слое дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв составляет 1,2% [1]. А водорастворимый калий представлен различными солями, растворенными в почвенной влаге (нитраты, фосфаты, сульфаты, хлориды, карбонат калия), которые непосредственно усваиваются растениями. Содержание

водорастворимого калия в почве незначительно (около 10 % от количества обменного), т.е. 0,05-0,15 % от общего [2]. Таким образом, содержание водорастворимого калия в почве может составлять от 0,6 до 1,8 мг/100г.

Концентрация ионов калия в почве в пробах, взятых около НИФХИ, колеблется от 0,44±0,02 до 3,74±0,58 мг/100г, что позволяет сделать вывод о том, что полученные данные близки к литературным сведениям о содержании водорастворимой формы калия в почвах. Минимальное содержание ионов калия наблюдается в точках 1.10 и 2.7а; можно предположить, что в этих точках могут создаваться наилучшие условия для миграции радионуклида ^{137}Cs в случае радиоактивного загрязнения территории.

Литература

1 Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород. – Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 130 с.

2 Шеуджен А.Х., Дроздова В.В. Агрохимия: учебно-методическое пособие. – Краснодар: КубГУ, 2014. – 102 с.

СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ПОЧВЕ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ И ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ НИФХИ ИМ. Л.Я. КАРПОВА

Н.З. Хуинь, Л.П. Полякова, Т.В. Мельникова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

АО «НИФХИ им. Л.Я.Карпова» - радиационно опасный объект имеет исследовательский ядерный реактор, облучательные установки, реализует разные ядерные технологии неэнергетической направленности (производство радиофармпрепаратов, модификация материалов и пр.). Медь относится к группе тяжелых металлов, содержание которых в объектах окружающей среды является одной из приоритетных

задач мониторинга зоны влияния радиационно опасных объектов.

Целью настоящей работы является исследование уровня меди в почве, как элемента возможного загрязнения природной среды на территории вблизи АО «НИФХИ им. Л.Я.Карпова».

Объектом исследования являлись образцы почвы, отобранные в 2019 г. на территории санитарно-защитной зоны (СЗ) и зоны наблюдения (ЗН) НИФХИ им.Л.Я.Карпова (рис.1) .

Рис.1. Карта мест отбора 19 проб почвы из различных по ландшафту участков территории (леса, придорожной полосы, зоны максимально приближенной к площадке института).

Определение содержания меди в почве осуществлялось фотометрическом методом на спектрофотометре UVmini-1240 [1]. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержания меди в почве местности вблизи НИФХИ в 2019 г

№ пробы	C(Cu), мг/кг	№ пробы	C(Cu), мг/кг
1.1	1.571±0.625	2.5	1.149±0.784
1.6	2.658±0.226	2.6	6.292±0.399
1.7	0.320±0.021	2.7	1.691±0.036
1.8	2.525±0.347	2.7A	1.214±0.248
1.9	0.505±0.019	2.8	0.565±0.324
1.10	0.048±0.038	2.9	0.954±0.582
2.1	0.500±0.187	2.10	0.905±0.430
2.2	2.463±0.543	2.11	2.236±0.228
2.3	9.761±0.767	2.12	1.270±0.131
2.4	8.466±0.728		

Предельно допустимая концентрация (ПДК) меди в почве составляет 3 мг/кг в соответствии с Гигиеническими нормативами ГН 2.1.7.2041-06.

Содержание меди в почве в 2019 году составило от 0.048±0.038 до 9.761±0.767 мг/кг. Изменение уровней меди в почве на порядки свидетельствует об особенности геохимического ландшафта СЗ и ЗН. Такие колебания концентраций меди могут быть связаны и с антропогенным фактором. В точках отбора 2.3, 2.4, 2.6 содержание меди превышают ПДК в 3,3; 2,8 и 2,1 раз соответственно. Поэтому дополнительное изучение временных колебаний уровня меди в почве важно в целях обеспечения экологической безопасности местности.

Литература

1 ГОСТ Р 50684-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО – М.: Издательство стандартов, 1994.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ НИФХИ ИМ. Л. Я. КАРПОВА В 2020 Г.

А.Х. Чан, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

При нормальной эксплуатации объектов атомной энергетики и промышленности загрязнение окружающей среды радиоактивными нуклидами составляет ничтожно малую долю от естественного фона. Тем не менее, любое предприятие оказывает воздействие на окружающую среду. Одним из ядерно- и радиационно опасных предприятий г. Обнинска является НИФХИ им. Л. Я. Карпова, в ходе производственной деятельности которого происходят выбросы вредных химических и радиоактивных веществ в атмосферу. Для оценки степени нерадиоактивного влияния НИФХИ на окружающую среду, выявления загрязнителей и проблемных ситуаций необходимы данные о физико-химических показателях почвы, которая находится в зоне влияния НИФХИ. Получение таких данных стало целью настоящего исследования.

В рамках данной работы исследована почва, отобранная в течение 2020 года в 19-ти точках на территории санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения НИФХИ им. Л. Я. Карпова. Анализ проводился по следующим физико-химическим показателям: полная влагоемкость, актуальная и обменная кислотность в летний период 2020 года. Актуальная кислотность (pH водной вытяжки) и обменная кислотность (pH солевой вытяжки) определялись потенциометрическим методом, а полная влагоемкость – гравиметрическим методом.

В табл. 1 представлены диапазоны значений полной влагоемкости почвы разного типа. Полученные данные показывают, что полная влагоемкость почвы зависит от её гранулометрического состава и содержания органического

вещества. Этот результат соответствует литературным данным о влажности почвы.

Данные о величине актуальной и обменной кислотности в исследуемых почвах представлены на рис. 1. Актуальная кислотность в почвах, отобранных вблизи НИФХИ летом 2020 г., изменяется в диапазоне 5–8, но большинство значений находится от 5,1 до 7,5. Этот диапазон близок к оптимальным значениям pH для произрастания растений.

Таблица 1

Диапазон значений полной влагоемкости для разных типов почвы

Наименование почвы	Влагоемкость, %	
	минимальное	максимальное
Песок	23,5 ± 1,6	39,7 ± 1,0
Супесь	23,9 ± 0,7	47,4 ± 1,5
Лёгкий суглинок	39,3 ± 0,4	41,0 ± 0,4

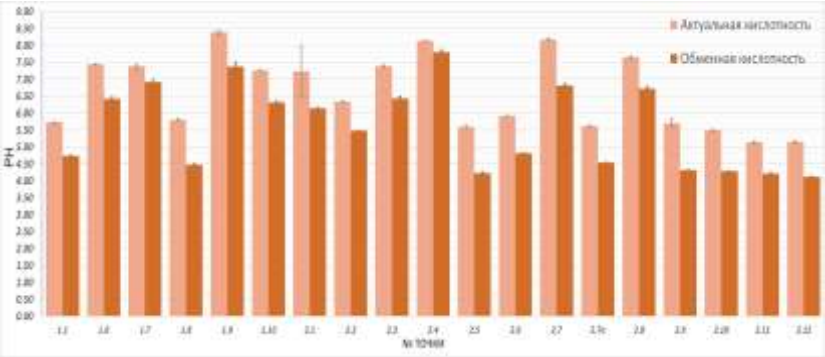


Рис. 1. Результаты определения pH в почвах (отбор летом 2020 г.).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что изученные физико-химические показатели почв вблизи АО НИФХИ им Л. Я. Карпова являются типичными для наземных экосистем Центральной России. Полученные данные будут использованы при анализе содержания радионуклидов в почве в зоне влияния предприятия.

РОЛЬ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Д.А. Чепило, Г.В. Раменская, В.И. Гегечкори, И.А. Пожарнов
ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

В условиях постоянного развития производства и разработки новых лекарственных средств, фармацевтическая индустрия все больше нуждается в отечественных стандартных образцах (СО), востребованных не только в системе контроля качества и стандартизации лекарственных средств, но и в системе экологического мониторинга на предприятиях по производству лекарственных препаратов. [1-3].

При производстве соответствующих ЛС в виде таблетируемых лекарственных форм для приема внутрь требуется осуществлять меры постоянного экологического и гигиенического контроля.

В ходе осуществления производственных процессов, вскрытия упаковки субстанции, дальнейшего хранения, а также транспортировки субстанции между производственными помещениями и зданиями, происходит попадание механических микрочастиц в воздух окружающей среды, что в перспективе может приводить к увеличению концентрации механических микрочастиц и их оседанию на окружающие поверхности – стены, пол и потолок производственных помещений, одежда персонала, производственное оборудование и т.д.

Микрочастицы лекарственных субстанций Эналаприла и Каптоприла не вызывают явного токсического эффекта, но при достаточной концентрации в окружающей среде всегда проявляют воздействие, изменяющие нормальное функционирование организма человека.

Для осуществления эффективного экологического мониторинга содержания субстанций в соответствующих отбираемых для анализа (идентификация, количественное определение) смывах и пробах предлагается применять СО

Эналаприла и Каптоприла. Разработка и создание СО происходит с использованием современных физических и физико-химических методов анализа (ИК-спектрометрия, Масс-спектрометрия (МС), ЯМР ^{1}H и ^{13}C -спектроскопия, газовая хроматография (ГХ), высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)). В процессе контроля качества СО проводят общие фармакопейные испытания. Готовый СО должен соответствовать требованиям действующей Фармакопеи РФ 14 издания, а также требованиям общей фармакопейной статье ОФС.1.1.0007.18 “Стандартные образцы”.[4].

Использование СО имеет решающее значение для обеспечения надежной и точной интерпретации результатов, полученных с помощью точных и селективных сличительных методов, что позволит своевременно выявить превышение уровня содержания активной фармацевтической субстанций в окружающей среде, воздухе рабочей зоны и на рабочих поверхностях, а также провести корректирующие мероприятия при производстве ЛС в соответствие с современной санитарно-гигиенической нормативной документаций.

Литература

1 Меркулов В.А., Саканян Е.И., Волкова Р.А. и др., Фармакопейные стандартные образцы и практика их применения в отечественной системе стандартизации лекарственных средств// Хим.-фарм. журн., – 2016. – №4. – С. 40-43.

2 Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. // ОАО НИИ Атмосфера – 2013. – С. 57.

3 Природоохранный нормативный документ федерального уровня ПНД Ф 12.15.1-08 Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод (по состоянию на 11.03.2021 г.)/ Информационно-справочная система «Гарант».

4 Федеральная электронная медицинская библиотека МЗ РФ Государственная Фармакопея Российской Федерации (ГФ РФ 14, Т. 1-4)// Сайт «Федеральная электронная медицинская библиотека. Министерство здравоохранения Российской Федерации» [Электронный ресурс] Режим доступа:

http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php (дата посещения 11.03.2021 г.).

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В ВОДЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ БЛИЗИ НИФХИ ИМ.Л.Я.КАРПОВА

Д.Ф. Чунг, В.В. Ивахно, К.А. Московская, А.К. Нкаусу, Т.В. Мельникова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

При проведении мониторинга водных объектов выделяют приоритетную группу металлов-токсикантов, в которую входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром, так как они являются наиболее опасными для окружающей среды, здоровья человека и животных.

Целью настоящей работы было исследование содержания меди в воде (лето-осень 2020г) объектов в районе расположения радиационо опасного предприятия НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Исследовалась вода в водоемах, расположенных в санитарно-защитной зоне (СЗЗ), зоне наблюдения (ЗН) НИФХИ и реках Дырочная и Протва, которые протекают на расстоянии 2,4 – 4,0 км от института.

Определение меди в воде указанных объектов осуществлялось по методике [1] на спектрофотометре UV-mini1240 (Япония). Полученные результаты сравнивались с различными нормативными показателями содержания меди в воде, приведенными в работах [2,3].

На рисунке 1 представлены результаты измерения содержания меди в воде различных водных объектов (точки отбора проб воды 1-7) в летне-осенний период 2020 г.

Согласно представленным данным концентрация меди в воде летом изменялась в диапазоне от 0,004 до 0,123 мг/л и осенью от 0,005 до 0,031 мг/л.

Если руководствоваться нормативами, представленными в отчетах по экологической безопасности НИФХИ им. Л.Я. Карпова [2] (0,005 мг/л в соответствии с Приказом Минсельхоза РФ от 13.12.2016 N 552), то во всех исследуемых нами образцах воды (кроме точек 2 и 4) концентрация меди в 1,2-24,6 раза превышает этот показатель.

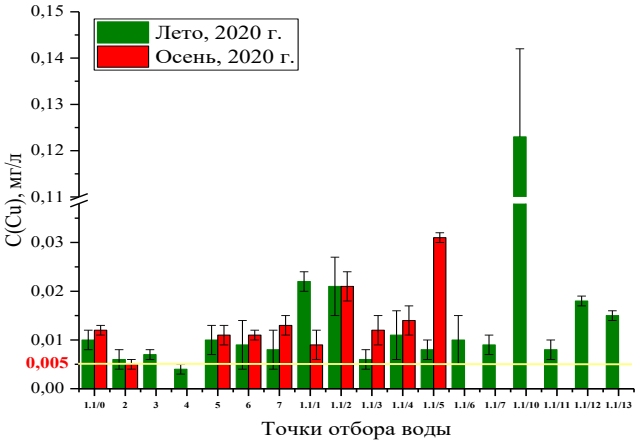


Рис. 1 Содержание меди в образцах воды в летний и осенний периоды 2020 г.

Если же взять за основу ПДК меди для водоемов рыбохозяйственного назначения (0,001 мг/л), то в образцах речной воды (точки 5-7) наблюдается превышение содержания меди в 8-13 раз. Наиболее высокое содержание меди наблюдается в водоемах (точки 1.1/0-1.1/13), в которые стекает вода из трубы, расположенной на территории НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Однако, если сравнивать исследованные нами концентрации меди в воде с Гигиеническими нормативами (1 мг/л [3]), то превышения показателей содержания меди в воде не наблюдается.

Литература

1 Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н.: Под ред. А. П. Шицковой. – М.: Медицина, – 1990. – 400 с.

2 Отчёт по экологической безопасности за 2019 год, ФГУП «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова». – 34 с.

3 СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО И ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

APPROVAL OF THE PREDICTIVE CALCULATION METHOD OF I-131 PHARMACOKINETICS IN RADIOIODTHERAPY OF HYPERTHYROIDISM

V.T.T. Duong[1], O.P. Alexandrova[2], P.I. Garbuzov[3], A.N. Klyopov[4]
[1] – Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI»,Obninsk, Russia
Institute For Nuclear Power Engineering (OINPE), Obninsk, Russia
[2] – Rosatom Technical Academy, Obninsk, Russia
[3] – A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre, Obninsk, Russia
[4] – LLC «Dyonis», Obninsk, Russia

Introduction. In modern radioiodine therapy (RIT) of hyperthyroidism, there is an acute problem of creating a correct method for quantitative prognosis of ^{131}I kinetics in the thyroid gland (TG) at the stage of planning a treatment procedure, taking into account such important indicators for the attending physician as: the type and severity of the disease, parameters of taking thyrostatics, thyroid gland mass, etc. A thorough analysis of available sources has shown that to date, practically none of the proposed developments satisfy the complex of requirements in this part, with the exception of the method described in [1]; it was chosen as the basis for the critical research presented here. It is characteristic that for the predictive calculation of the constants of the used two-compartmental model of the kinetics of ^{131}I, $\{k_{tu}, k_{TE}\}$, the method [1] declares the actual data set, from the point of view of the thyroidologist: age, type and severity of the disease, concentration of FT_4 in the patient's blood, the time of completion of taking thyrostatics by him, the volume of the thyroid gland. Note that the third constant (k_B) of the two-compartmental model is not determined by this method.

Research objectives. Approbation of the methodology [1] on the basis of clinical data from a cohort of patients who underwent RIT at the A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre. Development of methods for determining the third kinetic constant, k_B, within the framework of a two-compartmental model.

Materials and methods. In the course of the research, we used archival data (hormones, ultrasound and thyroid radiometry, etc.) of a cohort of 90 patients who underwent RIT at the A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre in the period 2000–2007: diffuse toxic goiter, toxic multinodular goiter, toxic adenoma, non-toxic multinodular goiter. In addition to the methodology [1] for calculating the constants $\{k_{tu}, k_{TE}\}$, we have proposed two algorithms for identifying the constant k_B, according to the time-based radiometry of the TG with diagnostic ^{131}I: 1) majorant method (estimation of the kinetics «from above»), implemented for the case of multiple measurement times (at least three), for example, 24, 48, 96 h; 2) numerical identification, suitable for any set of radiometry times. The values of the three constants of the two-compartmental model calculated in this way were verified by means of the author's method of simultaneous numerical identification of the entire set of constants $\{k_{tu}, k_{TE}, k_r\}$.

Results. Numerical identification of the ^{131}I kinetics in the thyroid gland was carried out according to the developed methods for the studied cohort of patients. It was shown that the relative root-mean-square deviation of the measured and calculated values of the ^{131}I activity varies across the cohort in the interval 2–62%. It has been established that the method [1] in many cases leads to unrealistic values of kinetic constants: $k_{TE} \leq \lambda_p$ – is the decay constant of ^{131}I; $0 > k_r$ – is the constant of ^{131}I uptake into the kidneys. The reason for this is that in the process of constructing regression formulas for $\{k_{tu}, k_{TE}\}$ in [1] the formulation of the kinetics model was used without an explicit representation of the constant λ_p in it, which is methodologically absolutely wrong.

Conclusion: correct regression relations for the constants $\{k_{tu}, k_{TE}\}$ can be obtained within the methodology [1] only on the basis of the formulation of the ^{131}I kinetics model in terms of λ_p.

References

1 Vučenović V.T., et al. Investigation of factors influencing radioiodine ^{131}I biokinetics in patients with benign thyroid disease using nonlinear mixed effects approach // European Journal of Clinical Pharmacology. – 2018. – V. 84. – P.1037-1045.

ANALYSIS OF THE RADIATION ACTIVITY OF THE SOIL OF THE VOLGA-VYATKA REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

V.N. Gaponova, R.M. Vasiliev, V.V. Kryukova, L.I. Sabirzyaniva
Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine,
Saint-Petersburg, Russia

Due to the annual increase in enterprises, using man-made sources of ionizing radiation, the number of radiation-hazardous objects and their physical aging, constant radiation monitoring is essential [1,2].

As the object of external environment were studied soil sampling in 5 regions of the Russian Federation: the Republic of Mari El, Republic of Mordovia, Chuvash Republic, Kirov and Nizhny Novgorod oblast in 2019, 2014 and 2009. The samples were examined by the radiochemical method for the content of such radionuclides as cesium -137 and strontium-90 at the bases of the regional and republican Federal Medical Institutions "Center for Hygiene and Epidemiology" [3].

Were marked the following dynamics of the average levels of radioactive contamination in the Republic of Mari El, Chuvash Republic and Nizhny Novgorod region in 2019 - a decline of cesium-137 in soil in 2, 1.4, and 1.5 times, respectively, compared to 2009. In the Republic of Mordovia and the Chuvash Republic, there is also a positive tendency towards a decrease in the level of cesium -137 by 8 and 23%, respectively, compared to 2014. The increased average level of radioactive contamination of the soil in the Republic of Mordovia may be because of the fact that part of its territory is located within the boundaries of the zone of radioactive contamination (Chernobyl disaster) [4].

The level of radioactive contamination of the soil with strontium-90 in the Chuvash Republic and the Kirov region is in the stable state and since 2014 has remained unchanged - 1.6 and 1.4 kBq/m^2, respectively, which does not exceed the background values of radioactive contamination of the soil for the plains of the Russian Federation.

Indicators of the specific activity of artificial radionuclides in the soils of the Volga-Vyatka region over the past years remain at stable levels and do not exceed the background values of radioactive contamination of the soil for the plains of the Russian Federation.

Regular monitoring of the radiation situation both in the Volga-Vyatka region and in other regions of the Russian Federation makes it possible to detect any changes in the levels of radioactive contamination of environmental objects in time and immediately to take the necessary measures to protect the population from the effects of ionizing radiation.

References

1 Sanitary rules and regulations (SanPiN 2.6.1.2523-09). Radiation safety standards (NRB-99/2009) [Text]: approved 07.07.09. – Moscow: Ministry of Health of Russia, 2009. – 96 p

2 Anipchenko P. The state of the antioxidant system in cows at different densities of radioactive contamination of the soil / P. Anipchenko et [al.] // The FASEB journal (Federation of American Societies for Experimental Biology). San-Diego. – 4-7 April 2020. – V.34 – Issue S1. – P. 1-1

3 Vasilyev R.M. Dynamics of the content of technogenic radionuclides in the objects of veterinary supervision of the North-Western region/ R.M. Vasilyev, V.N. Gaponova // International Journal of Veterinary Medicine. – 2020. – No. 4. – p. 79-83

4 Gaponova V.N. Content of active radionuclides in the water of the Volga-Vyatka region of the Russian Federation / V.N. Gaponova et al. // Materials of the national scientific conference of the faculty, researchers and postgraduates of SPbGAVM. B.B. - St. Petersburg: Publishing house of SPbGAVM. – 2020. – p. 26-28.

DOSIMETRY OF RADIOIODINE THERAPY FOR HYPERTHYROIDISM, TAKING INTO ACCOUNT THE REDUCTION OF THYROID MASS

L.T. Nga [1], O.P. Alexandrova[2], P.I. Garbuzov[3], A.N. Klyopov[4], V.V. Krylov[3]
[1] – Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI»,Obninsk, Russia
[2] – Rosatom Technical Academy, Obninsk, Russia
[3] – A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre - branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia
[4] – LLC «Dyonis», Obninsk, Russia

Introduction. In the overwhelming number of works in the field of dosimetric tracking of radioiodine therapy (RIT) of hyperthyroidism (MIRD approach, and others, simplified), throughout the entire period of its application, when calculating absorbed doses (AD), the fact that the mass of the thyroid gland (TG) remains unchanged when ^{131}I exposed to it. In the same way, almost all studies were carried out to establish the relationship between the dose characteristics of thyroid exposure and the clinical effectiveness of RIT. The paradox is that the fact of a decrease in the mass of the thyroid gland during the action of therapeutic exposure to ^{131}I has been established a long time ago, and more than once. Moreover, the reduction factor can be up to 70-80% of the initial mass of the thyroid gland - m_0 (!), which makes the recognition of this factor in dosimetry more than obvious. Nevertheless, until now, in the total mass of modern dosimetric developments, not to mention the standard RIT protocols, taking into account the reduction of the thyroid gland mass has not become an obligatory component of calculating the AD. At the same time, there is a team (the only one in the world clinical practice) that has been consistently developing dosimetry direction in RIT for 20 years, in which taking into account the factor of thyroid mass reduction is decisive, see [1] and subsequent the work of these authors. The work presented here follows exactly this direction of RIT dosimetry.

Research objectives. To numerically simulate the dynamics of AD of thyroid irradiation taking into account the reduction of its mass for a cohort of patients with hyperthyroidism who underwent a population study during the course of RIT at the clinic of the A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre.

Materials and methods. The basic model for calculating AD, taking into account the reduction of the thyroid gland mass [1], has undergone a reasoned modernization by the authors: a) when determining the parameters of ^{131}I activity at the capture stage, a 4-compartmental linear model of ^{131}I kinetics was used instead of the 2-compartmental model from [1]; b) in contrast to [1], when calculating the AD, a progressive change in the S-factor of absorption of ^{131}I radiation in the thyroid gland – $S_{tir}(m(t))$ – with a change in the mass $m(t)$ was taken into account, which leads to a significant correction of the AD. In [1], it was taken $S_{tir}(m(t)) = const$.

Results. In the FORTRAN code, a software package has been developed that corresponds to the numerical implementation of the presented technique. A cohort of 42 patients was calculated who underwent thyroid radiometry with diagnostic ^{131}I at 2, 24, 48 and 72 hours, and whose thyroid mass was measured at 45, 60 and 90 days. - after RIT. It was established: a) the mass of the thyroid gland in the period (45-90 days) after RIT, as a rule, undergoes a significant reduction, in some cases it decreases by 80% relative to m_0; b) AD in the thyroid gland of patients, calculated by the «reduction model», systematically exceed AD calculated in the framework of the MIRD approach; the excess varies across the cohort of patients in the range (5-60)%.

Conclusion: The correct method of dosimetric analysis and planning of RIT should undoubtedly take into account the reduction in the mass of the thyroid gland, which occurs under the influence of therapeutic exposure to ^{131}I, and the change in the S-factor of absorption of ^{131}I radiation in the thyroid gland with time.

References

1 Traino A.C.,Grosso M., Mariani G. Possibility of limiting the un-justified irradiation in ^{131}I therapy of Graves' disease: a thyroid mass-

reduction based method for the optimum activity calculation// Phys. Med. – 2010. – V. 26(2). – P.71-79.

MODELING OF EXTERNAL RADIATION DOSES FROM PATIENTS UNDERGOING RADIOIODINE THERAPY FOR HYPERTHYROIDISM AND THYROID CANCER

Q.C. Nguyen[1], O.P. Alexandrova[2], P.I. Garbuzov[3], A.N. Klyopov[4], V.V. Krylov[3]
[1] – Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, NRNU «MEPhI»,Obninsk, Russia
[2] – Rosatom Technical Academy, Obninsk, Russia
[3] – A. Tsyb Medical Radiological Research Centre - branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia
[4] – LLC «Dyonis», Obninsk, Russia

To develop models of ^{131}I kinetics in the human body of patients with hyperthyroidism (HT) and differentiated thyroid cancer (DTC) according to their time-dependent radiometry during radioiodine therapy (RIT), and on their basis to create: methods for predicting the time dependences of equivalent dose rate and effective dose rate of external radiation exposure of persons in contact with the patient after his discharge from the clinic, and methods for calculating safe scenarios for patients communication with them.

Two groups of patients who underwent RTV at the A. Tsyb Medical Radiological Research Centre were studied. Group 1: 23 patients with HT: time-dependent accumulation-excretion of indicatory ^{131}I in the thyroid gland and in the body as a whole, was studied on the Discovery NM/CT 670 gamma camera in the planar scintigraphy mode. Group 2: 25 patients with DRC: the time-dependent values of the equivalent dose rate of external irradiation were determined by the DRG-05M dosimeter-at a distance of 1 m, and close to the patient-after performing RIT. The method of reconstructing the kinetics of ^{131}I in the thyroid and in the body of patients with HT according to scintigraphic studies included: a) subtracting the contribution of the account from the thyroid from the

total account from the whole body; b) spline smoothing of time-based measurements in the EXCEL service at the site of accumulation and initial excretion of ^{131}I in the thyroid; c) approximation of the excretion site by an exponent with an indicator determining the value of the effective half-life (T_{eff}) of ^{131}I from the thyroid; d) for the residual part of the body, a similar technique was implemented, taking into account that at time t = 0, the activity of ^{131}I here is determined by the activity of ^{131}I that initially entered the patient's blood; e) the site of removal of ^{131}I in the residual part of the body is also approximated by an exponent, with an indicator determining the value of $T_{eff}(^{131}I)$ from it.

In the dosimetric part of the method: a) when calculating the field of external radiation from the patient, his body was modeled by a phantom – a cylindrical body whose geometry corresponded to its overall data; b) it was assumed that part of ^{131}I was localized in the area of the thyroid gland, which was modeled by a point source; c) it was assumed that the rest of ^{131}I was evenly distributed in the volume of the residual part of the body (respectively, in the volume of the phantom); d) then the time-based values of the total equivalent dose rate (thyroid + phantom) at a distance of 1 m from the phantom were calculated; e) and based on the recalculated equivalent dose rate values for the therapeutic activity of ^{131}I administered to the patient, the permissible time of withdrawal of the patient from the «closed mode» («CM») was determined.

Similar algorithms for reconstructing the ^{131}I kinetics were used for patients with DTC, but instead of the radiation source in the thyroid region, whose contribution to the measured dose was usually negligible, the source in the intestinal region was taken into account (in the form of a point); the patients residual part of the body was also modeled by a cylindrical phantom. To determine (at the time of the equivalent dose rate measurement) the reference values of the ^{131}I activities in the intestinal region, and in the body as a whole, a resolving system of algebraic equations of the 2nd order was obtained. Next, the time dependences of the total equivalent dose rate and effective dose rate (intestine + phantom) were calculated at different distances from the phantom.

The calculated predictive values of the time of withdrawal of patients with HT from the "CM", when giving them therapeutic

activity, are the interval [0, 82] h, for patients with DTC, the time interval of withdrawal from the "CM" is [22; 29] h. Based on these results, effective algorithms were developed that were used to calculate safe scenarios of communication between patients and their family members.

THE USE OF COMMUNICATION DEVICES AS A CAUSE OF MALE REPRODUCTIVE HEALTH DISORDERS

P.A. Vuytsik, M.A. Fesenko
FSBSI "Izmerov Institute of Occupational Healh", Moscow, Russia

In recent years, there has been a significant loss in the functional state of the male reproductive system, especially in industrially developed countries, evidenced by the spread of "male factor" in infertility of married couples. According to some researchers, the reason for this phenomenon is the decay of the environment caused by human industrial and economical activity.

To study the disorders of reproductive function depending on the daily use of cell phones and radiotelephones, a survey of young men aged 18-22 years was conducted. The number of respondents was 252. In order to determine the duration of daily use of various communication devices and other devices that are a source of electromagnetic radiation, was compiled a specialized questionnaire. The respondents were asked to choose the most common duration of use for each of the EMF-generating devices: a mobile phone (smartphone), a wireless headset, a DECT (1890 MHz) radiotelephone, devices with WiFi (laptop, tablet, etc.), and other wireless devices (mouse, keyboard, etc.). Among the answer options were suggested the most common scenarios for using these devices. The assessment of reproductive and sexual function was performed using the AMS male androgen deficiency symptoms questionnaire, which allows subjectively identifying signs of hormonal deficiency and assessing their severity.

Despite the young age of the respondents, a significant part of them note the symptoms of androgen deficiency of varying degrees of severity. According to the AMS questionnaire, more than 51% of

respondents have some symptoms of androgen deficiency. In 35% of respondents these symptoms are observed in a mild degree, in 15% in an average degree. In 1% of the surveyed men, the symptoms of androgen deficiency are highly noticeable.

Analysis of the results of the AMS questionnaire showed that among the users of DECT standard radiotelephones, 61.8% of the young people surveyed have different degrees of androgen deficiency symptoms, which is higher compared to the group that does not use such phones (40%). At the same time, in the group that does not use DECT phones, none of the respondents showed symptoms of androgen deficiency in a sharp form, and in the group of those who regularly make at least 10 minutes of calls a day, the number of young men with this indicator reaches 3%. At the same time, the severity of androgen deficiency symptoms increased with an increase in the daily duration of conversations using DECT standard phones. The number of points scored in the AMS questionnaire for users who regularly make up to 10 minutes of calls per day is 30.13±1.09, points that correspond to mild symptoms of androgen deficiency, and higher than those who do not use DECT standard phones (26.55±0.82) ($p<0.05$) This indicates a greater severity of androgen deficiency symptoms in the study group. Among those who made up to 10 minutes of calls on a mobile phone, a different degree of severity of androgen deficiency symptoms is observed in 45% of respondents. In the group of respondents who made from 10 minutes to 1 hour of calls daily, this figure was 62.5%. The total number of points on the AMS questionnaire for users who talk on a mobile phone for a longer time (from 10 minutes to 1 hour) was also higher than for those who made up to 10 minutes of calls daily, this indicator was 30.15±1.14 for calls from 10 minutes to 1 hour, and 27.51±0.95 for calls up to 10 minutes, respectively ($p<0.05$).

According to a questionnaire survey of young men, the prevalence and severity of androgen deficiency symptoms depend on the time of use of a DECT radiotelephone and a cellphone. Due to the young age, the decrease in the level of androgens in this group cannot be considered physiologically normal, it can be caused by external causes, including prolonged exposure to EMF from various communication devices.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ ПОКОЛЕНИЙ 2-4 G НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МОСКВЫ

О.В. Белая, С.А. Аскерова, Т.А. Коньшина
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Электромагнитная обстановка на территории г. Москвы обусловлена работой различных радиосредств, существенную часть которых составляют системы мобильной связи действующих стандартов (GSM, UMTS, LTE) в диапазоне частот 450 – 2700 МГц. Особенности работы базовых станций (БС), в частности зависимость излучаемой мощности от текущего объема передаваемого трафика, обусловливают случайный характер создаваемых уровней электромагнитных полей (ЭМП) в данной точке пространства.

На территории нескольких микрорайонов г. Москвы проведены натурные измерения уровней ЭМП с целью оценки текущих и наихудших (при максимально возможных уровнях) условий воздействия, создаваемых одновременной работой систем мобильной связи поколений 2-4G, с учетом вклада отдельных стандартов связи и их рабочих диапазонов частот.

В каждом микрорайоне в местах, доступных для населения, исходя из ориентации секторов работы БС, обслуживающих данный район, были определены площадки, на которых проводилась предварительная оценка общего уровня ЭМП на высоте 1,5 м от уровня земли, и выбиралась точка натурных измерений в месте наибольшего уровня ЭМП. В совокупности исследования проводились в 24 точках измерений в дневное и вечернее время.

Натурные измерения проводились с использованием селективного измерителя параметров ЭМП SRM-3006 (Narda Safety Test Solutions, Германия) с антенной 3502/01 (рабочий диапазон частот 420 МГц – 6 ГГц). Контролируемый параметр ЭМП – плотность потока энергии (ППЭ, мкВт/см^2).

Селективные измерения проводились для оценки уровней ЭМП, создаваемых теми компонентами сигнала БС, которые передаются на постоянном уровне мощности в определенной полосе частот и не зависят от уровня трафика. Полученные таким образом данные использовались для расчета теоретически возможных уровней ЭМП, соответствующих условиям максимального трафика передачи данных с учетом соответствующих коэффициентов экстраполяции, определяемых параметрами конкретного стандарта сотовой связи и данными о конфигурации БС [1].

Оценка текущих условий воздействия ЭМП в окружающей среде мегаполиса показала, что максимальные зафиксированные уровни не превышали 3 мкВт/см^2, что соответствует гигиеническим нормативам для населения 10 мкВт/см^2 [2]. В 83% случаев электромагнитная обстановка характеризовалась уровнями ППЭ менее 1 мкВт/см^2. Наибольшие вклады в общий уровень электромагнитного фона соответствовали стандартам связи поколения 2G и 4G (LTE1800 и LTE2600) и составили 53-87%. Для стандартов связи поколения 3G вклад не превышал 35%.

Оценка наихудших условий воздействия ЭМП в окружающей среде мегаполиса при совместной работе БС действующих стандартов связи поколений 2-4G показала, что наибольший прогнозируемый уровень ППЭ достигал 9 мкВт/см^2, при этом в 79% случаев прогнозируемый уровень превышал 1 мкВт/см^2, в 38% – превышал 3 мкВт/см^2, в 17% – превышал 5 мкВт/см^2.

Литература

1 Wuschek M. Measuring RF. Electromagnetic Fields at Mobile Communications Base Station and Broadcast Transmitter Sites. – Pfullingen: Narda Safety Test Solutions GmbH, 2019. – 239 p.

2 СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 27 с.

СРАВНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕОБЛУЧЕННЫХ И ОБЛУЧЕННЫХ РАСТЕНИЙ К ИЗБЫТКУ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

И.С. Боднарь, Е.В. Чебан
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Россия

Радиоактивность не возникает в изоляции от других загрязняющих веществ [1]. Изучение отклика биологических систем при совместном действии излучения и других стрессоров необходимо для проведения качественной радиоэкологической оценки. Растения являются фундаментом экосистем, поэтому в качестве тест-системы для изучения мультистрессовых воздействий радиационной и нерадиационной природы хорошо подходит ряска малая (*Lemna minor* L.). Ряска малая – типичный представитель водной растительности, хорошо культивируется в лабораторных условиях, с успехом используется в экотоксикологических исследованиях.

Целью данной работы являлось изучение морфометрических и биохимических параметров лабораторной культуры ряски малой в ответ на γ-излучение и воздействие тяжелых металлов.

Облучение в дозах 18, 42, 63 Гр проводили на установке «Исследователь» (^{137}Cs) Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Затем культивировали на среде Штейнберга с избытком меди и цинка. Концентрации меди составляли 3; 5; 6,3 мкмоль/л меди, получали добавлением в стерильный раствор $CuCl_2 \cdot 2H_20$. Конечные концентрации цинка: 3; 6,3; 12,6 мкмоль/л. В качестве источника цинка использовали стерильный раствор $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$.

Сравнение реакции облученных растений на избыток цинка и меди в среде выявило общее и отличия. При воздействии факторов по отдельности и в комбинации происходило торможение роста. У облученной ряски, выращенной на среде с избытком меди, скорость роста ниже, чем при независимом действии стрессоров, факторы действовали как антагонисты. Облучение в дозе 18 Гр не приводило к снижению устойчивости ряски к избытку Zn в среде, но при 42 и 63 Гр и последующем

культивировании растений с избытком цинка удельная скорость роста стала ниже, чем при раздельном действии факторов. При воздействии ионизирующего излучения и меди происходило снижение площади поверхности фрондов. Площадь необлученных растений, культивированных с избытком Zn, не изменилась, площадь облученных и необлученных растений при избытке цинка совпадала.

Изменение окружающей среды может сильно повлиять на жизнеспособность вида, его устойчивость к химическим веществам [2]. Ответная реакция растений на комбинацию радиационного фактора и тяжелых металлов зависела от концентрации и типа металла, дозы γ-излучения.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ Коми НЦ УрО РАН № ГР АААА-А18-118011190102-7 «Механизмы биогенной миграции радионуклидов и закономерности возникновения отдаленных последствий индуцированных у растений и животных в условиях хронического радиационного и химического воздействия».

Литература

1 Beresford N.A., Horemans N., Copplestone D., Reines K.E., Orizada G., Wood M.D., Laanen P., Whitehead H.C., Burrows J.E., Tinsley M.C., Smith J.T., Bonzom J.-M., Gagnaire B., Adam-Guillermin C., Gashchak S., Jha A.N., de Menezes A., Willey N., Spurgeon D. Towards solving a scientific - The effects of ionizing radiation on the environment // J Environ Radiact. – 2020. – V. 211. – P. 106033.

2 Vitasse Y., Bresson C., Kremer A., Michalet R., Delzon S. Quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species. Functional Ecology. – 2010. – V. 24. – P. 1211–1218.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЯИЧНИКОВ И МАТОЧНЫХ ТРУБ У ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ НА РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

А.А. Головлева, А.В. Корсаков, В.П. Трошин
ФГБОУ Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

Злокачественные новообразования яичников (ЗНОЯ) занимают 7-е место в структуре онкогинекологической заболеваемости, уступая по частоте встречаемости раку эндометрия и раку шейки матки [1].

Риск возникновения частоты злокачественных новообразований (ЗНО) женской репродуктивной системы существенно возрастает с увеличением плотности радиоактивного загрязнения долгоживущими радионуклидами цезия-137 и стронция-90 после Чернобыльской катастрофы [2].

Спустя 33 года после Чернобыльской катастрофы в Брянской области на радиоактивно-загрязненных территориях проживает 316 тыс. чел. в 749 населенных пунктах [3].

Мониторинг радиационной обстановки в течение 33 лет после Чернобыльской катастрофы показывает, что процессы самоочищения почв от долгоживущих радионуклидов идут медленно. Местами плотность загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90 на юго-западных территориях (ЮЗТ) превышает установленные пределы в десятки раз (до 2116 кБк/м^2 по ^{137}Cs и до 60 кБк/м^2 по ^{90}Sr) [4].

Нами проведена сравнительная оценка частоты ЗНОЯ и маточных труб (МТ) на радиоактивно-загрязненных ЮЗТ Брянской области (г. Клинцы, г. Новозыбков, Гордеевский, Красногорский, Злынковский, Новозыбковский, Климовский, Клинцовский, Стародубский районы) с различной плотностью загрязнения радионуклидами цезия-137 и стронция-90.

В результате исследования нами установлено статистически значимое (на 26,2%) увеличение заболеваемости ЗНОЯ и МТ в

наиболее радиоактивно-загрязненных ЮЗТ (г. Новозыбков, Гордеевский, Красногорский, Злынковский, Новозыбковский районы) по сравнению с контрольной территорией, где плотность радиоактивного загрязнения менее 10 кБк/м^2 по ^{137}Cs и 1 кБк/м^2 по ^{90}Sr (Мглинский район).

Не выявлено статистически значимых различий частоты ЗНОЯ и МТ в целом по ЮЗТ по сравнению с контрольным районом, хотя регистрируется увеличение на 13,3%.

Следует отметить, что частота ЗНОЯ и МТ в целом по ЮЗТ меньше значений для г. Брянска (не является радиоактивно-загрязненным) на 14,0% (значения статистически недостоверны), что может быть связано с различными как экзогенными, так и эндогенными факторами.

Полученные результаты указывают на возможное влияние аварийного радиационного фактора на повышенную частоту формирования ЗНОЯ и МТ в наиболее радиоактивно-загрязненных районах Брянской области.

Литература

1. Zhang Y., Luo G., Li M. et al. Global patterns and trends in ovarian cancer incidence: age, period and birth cohort analysis // BMC Cancer. – 2019. – V. 19:984. – P. 1-12.

2. Чекин С.Ю., Максютов М.А., Кащеев В.В. и др. Прогноз отдалённых медицинских радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС для граждан России и Республики Беларусь по основным радиационно-обусловленным заболеваниям // Радиация и риск (Бюллетень НРЭР). – 2016. – Т. 25. – №4. – С. 7-17.

3. Постановление Правительства РФ от 08.10.2015 № 1074.

4. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 / под редакцией С.М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ НПО «Тайфун». − 2015. − 225 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

С.А. Горбатов, Д.И. Петрухина, А.Ю. Шестериков
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Первичный анализ литературных данных показал, что нетермальная плазма атмосферного давления (н.т.а.п.) имеет очень широкий спектр применения [1]. Одним из актуальных направлений является обработка семенного материала с целью подавления развития фитопатогенов, что было подтверждено нашими собственными исследованиями в опытах с яровым ячменем [2]. Созданная на базе ВНИИРАЭ экспериментальная установка по генерации н.т.а.п. с использованием аргона показала стабильную работу. В тоже время был выявлен ряд особенностей эксплуатации в существующей модификации разрядника [3]. При уменьшении расстояния от облучаемого объекта до сопла (≤50 мм) температура газа заметно возрастала. Так, на расстоянии 30 мм от сопла температура составляла около 180 ºС.

Семена ячменя допустимо нагревать до 60 ºС. Но при закладке зерна на семена это недопустимо, поскольку семена должны иметь высокую всхожесть и максимально допустимая температура нагрева должна быть не более 40 ºС [4].

Высокая температура была обусловлена сильным нагревом в результате разряда, который происходил в разряднике между наконечником центрального проводника и внешним электродом. Ранее нами осуществлялось охлаждение только внешнего электрода разрядника, а центральный проводник разрядника оставался без какого-либо охлаждения, кроме незначительного теплового рассеивания в окружающем воздухе.

Для снижения температуры вблизи сопла было применено водяное охлаждение центрального проводника коаксиала. Для этого в полой части центрального проводника коаксиала, протяженностью до места соединения с наконечником

центрального проводника разрядника, было установлено два канала подачи проточной воды (вход и выход, соответственно). Измерение температуры после установки данного варианта охлаждения выполняли при помощи вольтметра с термопарой. Термоэлектроды с горячим спаем были размещены на штативе с линейкой. Расстояние от термопары до сопла изменялось от 110 мм до 10 мм с шагом 10 мм. Измерение проводили при комнатной температуре в течение 60 секунд для каждой точки, фиксировали среднее значение. Таким образом удалось достичь заметного снижения температуры по сравнению с начальным значением на участках от 40 мм до 10 мм.

Тем не менее, температура ионизированного газа, выходящего из сопла разрядника на расстоянии менее 20 мм, имеет высокие значения. А на расстоянии более 40 мм - ионизированный газ уже рассеивается в окружающей среде. В связи с этим были проведены опыты, в результате которых решением выступило использование насадки на сопло. При подборе оптимальных размеров насадки удалось добиться меньшего рассеяния выходящего ионизированного газа с сохранением низкой температуры, подходящей для обработки семенного материала.

Литература

1 Петрухина Д.И., Карпенко Е.И., Шишко В.И., Помясова М.Г. Мировой опыт применения нетермальной плазмы в агропромышленном комплексе // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2019. – № 4 (38).

2 Петрухина Д.И., Помясова М.Г., Карпенко Е.И. Исследование возможности применения нетермальной плазмы для фитосанитарной обработки семян ячменя // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 9 (279). – С. 30-33.

3 Горбатов С.А., Иванов И.А., Тихонов А.В., Тихонов В.Н., Шестериков А.Ю. Микроволновый источник нетермальной плазмы при атмосферном давлении // ПТЭ. – 2021. – № 1. – С. 155-156. DOI: 10.31857/S0032816221010110

4 Каримова А.И., Галимов З.И., Каримов Х.Т. Зерно ячменя как объект сушки // Российский электронный научный журнал. – 2016. – №. 4. – С. 189-197.

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

М.В. Гусарова, Т.А. Коньшина
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от электрических полей промышленной частоты (ЭП ПЧ), используемые в летний период, позволяют персоналу осуществлять работы на электросетевых объектах при превышении предельно допустимых уровней (ПДУ). Однако эксплуатация СИЗ от ЭП ПЧ осложняется из-за их веса и наличия многослойности, что вносит дополнительную тепловую нагрузку.

Целью работы являлась физиолого-гигиеническая оценка СИЗ от ЭП ПЧ по показателям теплового состояния человека.

Оцениваемыми образцами являлись два комплекта СИЗ от ЭП ПЧ. Экранирующая одежда комплекта №1 изготовлена из двухсторонней (биверной) ткани с х/б подкладкой, внешняя сторона которой изготовлена на основе метарамида, а внутренняя – металлизированная. Экранирующая одежда комплекта №2 изготовлена из биверной ткани с внешним металлизированным и внутренним х/б слоем. Вес образца №1 – 5896,6±159,1 г, образца №2 – 5077,3±161,5 г.

Физиолого-гигиеническую оценку образцов проводили в соответствии с МУК 4.3.1895-04 [1] в микроклиматической камере ФГБНУ «НИИ МТ» при температуре воздуха 30±0,1°С, относительной влажности воздуха 35,1±0,9%, подвижности воздуха 0,15±0,02 м/с с участием добровольцев: практически здоровых мужчин в возрасте 34,0±4,1 года, весом 78,3±14,2 кг, ростом 1,76±0,02 м и с индексом массы тела 25,1±4,0.

Добровольцы, одетые в оцениваемые СИЗ, сначала 40 минут выполняли физическую работу категории IIа- IIб [2], затем в течение 30 минут находились в покое в помещении с комфортным микроклиматом (22,0±1,0°С).

В табл. 1 представлены показатели теплового состояния добровольцев, зарегистрированные на 40-й минуте физической нагрузки.

Таблица 1

Показатели теплового состояния человека
на 40-й минуте физической нагрузки

Показатель теплового состояния	СИЗ	
	Образец №1	Образец №2
Изменение теплосодержания (ΔQтс), кДж/кг	3,29±1,00	3,23±0,90
Влагоощущения (Во), балл	3,03±0,51	2,04±0,05
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	107,0±13,2	101,5±7,1
Влагопотери, г	375,00±144,33	285±125,83

Полученные результаты показали, что образец №1 вносит больший вклад в изменение теплового состояния человека, чем образец №2. Результаты могут быть связаны как с большим весом образца №1, так и с большей его теплоизоляцией, обусловленной наличием дополнительного слоя (х/б подкладка) в экранирующей одежде.

Литература

1 МУК 4.3.1895-04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания». – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 20 с.

2 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – М.: Центрмаг, 2021. – 736 с.

ДЕЙСТВИЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА УРОЖАЙ ЯЧМЕНЯ (*Hordenum vulgare* L.)

О.А. Гусева, Л.И. Гончарова, П.Н. Цыгвинцев
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Солнечное УФ излучение является естественным видом облучения природных и аграрных фитоценозов, и может оказывать как положительное, так и негативное воздействие на отдельные компоненты и растения в целом [1, 2, 3].

Цель работы – оценка вегетативно-репродуктивных параметров ячменя после острого и сочетанного УФ-А и УФ-В облучения.

В полнофакторном вегетационном эксперименте с двукратной повторностью определяли эффекты воздействия однократного УФ-А (дозы 0, 45 и 90 кДж/м^2) и УФ-В (дозы 0, 9 и 18 кДж/м^2) на морфологические показатели и урожай ячменя, выращенного в условиях теплицы по 13 растений на сосуд до стадии полной спелости. Облучение проводили на стадии выхода в трубку. Источником УФ-А служили лампы Black Light Blue (фирма Philips), УФ-В – ЛЭР-40 (фирма ОАО «Лисма-ВНИИС»). Мощность дозы контролировали с помощью спектрофотометра AvaSpec-2048 и программного обеспечения AvaSoft 2.0.

Двухфакторный дисперсионный анализ полученных данных выявил неоднозначные закономерности изменения исследуемых показателей после воздействия острого УФ излучения на растения ячменя. Показано достоверное негативное влияние УФ-В облучения на такие показатели как высота растений и число продуктивных стеблей. Число зерен в главном колосе определялось сочетанным влиянием УФ-А и УФ-В излучений, также как общее число стеблей. В то же время на число колосков в главном колосе показано достоверное влияние как УФ-А, так и УФ-В облучения и их сочетания (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты дисперсионного анализа исследуемых параметров

Эффект	SS	Степени свободы	MS	F	p
Высота растений					
Доза УФ-А	43,9	2	21,9	1,06	0,347835
Доза УФ-В	**361,9**	**2**	**180,9**	**8,75**	**0,000204**
Доза УФ-А * УФ-В	179,9	4	45,0	2,17	0,071970
Ошибка	6166,1	298	20,7		
Общее число стеблей					
Доза УФ-А	1,6906	2	0,8453	2,931	0,054882
Доза УФ-В	**2,8957**	**2**	**1,4479**	**5,020**	**0,007171**
Доза УФ-А * УФ-В	**3,6997**	**4**	**0,9249**	**3,207**	**0,013393**
Ошибка	85,9405	298	0,2884		
Число колосков в главном колосе					
Доза УФ-А	**74,4**	**2**	**37,2**	**4,36**	**0,013554**
Доза УФ-В	**78,4**	**2**	**39,2**	**4,60**	**0,010767**
Доза УФ-А * УФ-В	**84,7**	**4**	**21,2**	**2,48**	**0,043897**
Ошибка	2540,4	298	8,5		

Таким образом, рассматривая эффекты влияния ультрафиолета на растения, необходимо учитывать не только дозу УФ-В, но и сопутствующее УФ-А излучение, которое может существенно изменить как величину, так и направленность эффекта.

Литература

1 Цыгвинцев П.Н., Гончарова Л.И., Крюков А.Е. Влияние предпосевного УФ-облучения семян на морфофизиологические показатели проростков ячменя // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. – № 4. – С. 42–44.

2 Gao W., Zheng Y., Slusser J. R., et al. Effects of supplementary ultraviolet-B irradiance on maize yield and qualities: a field experiment // Photochemistry and Photobiology. – 2004. – V. 80. – P. 127-131

3 Kataria S., Guruprasad K.N. Intraspecific variations in growth, yield and photosynthesis of sorghum varieties to ambient UV (280-400 nm) radiation // Plant Science. 2012. – V. 196. – P. 85-92.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЗАРАЖЕНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА «РИМА» ТАБАЧНЫМ ЖУКОМ

Ю.А. Дорн, Н.Н. Лой, А.Н. Павлов
ФГБНУ «Всероссийский научно- исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Потери при хранении зерна и зернопродуктов в результате его поражения насекомыми-вредителями могут достигать больших значений (вплоть до 100% от заложенной на хранение продукции). Применение ионизирующего излучения является одним из самых безопасных способов решения этой проблемы. Радиационная дезинсекция – это экологически чистая технология, которая позволяет уничтожить насекомых-вредителей, не изменяя при этом качество обрабатываемой продукции. Для достижения максимально положительного эффекта необходимо определить поглощенную дозу, при которой достигается полное отмирание вредителей на разной стадии онтогенеза [1, 2].

Целью исследований являлась оценка влияния гамма-излучения на жизнеспособность табачного жука.

Объектом исследования была яровая пшеница сорта «Рима», намеренно зараженная табачным жуком в стадии имаго.

Зерно (150 г) помещали в герметичную пластмассовую форму размерами 10х10 см и подсаживали по 10 особей табачного жука, затем обрабатывали ионизирующим излучением на гамма-установке ГУР-120 (ФБГНУ ВНИИРАЭ) по схеме: 1) контроль (без облучения); 2) 100 Гр; 3) 200 Гр; 4) 300 Гр; 5) 400 Гр; 6) 500 Гр. Мощность дозы гамма-излучения составляла 500 Гр/ч. Для определения распределения поглощенной дозы по объему облучаемой продукции использовались дозиметры-свидетели в виде радиохромных пленок марки GafchromicHD-V2.

Учет количества жизнеспособных насекомых проводили ежедневно. В результате определена жизнеспособность табачного жука в зависимости от дозы облучения (рис. 1).

Установлено, что гамма-облучение табачного жука дозами 300, 400 и 500 Гр приводит к 100% отмиранию табачного жука на 6, 7 и 5 сутки соответственно. На 9 сутки после облучения наблюдается 100% гибель насекомых при дозе облучения 200 Гр и на 17 сутки – полное уничтожение популяции при дозе 100 Гр.

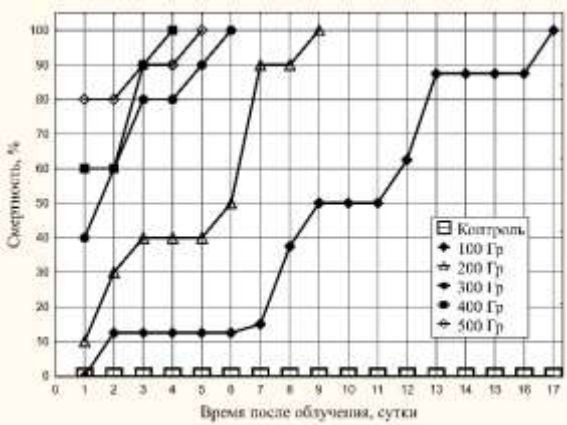


Рис. 1. Изменение жизнеспособности имаго табачного жука.

В результате проведенного эксперимента установлено, что наиболее эффективно для борьбы с табачным жуком гамма-облучение дозами 300-500 Гр. Данный диапазон может быть использован для дезинсекции зерна и зернопродуктов, зараженных данным видом вредителя.

Литература

1 Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Чиж Т.В. Оценка влияния разных видов ионизирующих излучений на жизнеспособность зернового точильщика / Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020 – С. 166-169.

2 Павлов А.Н., Чиж Т.В., Воробьев М.С. Дозиметрические системы в современной практике радиационной обработки / Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: Сборник докладов

Международной научно-практической конференции. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 343-346.

РАДИОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА АЛЬБУМИНА ПРИ РЕНТГЕНОВСКОМ ОБЛУЧЕНИИ

Е.Е. Карманова[1,2], А.М. Усачева[1], А.В. Черников[1], М.Г. Шарапов[2], В.И. Брусков[1]
[1] – Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино, Россия
[2] – Институт биофизики клетки ФИЦ НЦБИ РАН, г. Пущино, Россия

Ионизирующее излучение водных сред организма приводит к образованию свободных радикалов – активных форм кислорода (АФК), азота и углерода. При образовании их свыше уровня антиоксидантной защиты в клетках, они вызывают окислительный стресс и окислительные повреждения белков, липидов и ДНК. Белки являются наиболее уязвимой мишенью для окислительного повреждения ввиду их преобладания в организме [1].

Ранее было показано, что при окислительных повреждениях происходит образование долгоживущих активных форм белков (ДАФБ) обладающих при их распаде прооксидантными свойствами и способностью к генерации АФК *in vitro* [1]. В данной работе методом усиленной хемилюминесценции исследован этот процесс для альбумина – основного белка сыворотки крови, осуществляющего транспорт различных веществ в организме [2].

Облучение проводили в физиологическом растворе (150 мМ NaCl). Показано, что раствор 10 мг/мл белка проявляет антиоксидантные свойства, а повышение его концентрации близкой к физиологической - 30 мг/мл усиливает этот процесс. При этом существенный эффект оказал материал - стекло или полипропилен (п/п), в котором облучали альбумин. В п/п через 1 ч после рентгеновского облучения в дозе 15 Гр раствора 10 мг/мл БСА образовывалось на 50 % больше H_2O_2, чем в контроле, тогда

как в стеклянном флаконе этот показатель был на 50 % ниже контроля. Однако через 6 ч в обоих случаях наблюдается одинаковое количество H_2O_2. При этом количество H_2O_2 из расчета интегральных площадей за 6 ч после облучения для п/п на 50% выше, чем для стекла и на 30 % выше, чем для контроля.

При адсорбции БСА на стекле преобладает электростатическое взаимодействие, тогда как на п/п осуществляется гидрофобный дегидратационный механизм, связанный с изменением пространственной организации белка [3]. Возможно, что наблюдаемый эффект обусловлен абзимной каталазной активностью металл-связывающих сайтов БСА [3]. Эти результаты могут свидетельствовать о разной роли БСА в нейтрализации окислительного стресса в зависимости от комплексообразования с гидрофильными или гидрофобными соединениями и требуют дальнейших исследований.

Работа выполнена по госзаданию ИТЭБ РАН №007-00-94-18-00.

Литература

1 Ivanov V.E., Usacheva A.M., Chernikov A.V., Bruskov V.I., Gudkov S.V. Formation of long-lived reactive species of blood serum proteins induced by low-intensity irradiation of helium-neon laser and their involvement in the generation of reactive oxygen species // J. of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2017. – V. 176. – P. 36-43.

2 Roche M., Rondeau P., Singh N.R., Tarnus E., Bourdon E.//FEBS letters. – 2008. – V. 582. – №. 13. – P. 1783-1787.

3 Duncan M.R., Lee J.M., Warchol M.P. Influence of surfactants upon protein/peptide adsorption to glass and polypropylene //Int. j. of pharmaceutics. – 1995. – V. 120. – №. 2. – P. 179-188.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН ОГУРЦА

А.В. Картошкина, С.В. Пяткова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Радиационные технологии активно внедряются в практику современных агротехнических приемов для повышения урожайности культурных растений. Одним из таких приемов является предпосевная обработка семян ионизирующим излучением, которое ускоряет время прорастания семян и сроки развития проростков [1]. Однако для многих сельскохозяйственных культур и сортов существующих данных о стимулирующем действии радиации на сегодняшний день недостаточно.

Целью данной работы стало изучение радиостимулирующего эффекта при облучении семян огурца.

Объектом исследования были выбраны два сорта огурца (*Cucumis sativus)* Муромский и Вязниковский. Гамма-облучение семян проводили на базе ФГБНУ ВНИИРАЭ (установка «ГУР-120», источник ^{60}Co) в дозах 3, 5 и 10 Гр (мощность дозы 60 Гр/ч). После облучения семена переносили в чашки Петри на 3 слоя увлажненной бумаги по 50 штук и проращивали в течение 7 суток в климат-камере при 25 °С согласно ГОСТ [2]. Затем определяли энергию прорастания, всхожесть и морфометрические показатели проростков (длина корня и длина наземной части).

Результаты эксперимента представлены в таблице 1. При обработке семян в изученном диапазоне доз по ряду показателей наблюдается небольшое стимулирующее действие, которое, однако, не является статистически достоверным. Только для сорта Муромский в дозе 3 Гр зафиксировано увеличение длины корня на 12% и для сорта Вязниковский при облучении в дозе 5 Гр увеличение всхожести на 5%, которые можно рассматривать как слабозначимые ($p < 10$ %).

Таблица 1

Влияние предпосевного облучения на проростки огурца двух сортов

		Исследуемые показатели			
		Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина проростка, мм	Длина корня, мм
Вязниковский	К	73±10	75±10	33±6	38±8
	3 Гр	74±12	78±13	31±5	37±8
	5 Гр	74±8	79±10*	38±4	47±7
	10 Гр	78±14	81±13	28±5*	43±8
Муромский	К	88±7	87±8	60±3	74±6
	3 Гр	93±9	92±4	48±3	82±6*
	5 Гр	89±8	86±9	51±4	68±8
	10 Гр	89±3	88±5	57±3	77±6

- – различие достоверно относительно контроля, $p < 0,1$.

Таким образом, предпосевное облучение семян огурца сортов Муромский и Вязниковский дозами до 10 Гр не привело к возникновению значимого радиостимулирующего эффекта. Настоящее исследование является пробным. Поиск новых вариантов радиостимуляции семян будет продолжен в дальнейших исследованиях.

Литература

1 Козьмин Г.В. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности/ Г.В. Козьмин, С.А. Гераськин, Н.И. Санжарова. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.

2 ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [Текст]. – М.: Изд-во Стандартов, 2011. – С. 32-60.

УЧАСТИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ МОЛЕКУЛ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

П.С. Купцова[1,2], Г.П. Жураковская[1]
[1] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России г. Обнинск, Россия
[2] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Известно, что действие ионизирующего излучения сопровождается двумя процессами: ионизацией и возбуждением молекул и атомов. Также известно, что при движении заряженных частиц в средах со скоростью, превышающей фазовую скорость света, возникает эффект Вавилова – Черенкова – излучение света в ультрафиолетовой и видимой областях спектра. Этот процесс – видимый результат процесса возбуждения атомов и молекул. Следовательно, действие ионизирующего излучения высоких энергий фактически можно представить в виде комбинированного действия ионизаций и возбуждений. Биологическая значимость этого излучения была продемонстрирована открытием процесса фотореактивации после воздействия ИИ на дрожжевые и бактериальные клетки [1].

Открытое в 1934 г. явление в последние годы получило свое новое рождение в медицине. Появилась масса работ, демонстрирующих использование эффекта Вавилова-Черенкова в новом методе мониторинга лучевой терапии *in vivo* - люминесцентной черенковской визуализации. Также этот эффект используется для изображения поверхностных органов пациентов, получавших бета-минус-радиофармпрепараты. При этом биологическое действие свечения Вавилова – Черенкова практически не изучается.

Цель данного исследования – определение участия возбуждения молекул в биологическом действии ионизирующего излучения.

Возбуждение молекул моделировалось коротковолновым УФ светом (254 нм). Диплоидные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* подвергались воздействию различных видов излучения: УФ-С (254 нм), α- частиц (4,1 МэВ) и γ- квантов (1,33 МэВ). Тест: клоногенный анализ. Химические вещества: цистамин, цистеамин и цистеин, известные своими радиозащитными свойствами при действии ионизирующего излучения.

Для достижения поставленной цели необходимо было найти такое химическое вещество, которое одновременно обладало бы протекторными свойствами как к ионизирующему излучению, так и к УФ свету. Таким, из указанных выше, оказался только цистамин. Количественная оценка фактора изменения дозы (ФИД) цистамина выглядит следующим образом: α - частицы = 1,0, γ - кванты = 1,8 и УФ свет = 1,9. ФИД при действии γ - квантов и УФ света практически совпадают. Причина избирательности цистамина к УФ свету может объясняется тем, что наибольшей чувствительностью к коротковолновому УФ свету обладают дисульфидные мостики (-S-S-), разрываемые при поглощении фотона света. Такой дисульфидный мостик содержится в молекуле цистамина. Таким образом, молекулы цистамина в растворе могут конкурировать за фотоны света с аминокислотами, входящими в состав клеток, способствуя их защите. Если придерживаться выдвинутой гипотезы, что результат действия ионизирующего излучения является совокупностью эффектов от ионизации и возбуждения молекул, а УФ света – только от их возбуждения, тогда можно предположить, что протекторное действие цистамина направлено в большей степени на защиту клеток от ингибирующего действия возбуждений, обусловленных УФ-составляющей ионизирующего излучения.

Представленные результаты являются экспериментальным подтверждением выдвигаемой гипотезы о роли возбуждений молекул при действии ионизирующего излучения и значимости, наряду с ионизацией молекул, процесса возбуждения при ингибирующем действии ионизирующего излучения.

Литература

1 Мясник М.Н., Скворцов В.Г., Соколов В.А. Фотобиологические аспекты радиационного поражения клеток. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 151 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОРОСТКОВ

Н.Н. Лой, О.В. Суслова, С.Н. Гулина
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Использование радиационной технологии предпосевного облучения семян позволяет повысить экономическую эффективность возделывания различных культур за счёт ускорения роста растений, сокращения периода вегетации, увеличения урожая, а в некоторых случаях и улучшения его качества. При этом величина стимулирующей дозы предпосевного облучения семян различных культур колеблется в диапазоне от 3 до 40 Гр, а прибавка урожая составляет в среднем 110-115% [1].

Ранее нами было показано, что предпосевное облучение семян низкоэнергетическим электронным излучением способствует снижению резистентности возбудителей грибных болезней [2, 3].

Целью исследований являлось изучение влияния электронного облучения семян яровых зерновых культур на морфометрические показатели развития проростков.

В качестве объекта исследования использовали семена ярового ячменя сорта Владимир и яровой пшеницы сорта Рима. Семена облучали электронами низкой энергии (менее 300 кэВ) в диапазоне доз 1-5 кГр на электронном ускорителе «Дуэт». Мощность дозы излучения составила – 100 Гр/имп. при энергии пучка электронов 130 (1 режим) и 160 (2 режим) кэВ.

Через 5 сут. после облучения семена проращивали рулонным методом в течение 7 сут. в термостате при температуре +20 ^{0}С [4].

Контролем служили необлученные семена. Повторность в опытах 3-х кратная.

Установлено, что электронное облучение ячменя при 1 режиме вызывало стимуляцию лабораторной всхожести семян при дозах 2-5 кГр на 19-27% и силы роста проростков при дозах 3-5 кГр на 22-31%. Облучение дозами 4 и 5 кГр подавляло развитие проростков по длине ростка и корешка на 16 и 10%, соответственно.

При 2 режиме развитие облученных проростков ячменя в основном достоверно не отличалось от контрольных. Стимуляция лабораторной всхожести семян отмечена только при дозе 2 кГр (на 16%), а при дозах облучения 3 и 5 кГр произошло снижение сырой массы проростков на 12-14%.

Облучение семян яровой пшеницы Рима при 1 режиме не оказало достоверного влияния на морфометрические показатели развития 7-ми суточных проростков.

При 2 режиме отмечено ингибирующее действие электронного облучения на лабораторную всхожесть при дозах 3-5 кГр (на 18-31%), на силу роста семян при дозах 4 и 5 кГр (на 69%) и на длину ростка при дозах 3-5 кГр (на 37-51%).

Таким образом, показано, что эффективность предпосевного электронного облучения семян яровых ячменя и пшеницы зависит от дозы, энергии пучка электронов и видовых особенностей культур. Яровая пшеница сорта Рима наиболее радиочувствительна по сравнению с ячменем сорта Владимир.

Литература

1 [Электронный ресурс] Режим доступа: https://poznayka.org/s30468t1.html

2 Chizh T.V., Loy N.N., Pavlov A.N., et al. Low-energy electron beams for protection of grain crops from insect pests and diseases // Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – V. 1115**.** 022025. doi 10.1088/1742-6596/1115/2/022025.

3 Loy N.N., Sanzharova N.I., Gulina S.N., et al. Influence of electronic irradiation on the affection of barley by root rot // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – V. 1393**.** 012107. doi:10.1088/1742-6596/1393/1/012107.

4 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Часть 2. Государственные стандарты Союза ССР. ГОСТ 12038-84. – Москва, 1991. – С. 44-101.

ОЦЕНКА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОРОСТКОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСТРОГО γ-ОБЛУЧЕНИЯ И ГИПЕРТЕРМИИ НА СЕМЕНА *ARABIDOPSIS THALIANA L.* ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ЭКОТИПА

Я.А. Манухина, Д.Д. Бабина, М.Ю. Подобед, А.А. Празян, Е.М. Шестерикова, Е.А. Казакова, П.Ю. Волкова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Растения за свой вегетационный период подвергаются воздействию стрессовых факторов различной природы. К стрессорам можно отнести хроническое ионизирующее излучение, действующее на растения, произрастающие в зоне радиоактивного загрязнения, обусловленного аварией на Чернобыльской АЭС, а также влияние на растения высоких температур, характерных для летнего периода. Имеются данные, что растения, подвергшиеся воздействию стресса, более устойчивы к дополнительному влиянию стрессовых факторов. Таким образом, целью работы являлась оценка параметров фотосинтеза, а также площади поверхности листьев проростков, выросших из семян *Arabidopsis thaliana*, собранных в зоне Чернобыльской АЭС, после воздействия на семена абиотических стрессовых факторов – гипертермии и γ-облучения.

Нами в качестве объекта исследования были использованы семена модельного растения *A. thaliana*. Семена отбирали с нескольких участков, расположенных в ПГРЭЗ (Республика Беларусь), с разным уровнем радиоактивного загрязнения. Участок Бабчин (Б) характеризуется фоновыми уровнями радиоактивного загрязнения. Масаны (М) и Выгребная слобода (ВС) – участки с повышенным радиационным фоном.

Облучение семян проводили на установке ГУР-120 (^{60}Co, ФГБНУ ВНИИРАЭ) в дозе 150 Гр. Нагрев семян проводили в термостате (BINDER BD 115, Германия) при температуре 50 °С в течение 12 ч. Методика нагрева семян была адаптирована из [1]. Семена проращивали на среде Мурасиге-Скуга (половинной концентрации – ½ МС) в камере фитотрона (Sanyo MLR-351H, Япония) при параметрах: +21 °С, 55% влажность и плотность фотосинтетического фотонного потока 80 мкмоль/с/м^2).

Анализ площади поверхности листьев проростков не показал статистически значимых различий между загрязненными участками (М и ВС) и участком с фоновым уровнем радиоактивного загрязнения (Б) ни при воздействии на семена гипертермией, ни облучением. У проростков, выросших из необработанных семян площадь поверхности листьев с участков М и ВС оказалась значимо меньше, чем на Б ($p = 0,03$). Также было обнаружено статистически значимое уменьшение площади листовой поверхности у проростков с участка Б из облученных семян, в сравнении с проростками, семена которых не подвергались воздействию абиотических факторов ($p = 0,03$). Влияние абиотических факторов на потомков растений с участков М и ВС не вызывало изменений площадь поверхности листа.

Для потомков растений, собранных на участке Бабчин, после воздействия острого γ-облучения на семена было отмечено изменение нескольких фотосинтетических параметров. Анализ параметров фотосинтеза проростков, выросших из семян, собранных на участке ВС и подвергнутых воздействию гипертермии, показал статистически значимое повышение параметров скорости линейного транспорта электронов (ETR) ($p = 0,04$) и эффективного квантового выхода флуоресценции фотосистемы II (YII) ($p =0,04$) по сравнению необработанными семенами с этого участка. Оценка фотосинтетических параметров после воздействия гипертермии и острого γ-облучения на семена *A. thaliana* с участка М показала, что воздействие абиотических факторов не влияет на изменение изученных показателей.

Таким образом, оценка морфофизиологических параметров проростков показала, что воздействие острого γ-облучения на семена, собранные на участке Б, привело к более выраженному стрессу растений, чем для потомков растений с радиоактивно-загрязненных участков. Результаты, полученные для потомков растений с участка М, могут свидетельствовать о радиоадаптации.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 20-74-10004.

Литература

1. Kim M., McLoughlin F., Bashs E. et al. Assessing Plant Tolerance to Acute Heat Stress // Bio-Protocol. – 2017. – V.7. – I.14. – P.1-12.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТА ОБЛУЧЕНИЯ САХАРА МЕТОДОМ ЭПР СПЕКТРОМЕТРИИ

И.М. Меджидов, О.В. Тхорик, В.А. Харламов, Т.В. Чиж, И.В. Полякова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Обеспечение безопасности сельскохозяйственной продукции является важной общемировой задачей. Один из методов, который используется для выполнения данной задачи – обработка сельскохозяйственной продукции ионизирующим и неионизирующим излучением. Наиболее актуальным методом, позволяющим идентифицировать факт облучения пищевой продукции является ЭПР спектрометрия, основанная на явлении резонансного поглощения электромагнитного излучения парамагнитным веществом. Применение данного метода регламентируется нормативными документами ГОСТ 31652-2012, ГОСТ 31672-2012. В настоящей работе подобраны параметры ЭПР спектрометрии облученного и необлученного кристаллического сахара. Построена кривая «Доза-Интенсивность», которая имеет прямо пропорциональный характер.

В качестве объекта исследования использовался кристаллический столовый сахар без какой-либо предварительной обработки. Облучение проводилось на гамма-установке ГУР-120 (Обнинск, ВНИИРАЭ) с источником ^{60}Co. Образцы предварительно помещали в полипропиленовые пробирки. Поглощенные дозы: 3, 6 и 9 кГр. Необлученные образцы использовались в качестве контроля. Из каждого образца бралось по 200 мг исследуемого вещества и помещалось в специальные кварцевые пробирки, предназначенные для проведения спектрометрии.

Измерение спектра проводилось при помощи спектрометра ESR70-03 XD/2 (Минск, Беларусь). Параметры ЭПР спектрометра при измерении были следующими: мощность СВЧ генератора – 200 мВт, время снятия – 100 сек, постоянная времени – 24 мсек, модуляция – 5 Э.

На рисунке 1 представлены полученные в ходе исследования спектры образцов сахара. Результаты сопоставимы с данными, полученными M. Mikou et al. [1] и N. D. Yordanov et al. [2]. Была построена кривая «Доза-Интенсивность», основанная на полученных результатах интенсивности пиков (рис. 2).

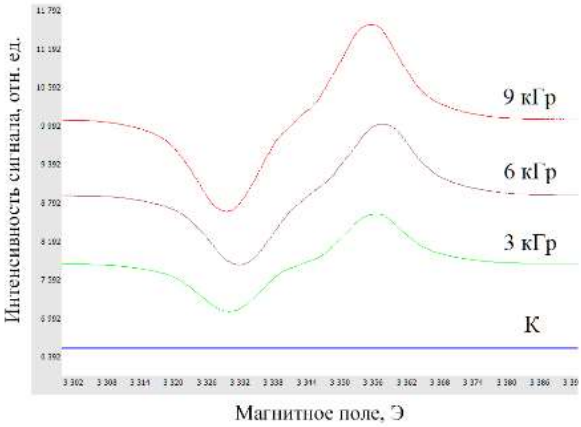


Рис. 1. ЭПР спектры образцов сахара, облученных в различных дозах.

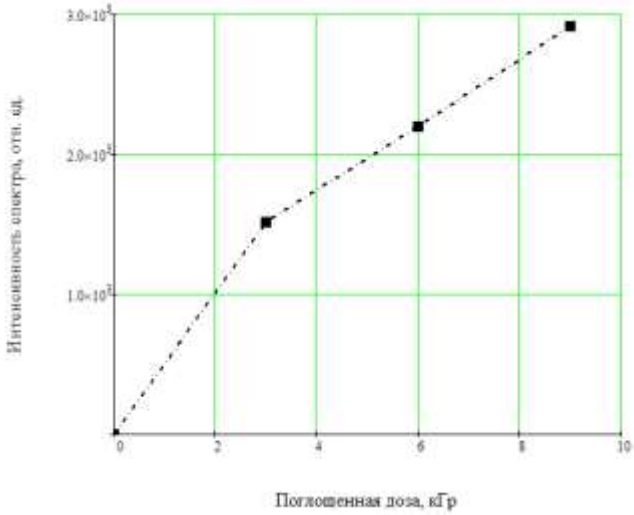


Рис. 2. Прямо пропорциональная зависимость поглощенной дозы от интенсивности спектра.

Метод ЭПР спектрометрии подходит не только для идентификации факта облучения, но и для определения величины поглощенной дозы.

Литература

1 Mikou M., Ghosne N., Baydaoui R.El. et al. Performance characteristics of the EPR dosimetry system with table sugar in radiotherapy applications. Applied Rad. Isotopes // 2015. – 99. – 1-4. http ://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2015.02.010.

2 Yordanov N.D. et al. EPR and UV spectral study of gamma-irradiated white and burned sugar, fructose and glucose //Spectrochimica Acta Part A. Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2004. – 60(6) – P.1307 – 1314. http://doi.org/10.1016/j.saa.2003.10.027

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН СОИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕМ

С.Т. Нгуен, С.В. Пяткова, А.А. Удалова
Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Введение. Предпосевное гамма-облучение семян считается перспективной и эффективной технологией в сельском хозяйстве. Однако успех облучения зависит от выбора точных параметров и желаемого результата. Современные исследования в этом направлении связаны с выбором оптимального диапазона доз предпосевной обработки семян гамма-излучением, который обеспечит биологически активное воздействие и будет способствовать ускорению начального этапа онтогенеза, повышению посевных качеств семян, устойчивости растений к воздействию внешних факторов.

Цель работы. Оценка стимулирующего эффекта предпосевной обработки семян сои ионизирующим излучением.

Объект исследования. Два сорта сои: среднеспелый сорт «СК Веда» (срок созревания 106-111 дней) и очень скороспелый сорт «Бара» (срок созревания 87-92 дня).

Методы исследования. Облучение семян сои в дозах 3, 5, 10 Гр проводили на установке ГУР–120 (ВНИИРАЭ, г. Обнинск) источником ^{60}Co (мощность дозы 60 Гр/ч) ГИК-7-4. Биологические показатели начальных этапов роста определяли согласно методике ГОСТ 12038-84 [1]. Два используемых сорта сои (по 800 семян) были разделены на 4 группы с разной дозой облучения (0-3-5-10 Гр), в каждой группе 200 семян. Определяли энергию прорастания семян на 3 сутки, всхожесть и длину проростка на 7 сутки.

Результаты эксперимента. В табл. 1 представлены показатели энергии прорастания и всхожести семян сои. При 5 Гр наблюдается увеличение энергии прорастания и всхожести семян у сорта Бара ($p<5\%$). У сорта СК Веда облучение в дозе 5 Гр ингибировало энергию прорастания.

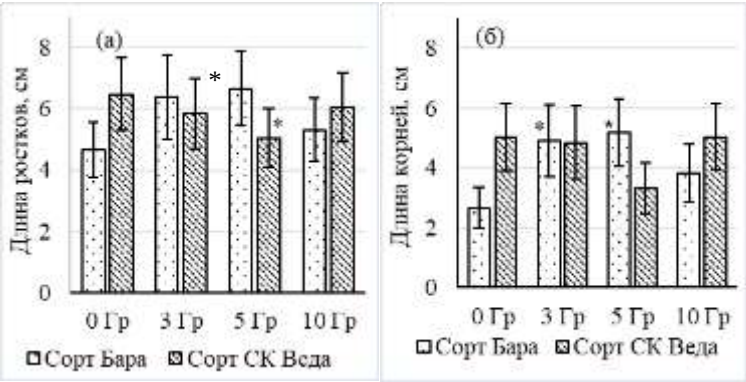
Данные определения длины ростков и корней представлены на рис.1. При облучении в дозе 5 Гр наблюдается слабое стимулирующее воздействие на длину ростков и длину корней у сорта Бара (p<10%), но для сорта СК Веда та же доза 5 Гр ведет к ингибированию развития ростков. Также при дозе 3 Гр наблюдается стимулирующее действие на длину корней у сорта Бара. При дозе 10 Гр не наблюдаются отличия от контроля по всем изученным показателям (энергия прорастания, всхожесть, длина ростков и корней) у обоих сортов сои.

Таблица 1

Энергия прорастания и всхожесть семян сои
после предпосевного облучения

Доза облучения, Гр	Энергия прорастания, %		Всхожесть, %	
	сорт Бара	сорт СК Веда	сорт Бара	сорт СК Веда
0	58±7	67±5	64±7	76±8
3	59±6	66±7	64±7	80±9
5	71±6**	59±5*	76±7**	71±9
10	62±5	70±8	70±5	81±8

*- Различия достоверны (p<10%); **- Различия достоверны (p<5%)



*- Различия достоверны (p<10%)

Рис. 1. Влияние гамма-облучения семян сои в стимулирующих дозах на рост стеблей (а) и корней (б).

Выводы: При предпосевном гамма-облучении семян сои в дозе 5 Гр выявлена тенденция к возникновению стимулирующего действия у сорта Бара. Планируется продолжить исследования с использованием других доз облучения.

Литература

1. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой). Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 г.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧАСТОТЫ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ШЕЙКИ И ТЕЛА МАТКИ У ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ НА РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Н.В. Новосельцев, А.В. Корсаков, В.П. Трошин
ФГБОУ Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

Злокачественные новообразования (ЗНО) шейки матки (ШМ) и тела матки (ТМ) являются одной из распространенных форм онкопатологии в мире и занимают 4-е место среди всех злокачественных опухолей в целом [1].

По данным литературы, повышенная частота заболеваемости и смертности от вышеуказанной патологии на отдельных территориях Российской Федерации связана с уровнем радиоактивного загрязнения окружающей среды [2].

Спустя 33 года после Чернобыльской катастрофы в Брянской области на радиоактивно-загрязненных территориях проживает 316 тыс. чел. в 749 населенных пунктах [3].

Мониторинг радиационной обстановки в течение 33 лет после Чернобыльской катастрофы показывает, что процессы самоочищения почв от долгоживущих радионуклидов идут медленно. Местами плотность загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90 на юго-западных территориях (ЮЗТ) превышает

установленные пределы в десятки раз (до 2116 кБк/м^{2}по ^{137}Cs и до 60 кБк/м^2 по ^{90}Sr) [4].

Средние накопленные эффективные дозы облучения жителей радиационно-загрязненных территорий Брянской области (1986–2016) варьируют в диапазоне от единиц до сотен мЗв [5].

Нами проведена сравнительная оценка частоты ЗНО ШМ и ТМ на радиоактивно-загрязненных ЮЗТ Брянской области (г. Клинцы, г. Новозыбков, Гордеевский, Красногорский, Злынковский, Новозыбковский, Климовский, Клинцовский, Стародубский районы) с различной плотностью загрязнения радионуклидами цезия-137 и стронция-90.

В ходе исследования установлено статистически значимое (на 59,1%) увеличение заболеваемости ЗНО ШМ и ТМ в целом по ЮЗТ по сравнению с контрольной территорией, где плотность радиоактивного загрязнения менее 7 кБк/м^2 по ^{137}Cs и 0,5 кБк/м^2 по ^{90}Sr (Клетнянский район).

Не установлено статистически значимых различий частоты ЗНО ШМ и ТМ между ЮЗТ и г. Брянском (в Брянске регистрируется увеличение на 5,1%), что указывает на многофакторное воздействие как внешних, так и внутренних факторов на процессы канцерогенеза.

Полученные результаты указывают на возможное влияние аварийного радиационного фактора на повышенную частоту формирования ЗНО ШМ и ТМ в радиоактивно-загрязненных ЮЗТ Брянской области.

Литература

1 Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I et al. Global cancer statistics 2018: Globocan estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // CA Cancer J Clin. – 2018. – V.68(6). − P. 394-424

2 Чекин С.Ю., Максютов М.А., Кащеев В.В. и др. Прогноз отдалённых медицинских радиологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС для граждан России и Республики Беларусь по основным радиационно-обусловленным заболеваниям // Радиация и риск (Бюллетень НРЭР). – 2016. – Т.25. –№4. – С. 7-17.

3 Постановление Правительства РФ от 08.10.2015 № 1074.

4 Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 / под редакцией С.М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ НПО «Тайфун». − 2015. − 225 с.

5 Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Братилова А.А. и др. Средние накопленные за 1986-2016 годы эффективные дозы облучения жителей Российской Федерации отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства РФ от 08.10.2015 № 1074 / Радиационная гигиена. − 2017. − Т. 10. −№ 2. − С. 57-105.

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ

В.С. Орлова[1], С.Ю. Перов[2], С.А. Пинегин[3], Р.З. Лифанова[1,2]
[1] – ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия
[2] – ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия
[3] – Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва, Россия

Увеличение числа базовых станций систем сотовой связи в жилых районах вызывает повышеный интерес общества к возможным неблагоприятным последствиям воздействия электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона на человека. Изучение потенциальных биологических эффектов ЭМП данного диапазона на гематологические показатели проводится как зарубежными, так и отечественными учеными [1-3].

Целью данного исследования являлась оценка отдаленных эффектов ЭМП, создаваемых базовыми станциями систем сотовой связи, на показатели общего анализа крови (ОАК) крыс. Экспериментальных животных подвергали круглосуточному

воздействию ЭМП с плотностью потока энергии (ППЭ) 250 мкВт/см^2 на частотах 1,8; 2,1; 2,6 ГГц, ППЭ 250 мкВт/см^2 3,5; 26; 37 ГГц, и ППЭ 500 мкВт/см^2 для всех частот излучения – 1,8; 2,1; 2,6; 3,5; 26; 37 ГГц (группы Э1, Э2 и Э3, соответственно) в течение четырех месяцев. ОАК проводили на автоматическом гематологическом анализаторе *BC-2800 Vet* (*Mindray*, Китай).

В результате исследований показателей ОАК установлено статистически достоверное повышение общего количества лейкоцитов в крови животных, подвергнутых воздействию ЭМП с ППЭ 250 мкВт/см^2 в группе Э1 (табл. 1), в этой же группе отмечается тенденция к увеличению количества лимфоцитов и гранулоцитов. В группах Э2 и Э3 отмечалась тенденция к увеличению содержания лейкоцитов. Статистически достоверных изменений относительно контроля со стороны показателей красной крови и кровяных пластинок не выявлено.

Таблица 1

ОАК крыс через месяц после устранения воздействия ЭМП (медиана)

Показатели	группы животных			
	контрольная	Э1	Э2	Э3
лейкоциты, $\times 10^9$/л	8,90	11,15*	9,30	9,50
лимфоциты, $\times 10^9$/л	5,95	7,30	6,25	6,40
моноциты, $\times 10^9$/л	0,25	0,40	0,30	0,30
гранулоциты, $\times 10^9$/л	2,40	3,25	2,90	2,65
лимфоциты, %	68,15	65,95	70,20	69,50
моноциты, %	3,20	3,55	3,15	3,25
гранулоциты, %	28,30	30,40	25,05	27,55
эритроциты, $\times 10^{12}$/л	9,36	9,70	9,72	9,76
гемоглобин, г/л	172,50	180,50	174,00	176,00
гематокрит, %	53,45	57,05	56,00	56,20
тромбоциты, $\times 10^9$/л	792,00	815,00	1082,00	1160,50

* – $p<0,05$

Наблюдаемые изменения в ОАК могут свидетельствовать о восстановлении гематологических показателей в течение месяца после прекращения воздействия ЭМП, указывая на отсутствие

устойчивых эффектов рассматриваемого фактора на данные показатели.

Литература

1 Долгушин И.И., Шишкова Ю.С., Даровских С.Н. и др. Особенности модифицирующего действия низкоинтенсивных электромагнитных излучений природного и техногенного происхождения на жизнеспособность и функциональный статус неитрофильных гранулоцитов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2016. – №5. – С. 11-17.

2 Taheri M., Roshanaei G., Ghaffari J. et al. The effect of Base Transceiver Station waves on some immunological and hematological factors in exposed persons // Hum Antibodies. – 2017. – V. 25. – №1-2. – P. 31-37.

3 Kim H.S., Park J.S., Jin Y.B., et al. Effects of exposure to electromagnetic field from 915 MHz radiofrequency identification system on circulating blood cells in the healthy adult rat // Bioelectromagnetics. – 2018. – V. 39. – №1. – P. 68-76.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОТ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

С.Ю. Перов, О.В. Белая
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

С интенсивным развитием технологий беспроводной передачи данных наблюдается увеличение количества и разнообразия радиоэлектронных средств, в частотности, совершенствование систем сотовой связи характеризуется развертыванием сетей стандарта 5G/IMT2020 и внедрением их в различные социально-экономические сферы. Это позволяет выделить базовые станции сотовой связи как основные техногенные источники электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП) в современной среде обитания человека. Кроме того, принципы работы базовых

станций нового поколения по частотно-временным и пространственным параметрам формируемого ЭМП отличаются от действующих систем сотовой связи, что актуализирует проблему инструментального контроля ЭМП с учетом технических особенностей эксплуатации сетей стандарта 5G/IMT2020.

Характерным отличием базовых станций сотовой связи пятого поколения является применение активных антенных систем типа mMIMO с технологиями сканирования и формирования луча, а также расширение спектра рабочих частот и ширины канала передачи. В задачах инструментального контроля уровней ЭМП от новых систем сотовой связи представляет актуальность применение селективных методов измерений с возможностью контроля уровней ЭМП, формируемых заданным источником в данной точке измерений, выделение постоянных, не зависящих от трафика составляющих в сигнале базовой станции и оценка наихудших условий экспозиции. В работе представлены результаты натурных исследований уровней ЭМП, формируемых базовой станцией стандарта 5G/IMT2020 (диапазон частот FR1) в режиме сканирования луча и в режиме формирования луча при различных конфигурациях загрузки трафика к абонентским терминалам (АТ).

Натурные исследования проводились в пилотной зоне 5G/IMT2020 на территории микрорайона в г. Москве с помощью селективного измерителя параметров ЭМП SRM-3006 (Narda Safety, Германия), точка измерений располагалась в прямой видимости базовой станции, которая работала в полосе частот n79, ширина канала составляла 100 МГц. Для формирования лучей передачи трафика данных использовались два АТ, которые размещались в различных положениях относительно точки измерений, передача трафика от базовой станции к АТ осуществлялась в режиме Speed Test, скорость передачи данных DL составляла 700 – 1500 Мб/с. Для каждого положения АТ и без использования АТ проводились частотно-селективные измерения для оценки уровней ЭМП в полосе частот канала 5G/IMT2020 и в полосе частот блока синхронизации -

Synchronization Signal Block (SSB) как постоянной составляющей сигнала базовой станции.

В режиме сканирования луча без использования АТ уровень ЭМП в полосе частот канала 5G/IMT2020 составил менее 0,01 мкВт/см^2. Наибольшие значения ППЭ (3,75 – 4,60 мкВт/см^2) были зафиксированы при измерении в луче трафика к 1 или 2 АТ. При проведении измерений между лучами трафика к двум АТ уровень ЭМП составил 3,12 ± 0,57 мкВт/см^2, а при измерении не в луче на расстоянии 20 м от 1 АТ уровень ЭМП составил 1,26 ± 0,81 мкВт/см^2.

На основе измеренных уровней ЭМП для блока SSB в режиме сканирования и коэффициентов экстраполяции, учитывающих ширину канала и разнесение поднесущих, а также различное усиление для лучей трафика и блоков SSB, были рассчитаны максимальные уровни ЭМП для отдельных режимов передачи трафика. Отклонение результатов теоретической оценки от измеренных уровней ЭМП в канале 5G/IMT2020 не превышали 1,5 дБ.

Применение селективных измерений в инструментальном контроле уровней ЭМП от базовых станций, особенно новых поколений, позволяет проводить детальную оценку условий экспозиции от отдельных источников, а также прогнозировать максимально возможные уровни ЭМП на основе измерений постоянных составляющих.

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Д.И. Петрухина, В.И. Шишко, М.Г. Помясова, О.В. Тхорик, И.М. Меджидов
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

В работе была использована аргоновая микроволновая нетермальная плазма атмосферного давления. В экспериментах

использовали семена ячменя (*Hordeum vulgare* L.) ярового сорта Владимир (Россия) урожая 2018 г.

В первом эксперименте нетермальная плазма генерировалась источником плазмы с применением многоштырькового резонансного СВЧ разрядника. Был разработан резонансный СВЧ разрядник в виде 6-ти штырькового съемного наконечника.

Воздействие нетермальной плазмы на семена не приводило к изменению длины ростков и корешков 7-ми суточных проростков ячменя. Однако после обработки в течение 5 и 20 минут лабораторная всхожесть статистически значимо понижалась по отношению к контролю, в остальных случаях изменений не выявлено (рис. 1).

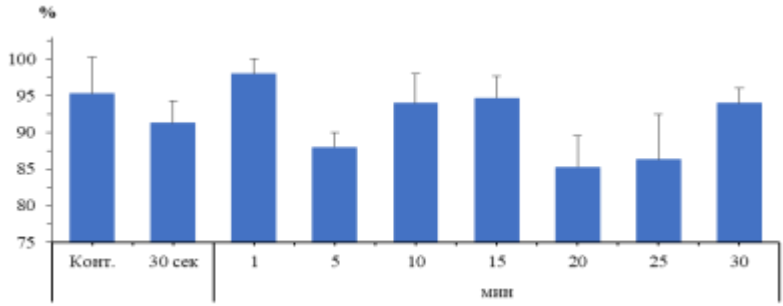


Рис. 1. Влияние плазменного облучения семян на лабораторную всхожесть при использовании разрядника с 6-штырьковым наконечником и тефлоновым диском.

После первых испытаний источника нетермальной плазмы был обнаружен ряд его недостатков, которые могли оказывать негативное влияние на посевные качества семян после их обработки плазмой. Таким образом, был сформирован 8-гранный разрядник с улучшенным отводом тепла из зоны разряда за счет формирования рециркуляционных зон обдува.

Обработка с применением источника плазмы после модификации, не оказывала отрицательного влияния на посевные характеристики семян ячменя (рис. 2). Лабораторная всхожесть семян после воздействия плазмы не превышала этот показатель в контроле. Также было установлено, что обработка

плазмой не влияет на длину корня и побега проростков на 7-е сутки онтогенеза.

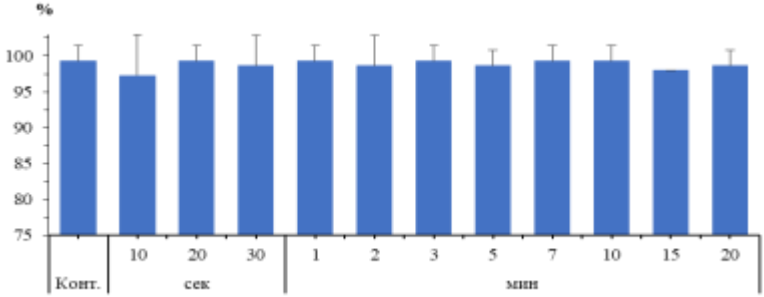


Рис. 2. Влияние плазменного облучения семян на лабораторную всхожесть при использовании нового разрядника с 8-гранным наконечником

По полученным результатам работы можно сделать вывод, что генерируемая нашим источником аргоновая атмосферная нетермальная плазма не оказала стимулирующего либо угнетающего воздействия на начальные ростовые процессы семян ярового ячменя сорта Владимир.

Литература

1. Tikhonov V., Gorbatov S., Ivanov I., Tikhonov A. The Low-Cost Microwave Source of Non-Thermal Plasma. In: 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE) - 15th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk 2020). IEEE, 2020. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242089.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПРОРАСТАНИЯ И ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ МУТАНТОВ *ARABIDOPSIS THALIANA* ДЕФЕКТНЫХ ПО Ca^{2+} СИГНАЛИНГУ В ОТВЕТ НА ПЕРОКСИД ВОДОРОДА ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.Ю. Подобед, Д.Д. Бабина, Я.А. Манухина, М.С. Подлуцкий, А.А. Празян, П.Ю. Волкова
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

В нормальных условиях содержание внутриклеточных активных форм кислорода (АФК) поддерживается на низком уровне различными ферментными системами, участвующими в поддержании редокс-гомеостаза. Редокс-статус организма – это баланс между прооксидантными компонентами (АФК и другие оксиданты) и антиоксидантной системой. Под воздействием негативных факторов редокс-статус может смещаться в сторону прооксидантных компонентов, что ведёт к нарушению физиологических процессов в организме [1]. Стрессовый ответ может запускаться различными биотическими и абиотическими стрессовыми факторами, действующими на растения в условиях техногенного загрязнения и на территориях с повышенным радиационным фоном.

Ионизирующее излучение (ИИ), относящееся к абиотическим стрессовым факторам, обусловливает стресс-индуцируемое образование АФК [2], в том числе, пероксида водорода (H_2O_2), являющегося наиболее долгоживущей АФК. Важную роль как вторичный мессенджер в развитии клеточных адаптационных реакций играет Ca^{2+}: предполагается участие Ca^{2+} в генерации потенциала действия у растений, что может быть одним из механизмов передачи сигнала о стрессе, в том числе в ответ на пероксид водорода в апопласте. Для оценки возможной роли кальциевого сигналинга, индуцируемого пероксидом водорода в ответ на действие ИИ, изучена реакция растений *Arabidopsis thaliana* дикого типа Col-0 и мутантов *hpca1* (SALK_080742 и SAIL_840_E05).

Семена *A. thaliana* проходили этап стратификации в течении 7-ми дней при 4 °С, после чего подверглись острому γ-облучению (^{60}Co, ГУР-120, ФГБНУ ВНИИРАЭ), в дозах 25, 50, 100, 150, 200 Гр. Диапазон доз был выбран на основании ранее проведенных экспериментов [3]. Прорастание семян происходило на полусильной среде Мурасиге-Скуга в фитотроне (Sanyo MLR-351H, Япония) при 21 °С. В процессе исследования оценивали динамику прорастания, площадь поверхности листьев (программа Easy Leaf Area). Расчёт показателей прорастания был выполнен с помощью пакета Germinationmetrics (версия 0.1.4.9) для среды программирования R. Четырёхпараметрическая функция Хилла (4-PHF), используемая для описания данного эксперимента, показывает различия в прорастании между генотипами и дозами воздействия ИИ на семена *A. thaliana*. Статистический анализ был выполнен с использованием MS Office Excel 2019 и Statistica 8.0 для Windows.

Существенных различий в прорастании между генотипами выявить не удалось, однако существует возможность, что функциональный HPCA1 необходим для индукции радиационного гормезиса. Статистически значимое снижение площади поверхности листьев для дикого типа и линии SAIL_840_E05 было отмечено в диапазоне доз облучения 150 - 200 Гр. В то время как для линии SALK_080742 статистически значимое снижение площади поверхности листьев было отмечено только для дозы облучения в 200 Гр.

Литература

1. Карбышев М.С., Абдуллаев Ш.П. Биохимия оксидативного стресса: учебно-методическое пособие / под редакцией Шестопалова А.В. // ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. – М.: – 2018. – 60 с.

2. Sewelam N., Kazan K., Schenk P.M. Global plant stress signaling: Reactive oxygen species at the cross-road // Frontiers in Plant Science. – 2016. – V.7. – P.187.

3. Babina D., Podobed M., Bondarenko E., et al. Seed gamma irradiation of Arabidopsis thaliana ABA-mutant lines alters germination and does not inhibit the ihotosynthetic efficiency of

juvenile plants // Dose-Response. – 2020. – V.18 – №4. doi:10.1177/1559325820979249.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОДЕРЖАНИЕ ФЛАВОНОИДОВ ПРИ АНТИМИКРОБНОЙ ОБРАБОТКЕ ГРЕЦКИХ ОРЕХОВ

И.В. Полякова, Н.А. Васильева, Д.В. Крыленкин, О.А. Губина, А.И. Морозова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Орехи относятся к продуктам с высокой питательной ценностью и являются источником особо ценных нутриентов. Большинство видов орехов производится в развивающихся странах, где высока вероятность нарушения санитарно-гигиенических норм, и, как правило, они подвержены высокому уровню естественного загрязнения патогенными бактериями и грибами, вызывающими порчу. Одним из методов снижения количества патогенной микрофлоры является обработка продукции ионизирующим излучением (ИИ).

В качестве объекта исследования были выбраны очищенные от скорлупы ядра грецкого ореха (*Júglans régia*).

Радиационную обработку образцов проводили на гамма-установке ГУР-120 (ФГБНУ ВНИИРАЭ). Поглощенные дозы гамма-излучения составили 1,5; 3,0 и 4,5 кГр, мощность дозы – 100 Гр/час. Для измерения поглощённых использовали дозиметр ДКС-101.

Микробную обсеменённость ядер грецких орехов оценивали методом посева на стандартные плотные питательные среды. Общее содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически по методу Беликова [1].

Органолептические показатели контрольных и облученных (1,5; 3,0 и 4,5 кГр) образцов грецких орехов в начальный период исследования (3 сутки после облучения) не отличались друг от

друга и соответствовали ГОСТ 16833-2014. Содержание влаги находилось в пределах 2,9-3,5 %, что не превышало норматив.

Через три месяца после радиационной обработки только у образцов, облученных в дозе 4,5 кГр, появился запах прогорклости и окисленного жира. Визуально ядра облученных орехов не отличались от контрольных.

Результаты микробиологических исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Микробиологические показатели ореха грецкого (ядро)

Доза	Микробиологические показатели		
	КМАФАнМ, КОЕ/г	Плесени, КОЕ/г	БГКП
СанПин 2.3.2.1078-01	Не нормируется	1×10^3 – сырьё 1×10^2 - готовый к употреблению продукт	Не допускается в 0,01 г
Контроль	1230 ± 580	620 ± 250	обнаружено
1,5 кГр	430 ± 240	200 ± 60	не обнаружено
3,0 кГр	<10	<10	не обнаружено
4,5 кГр	<10	<10	не обнаружено

Содержание флавоноидов в облученных образцах грецкого ореха незначительно увеличивается при облучении в дозах 3,0 и 4,5 кГр (165,34±16,61 и 144,08±10,80 мкг/г соответственно). В контроле - 128,81±8,22 мкг/г. После обработки ИИ происходит более легкое и полное высвобождение отдельных веществ, таких как флавоноиды, которые имеют простое строение и достаточно устойчивы к физическим факторам.

Доза гамма-излучения 1,5 кГр является достаточной для получения микробиологически безопасной продукции, предназначенной для непосредственного употребления в пищу

без тепловой обработки, и не приводит к нарушению органолептических свойств орехов.

Литература

1 SU 1 507 394 A1 Беликов В.В., Колесник Н.Т. «Способ количественного определения флавоноидов в растительном сырье».

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

М.Г. Помясова, А.Ю. Шестериков, В.Я. Саруханов, В.А. Харламов
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Одной из наиболее эффективных технологий, обеспечивающих микробиологическую безопасность пищевых продуктов, является использование радиационной обработки (РО). РО позволяет обрабатывать уже упакованные продукты, что существенно снижает вероятность повторной микробиологической контаминации. Целостность упаковки, обеспечивающей сохранность достигнутого антимикробного эффекта, не нарушается, продукт не нагревается, и обрабатывается весь объем. Соблюдение рекомендованных режимов облучения пищевых продуктов обеспечивает их безопасность для потребителя и не приводит к нарушению сенсорных показателей. В зависимости от параметров облучения РО пищевых продуктов может применяться для подавления развития микроорганизмов порчи, что приводит к увеличению сроков хранения, а также инактивации таких патогенных и условно патогенных микроорганизмов, как возбудители листериоза, бруцеллеза, рожи свиней, а также кишечная группа бактерий. Кроме того, РО применяется для уничтожения насекомых-вредителей (дезинсекция) зерна, муки и задержки прорастания овощей, особенно чипсовых сортов картофеля. В

результате более чем полувековой истории исследований [1] были определены виды и энергии ионизирующих излучений для обработки пищевой продукции: гамма-излучение радиоизотопов ^{60}Co и ^{137}Cs; тормозное рентгеновское излучение, генерируемое ускорителями электронов, с энергией не более 5 МэВ; электронное излучение с энергией не более 10 МэВ.

Применение облучения для многих видов продуктов регламентируется международными нормативными документами [2].

В настоящее время накоплен большой массив экспериментальных данных о качестве пищевых продуктов, подвергнутых РО. Для систематизации и анализа литературных источников, необходимых для определения оптимальных параметров облучения разных видов пищевых продуктов, требуется создание специализированной базы данных.

Целью, создаваемой нами базы данных, является определение минимально необходимой дозы РО для обеспечения основных показателей качества для каждого вида продукции с сохранением ее органолептических свойств.

В работе представлен первичный анализ данных. Для создания базы данных было собрано более 235 литературных источников, из которых большая часть – иностранные и входят в реферативную базу данных Scopus. База данных постоянно пополняется. Информация получена из литературных источников с применение отечественных и зарубежных электронных поисковых систем: elibrary, google scholar, science direct. Сбор научных публикаций осуществляется в программе Microsoft Access. Самые ранние публикации относятся к 1982 г., а последние к – 2021 г. Наибольший объем научных работ посвящается действию ионизирующего излучения на мясную и рыбную продукцию. Показано, что основными видами ионизирующего излучения являются гамма-излучение (71,49%), и электронное излучение (28,51%). В литературных данных на радиоизотоп ^{60}Co приходится 84,52 %, ^{137}Cs – 7,74%, но в некоторых публикациях отсутствуют сведения о радиоактивных источниках.

В ходе изучения публикаций создана предварительная схема базы данных, где указаны важные характеристики по облучению сельскохозяйственной и пищевой продукции.

Литература

1 Козьмин Г.В., Гераськин С.А. и др. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.

2 Кодекс Алиментариус. Гигиена пищевых продуктов / Пер. с англ. – М.: Весь мир, 2007. – 123 с.

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННОГО И ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ СЕМЕЙСТВА LUMBRICIDAE

А.В. Рыбак, Т.А. Майстренко, Е.С. Белых, И.О. Велегжанинов
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Россия

В связи с увеличением техногенного влияния на окружающую среду важной задачей является оценка состояния наземных экосистем в настоящий момент и прогнозирование последствий антропогенного воздействия на биоту. Целью работы являлось изучение биологических эффектов на разных уровнях структурно-функциональной организации у дождевых червей сем. Lumbricidae из природной популяции в условиях загрязнения почвы тяжелыми естественными радионуклидами (ТЕРН) и тяжелыми металлами (ТМ).

Исследования проводили в окрестностях поселка Водный (Ухтинский район, Республика Коми, 63° с.ш., 53° в.д.), где в течение 25 лет осуществлялось промышленное производство радия из пластовых вод и привозных отходов урановой промышленности [1] на двух импактных (1, 2) и двух фоновых (3, 4) участках. Удельные активности ^{226}Ra на участках 1 и 2 составляют 14299 ± 2054 и 770 ± 150 Бк/кг, на фоновых 3 и 4 - 117 ± 27 и 33 ± 1 Бк/кг, соответственно. Суммарный показатель

загрязнения (Z_c), характеризующий степень загрязнения почвы тяжелыми металлами (Cu, Pb, Cd, Zn, Ni) на участках 1, 2, 3 и 4 составляет 108 (опасная), 21 (умеренно опасная), 2 и 3 (допустимая) соответственно.

Рассчитанные по двум дозиметрическим моделям мощности доз хронического облучения дождевых червей в среде обитания варьировали от 0.3 до 113 и от 1 до 161 мкГр/ч, соответственно.

Спонтанные уровни повреждений ДНК дождевых червей *A. caliginosa* и *L. rubellus*, собранных на участках с разным содержанием ТЕРН и ТМ, не отличались между видами и участками. Провокационное острое γ-облучение в дозе 4 Гр позволило выявить адаптивный ответ у особей *A. caliginosa* с загрязненной территории 1 в виде повышенной скорости репарации ДНК. После дополнительного воздействия 425 мг Cd/кг почвенного субстрата уровни повреждений ДНК червей *A. caliginosa* с загрязненного участка 1 и фонового участка 3 не отличались. По показателю выживаемости не выявили адаптивную реакцию дождевых червей *A. caliginosa* из популяций, испытывающих хроническое воздействие ТЕРН и ТМ, на острое действие ионизирующего излучения в дозах 2270 и 2480 Гр. Дополнительное воздействие Cd на выживаемость животных показало тенденцию к бóльшей чувствительности дождевых червей *A. caliginosa* с сильнозагрязненного участка 1 по сравнению с особями фоновой территории 3 (1110 мг Cd/кг, $p = 0.007$; 1150 мг Cd/кг, $p = 0.008$). Плотность популяции дождевых червей на загрязненном участке 1 и их репродуктивная способность оказалась статистически значимо ($p < 0.05$) ниже, чем соответствующие значения для червей с загрязненного участка 2 и фонового участка 3.

Техногенное загрязнение почвы не влияет на генетическое разнообразие и генетическую дифференциацию исследованных групп *A. caliginosa* ввиду высокой внутригрупповой генетической изменчивости (97%, $p = 0.001$). Генетическая структура популяции дождевых червей характеризуется наличием трех генетических кластеров (линий).

Таким образом, при изучении влияния хронического радиационного и химического воздействия на дождевых червей

наиболее чувствительными показателями биологических эффектов оказались уровень повреждений ДНК, репродуктивная способность и связанная с ней плотность особей в популяции.

Литература

1 Иевлев А.А. Водный промысел в Коми АССР – предтеча атомной промышленности Советского Союза // Военно-исторический журнал. – 2011. – №2. – С. 45-47.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО НИЗКИХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АКТИВИРОВАННЫЕ ЛИМФОЦИТЫ ЧЕЛОВЕКА

В.А. Рыбачук[1], Ю.В. Гельм[2], Н.В. Михайловский[1,2], Е.В. Абакушина[1,2]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

Хорошо известно, что высокие дозы радиации вредны для клеток и тканей человека. Однако риск негативных эффектов для здоровья от воздействия низких доз ионизирующего излучения остаются неясными. Данное исследование направлено на изучение биологических реакций при воздействии относительно низких доз ионизирующего излучения на активированные лимфоциты человека.

Цель. Изучить чувствительность лимфоцитов человека к действию ионизирующего излучения в дозах от 1 до 8 Гр.

Лимфоциты выделяли из периферической венозной крови по стандартной методике на градиенте плотности фиколла, далее культивировали в концентрации 1–2x10^6 кл/мл в среде на основе RPMI-1640 в условиях CO_2-инкубатора при 37°C в течение трех дней. Для получения активированных лимфоцитов в среду для культивирования добавляли IL-2 и IL-15 [1]. Облучение клеток проводили на 3-й день культивирования на установке Philips SL-

20 с энергией электронного пучка 6 МэВ, в дозе 1, 2, 4, 8 Гр. После этого клетки отмывали в PBS с центрифугированием и добавляли новую питательную среду. Облученные лимфоциты помещали в инкубатор при температуре 37°С. Через сутки, на 3, и на 7 день подсчитывали количество клеток и анализировали их жизнеспособность методом окрашивания лимфоцитов трипановым синим.

Жизнеспособность лимфоцитов после выделения из периферической крови клеток составляла 100%. На 3 день после активации лимфоцитов *in vitro* жизнеспособность сохранялась у 98%, а пролиферативная активность увеличивалась в среднем на 20%. После облучения в дозе 1 Гр количество живых активированных лимфоцитов составило 85%. При их облучении дозой 2 Гр жизнеспособность составила 84%, при 4 Гр снизилась до 76%, а при 8 Гр - до 73,5%. На третьи и седьмые сутки количество живых клеток планомерно снижалось (рис.1)

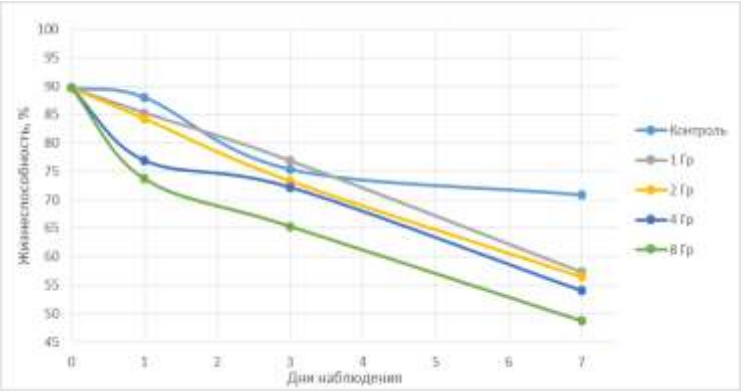


Рис. 1. Зависимость выживаемости лимфоцитов (%) от дозы облучения.

После облучения не активированных лимфоцитов в дозе 1 Гр их жизнеспособность через 24 часа снижалась до 20%, при облучении в дозе 1 Гр, жизнеспособность составила 15%, при 2 Гр уменьшалась еще на 7%, что связано с отсутствием интерлейкинов в среде.

Выявлено, что на третий день после облучения пролиферативная активность облученных активированных лимфоцитов в дозе 1, 4 и 8 Гр повышается на 20% по сравнению с контролем. Таким образом, показано, что активация лимфоцитов с помощью IL-2 и IL-15 существенно снижает их чувствительность к действию ионизирующего излучения.

Литература

1. Гельм Ю.В., Кузьмина Е.Г., Абакушина Е.В. Функциональная активность лимфоцитов здоровых доноров и онкологических больных при культивировании в присутствии ИЛ-2 и ИЛ-15. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2019. – Т. 167 – № 4 – С.471-477.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ И ПРОЛИФЕРАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ В ВЫСОКИХ ДОЗАХ

В.А. Рыбачук[1,2], Н.В. Михайловский[1,2], Ю.В. Гельм[2], Т.В. Константинова[2], Е.В. Абакушина[1,2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

Ионизирующее излучение широко применяется для терапии злокачественных новообразований, однако, в настоящее время существенной проблемой является радиорезистентность неоплазий. Лучевая терапия предполагает использовать ионизирующее излучение для уничтожения клеток опухоли и уменьшения их количества. Под воздействием излучения ДНК опухолевых клеток повреждается, провоцируя задержку пролиферации. По сравнению с нормальными клетками трансформированные клетки размножаются активнее, следовательно, они более восприимчивы к радиации.

Цель исследования. Изучить влияние ионизирующего излучения на жизнеспособность и пролиферативный потенциал клеток эритролейкемии (K562) после радиационного воздействия.

Материалы и методы. Радиорезистентную суспензионную клеточную линию K562 хронической миелоидной лейкемии человека культивировали в концентрации 1 млн/мл в полной питательной среде RPMI-1640 в 24 луночном планшете. Для облучения клетки переносили в три флакона и делили на три группы. Первая - контроль, вторая была облучена электронами фракционировано два раза по 50 Гр на установке Philips SL-20, третья однократно в дозе 100 Гр. До облучения, а также через 1, 3 и 7 суток после облучения подсчитывали количество клеток и оценивали их жизнеспособность. Для подсчета количества живых и мертвых клеток проводили окрашивание трипановым синим или применяли метод проточной цитометрии, основанный на двойном флуоресцентном окрашивании клеток аннексином V-AF488 (зеленая флюоресценция) для оценки доли апоптотических клеток и пропидия иодидом (PI) (красная флуоресценция мертвых клеток). Эксперимент повторяли три раза.

Результаты. До облучения жизнеспособность клеток во всех группах составила 80±11,3%. Через сутки после однократного облучения клеточной линии количество живых клеток снижалось до 64,8±14,8% и при фракционированном до 65,1±12,0%. Пролиферативная активность облученных клеток на третьи сутки во второй группе снизилась в 1,8 раз по сравнению с контролем, а в третьей в 2 раза. На седьмые сутки деление клеток во второй и третьей группе прекратилось.

На 5 день после облучения количество мертвых клеток с двойным флуоресцентным окрашиванием в контроле составило – 19,3%. Во второй группе достигало - 47,3%, а в третьей группе количество мертвых клеток достигало 42,7%, что значимо отличалось от контроля.

Через 7 дней после облучения жизнеспособность клеток в контроле снижалась до 58%, во второй группе до 46,2%, а в третьей до 41,8%.

Таким образом, в работе изучено влияние ионизирующего излучения на пролиферативный потенциал клеток эритролейкемии линии К562. Показано, что через 7 дней после облучения электронами фракционированно или однократно в дозе 100 Гр пролиферативный потенциал отсутствует, а жизнеспособность снижается в два раза за счет активации апоптоза в опухолевых клетках.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАБОЛИЗМА ^{131}I У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПАСТБИЩА ПРОДУКТАМИ ЯДЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ В ВИДЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЧАСТИЦ

А.С. Снегирев, Э.Н. Денисова, С.Г. Шаповалов,
Г.В. Козьмин, Ю.А. Кураченко
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

Для условий пастбищного содержания выпас животных на загрязнённом пастбище моделировали с учётом суточной скорости поступления радиоактивных частиц на базе ранее разработанной обобщенной компартментальной модели метаболизма радионуклидов с разной органотропностью [1] в виде:

$$\frac{dq_1}{dt} = q_1(t) \cdot (-k_{12} - k_{13} - k_{14} - \lambda) + \Psi(t) \quad (1)$$

В уравнении (1) скорость поступления радиоактивных частиц в организм животных при выпасе (функция внешнего источника, Бк/сут) представлена выражением:

$$\Psi(t) = S \cdot \sigma \cdot \xi \cdot \varphi \cdot \left(A_1 \cdot e^{\frac{-0,693t}{T_{\frac{1}{2}}^{(1)}}} + A_2 \cdot e^{\frac{-0,693t}{T_{\frac{1}{2}}^{(2)}}} \right) \cdot e^{-\lambda t} \quad (2)$$

где S, м^2/сут – площадь пастбища, необходимая для потребления ~ 35-50 кг травостоя одной коровой в течение суток.

Величина параметра S определяется из условия: $P = S \cdot m \cdot æ$, где P, кг – величина среднесуточного потребления коровой пастбищной растительности; m, кг/м^2 – урожайность пастбища; æ, отн.ед. – поедаемость пастбищной растительности (стравливание) в условиях свободного выпаса в светлое время суток; σ, Бк/м^2 – плотность радиоактивного загрязнения пастбища ^{131}I; ξ, отн.ед. – биологически доступная доля активности ^{131}I в составе радиоактивных частиц; φ, отн.ед. – коэффициент первичного удержания радиоактивных частиц пастбищной растительностью; $T^{(1)}_{1/2}$ – период полуочищения первично задержанных радиоактивных выпадений пастбищной растительностью, доля которых в полной массе первично задержанных частиц составляет A_1, отн.ед.; $T^{(2)}_{1/2}$ – период полуочищения первично задержанных радиоактивных выпадений пастбищной растительностью, доля которых составляет A_2, отн.ед.; $A_1+A_2=1$; λ – константа скорости радиоактивного распада ^{131}I, равная 0.086 сут$^{-1}$.

В табл. 1 представлены использованные параметры и их полученные значения. На рис. 1 представлена динамика активности ^{131}I в молоке при пастбищном содержании животных в зоне радиоактивного следа [2].

Таблица 1

Параметры функции внешнего источника

P, кг	m, кг/м^2	æ, отн. ед.	σ, Бк/м^2	ξ, отн. ед.	φ, отн. ед.	$T^{(1)}_{1/2}$, ч	$T^{(2)}_{1/2}$, сут	A_1, отн. ед.	A_2, отн. ед.
50	0.4	0.7	4500	0.7	0.5	3	3.5	0.7	0.3

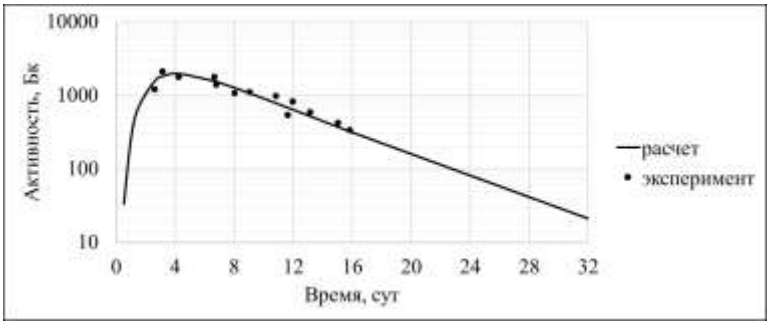


Рис. 1. Динамика активности ^{131}I в молоке при пастбищном содержании животных в зоне радиоактивного следа

Литература

1 Снегирев А.С., Козьмин Г.В., Исамов Н.Н. и др. Математическая модель метаболизма радионуклидов в организме коров / В сб. статей конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2017». – Севастополь: СевГУ, 2017. – С. 1255-1258.

2 Логачев В.А. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении. – М.: Изд.АТ, 2001. – 519 с.

ЗАВИСИМОСТЬ МАКСИМАЛЬНОГО СИНЕРГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕНЯЕМЫХ АГЕНТОВ

М.С. Толкаева
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава, г. Обнинск, Россия

Синергическое взаимодействие различных физических агентов и химических препаратов, содержащих тяжёлые металлы, позволяет повысить эффективность комбинированного лечения и одновременно снизить концентрации и дозы применяемых агентов. Важно учитывать подобные

взаимодействия при разработке безопасных норм радиационного и химического загрязнения компонентов природной среды.

Целью исследования является изучение зависимости коэффициента синергического усиления от интенсивности применяемых агентов.

На рис.1 представлены результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований по изучению зависимости концентрации растворов PbI_2 от температуры, при которой наблюдается максимальный коэффициент синергического усиления. В ходе экспериментов диплоидные дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* (штамм XS800) подвергались одновременному и раздельному действию повышенной температуры и растворов PbI_2 различных концентраций (1, 2.5, 5 мг/мл). Исследуемым тестом являлась клоногенная активность клеток.

Из рис. 1 видно, что чем меньше концентрация химического агента, тем при меньшей оптимальной температуре регистрируется максимальный коэффициент синергического усиления. Данное явление укладывается в рамки ранее разработанной математической модели синергизма [1], согласно которой максимальный синергический эффект достигается при равенстве количества субповреждений от повышенной температуры и растворов PbI_2. Из этого следует, что при снижении интенсивности одного из применяемых агентов необходимо уменьшать интенсивность или концентрацию второго для обеспечения максимального синергического взаимодействия.

Таким образом, полученные данные указывают на принципиальную возможность синергического взаимодействия при малых концентрациях химических агентов и температур, применяемых в медицинской практике и реально встречающихся в биосфере.

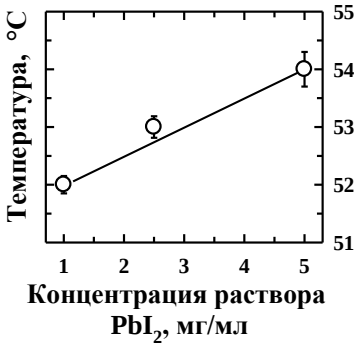


Рис.1. Зависимость концентрации растворов PbI_2 от температуры, при которой наблюдается максимальный коэффициент синергического усиления при её одновременном действии с PbI_2 на выживаемость диплоидных дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* (штамм XS800).

Литература

Петин В.Г., Жураковская Г.П., Комарова Л.Н. Радиобиологические основы синергического взаимодействия в биосфере. – М.: ГЕОС, 2012. – 219 с.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА СМЕРТНОСТЬ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА FRUTICICOLA FRUTICUM РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Л.А. Трофимова[1], Е.Е. Черкасова[1], Г.В. Лаврентьева[1,2], Б.И. Сынзыныс[1]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Экоцентрический принцип нормирования радиационного фактора, представленный в публикациях МКРЗ 108 и 114 [1,2], предполагает наличие экспериментальных баз радиационно-

индуцированных эффектов у представителей биоты. Данные базы в настоящее время также требуют расширения.

Следует отметить, что моллюски давно применяются в качестве тест-объекта загрязнений окружающей среды.

В данной работе представлены данные о влиянии гамма-облучения на релевантный показатель (смертность) моллюска *F.Fruticum* трех возрастных групп.

Объектом исследования является наземный моллюск *F. Fruticum*. Пробоотбор моллюсков осуществлялся на территории без антропогенного влияния, вдали от населенных пунктов, автодорог и промышленных предприятий. Для эксперимента было отобрано 1085 моллюсков трех возрастных групп. Возраст наземных моллюсков определили по количеству оборотов раковины. Облучение проводили на γ - установке ГУР – 120 с поглощенными дозами от 10 до 300 Гр с шагом в 10 Гр. После облучения в течение 150 суток каждые 10 суток фиксировали смертность животных.

Анализ экспериментальных данных показал, что через 150 суток после облучения дозами 10 – 300 Гр процент смертности моллюсков отличается для разных возрастных групп животного. Смертность в контрольной группе оставалась на нулевом уровне на протяжении всего эксперимента.

Дозы облучения 60, 80-300 Гр вызывают 100%-ную смертность моллюсков первой возрастной группы. При дозах от 10-50 Гр и 70 Гр она варьирует от 0% до 60%.

Абсолютную смертность моллюсков второй возрастной группы вызывают дозы облучения 170-300 Гр. Смертность моллюсков, облученных дозами 10-160 Гр, варьирует от 26,7 ± 6,7% до 93,3 ± 6,7%.

В третьей возрастной группе высокая смертность моллюсков (87-100%) наблюдается при их облучении, начиная с дозы 160 Гр. При этом абсолютная смертность зафиксирована у моллюсков, облученных дозами 160, 180, 210, 230, 240, 270, 280, 300 Гр.

Расчетным методом пробит-анализа с применением метода наименьших квадратов был определен показатель ЛД $_{50/60}$ для моллюсков F. fruticum. Для сеголеток данный показатель равен

118,7 ± 62,2 Гр, для второй возрастной группы он составляет 115,6±33,9 Гр, и для третьей возрастной группы – 141,4 ±26,3 Гр.

Выводы:

1. При увеличении дозы отмечается рост смертности для всех возрастных групп моллюска.

2. Абсолютная смертность фиксируется при облучении сеголеток дозами 60 Гр и более, второй возрастной группы – 170 Гр и более. Для третьей группы абсолютная смертность отмечается при облучении дозами 160 Гр и более, за исключением доз 170, 190, 200, 220, 250 и 290 Гр.

3. Наиболее радиочувствительной является вторая возрастная группа моллюсков. При этом показатель ЛД 50-60 для первой возрастной группы составляет 118,7 ± 62,2 Гр, для второй - 115,6±33,9 Гр, для третьей группы -141,4 ±26,3 Гр.

Литература

1 ICRP Publication 108. Environmental Protection: The Concept and Use of Reference Animals and Plants // Annals of the ICRP – 2008. – P. 251.

2 ICRP Publication 114. Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants //Annals of the ICRP. – 2009. – P. 111.

ДОЗОВАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННО-ОБРАБОТАННОЙ СУШЕНОЙ ПЕТРУШКИ МЕТОДОМ ЭПР-СПЕКТРОМЕТРИИ

О.В. Тхорик, И.М. Меджидов, М.Г. Помясова, Д.И. Петрухина
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск, Россия

В настоящее время на рынке специй, в силу постоянно растущей конкуренции, перед производителями стоит вопрос улучшения качества продукции, что напрямую влияет на сроки хранения. Наиболее безопасным и оптимальным способом решения данной проблемы является радиационная обработка готовой продукции. При всех имеющихся преимуществах

данного метода [1], необходимо обеспечить безопасность обработанной продукции. Одним из способов контроля за облученной продукцией является метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР-спектроскопии).

Метод ЭПР-спектроскопии базируется на выявлении свободных радикалов путем воздействия на исследуемый образец магнитным полем. В результате такого взаимодействия происходит формирование спектра ЭПР. В случае, если продукт прошел радиационную обработку, на ЭПР-спектре можно наблюдать характерные пики [2].

В качестве эксперимента на базе ФГБНУ ВНИИРАЭ на установке ГУР-120 проводилось облучение кулинарной специи «петрушка нарезная» дозами 3, 6 и 9 кГр. Исследование проводилось на ЭПР-спектрометре ESR 70-03 XD/2 производства ООО «КБСТ Электроникс», при частоте модуляции 5000 мЭ, времени снятия 50 сек, с центром 3280 Гс в диапазоне поля 757 Гс.

На рисунке 1 представлены результаты исследования. Как видно из полученного спектра, с увеличением дозы облучения увеличивается амплитуда пика. После облучения дозой 3 кГр образца сушеной петрушки наблюдается пик с амплитудой 921 отн. ед., полушириной 9,53 Гс.

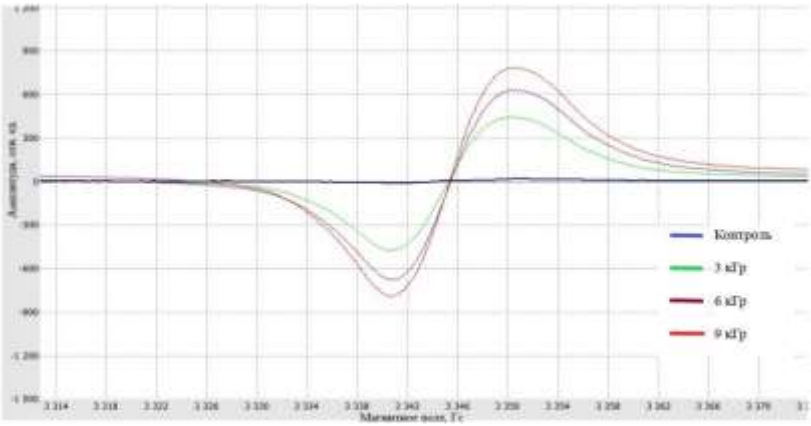


Рис. 1. Спектры образцов сушеной петрушки, подвергнутых радиационной обработке.

После облучения дозой 6 кГр амплитуда пика ЭПР-сигнала выросла в 1,4 раза и составила 1313 отн. ед., а полуширина при этом практически не изменилась (9,61 Гс).

После облучения дозой 9 кГр наблюдется ярко-выраженный пик с амплитудой 1580 отн. ед., что в 1,2 раза больше, чем после облучения дозой 6 кГр. При этом полуширина пика составляет 9,49 Гс.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод о том, что метод электронного парамагнитного резонанса пригоден для идентификации радиационно-обработанной петрушки. Также прослеживается тенденция к увеличению амплитуды пика с увеличением дозы облучения.

Литература

1 Санжарова Н.И., Козьмин Г.В., Павлов А.Н. и др, Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: история, современное состояние и перспективы // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 32-36.

2 Тхорик О.В., Помясова М.Г. Обзор мирового опыта по оценке радиационной безопасности обработанных ионизирующим излучением сухофруктов, методом ЭПР-спектрометрии // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве (к 50-летию со дня образования ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020. – С. 369-372.

ОЦЕНКА ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДРЕНОМИМЕТИКА ФЕНИЛЭФРИНА И ИНГИБИТОРА NOS КАК КОМБИНАЦИИ РАДИОПРОТЕКТОРОВ

М.Д.Фомичев[1,2], В.М.Макарчук[2], Л.И. Шевченко[2], А.С. Филимонов[2], В.А.Рыбачук[1,2], А.О.Косаченко[1,2], Д.В. Ирхина[1], М.В. Филимонова[1,2],
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФБГУ "НМИЦ радиологии" Минздрава России, г.Обнинск, Россия

На данный момент в России, как и во всем мире, лучевая терапия является одним из основных методов воздействия на опухолевые ткани, в связи, с чем возникает острая необходимость препятствования влияния ионизирующего излучения на немалигнизированные клетки, находящиеся в непосредственной близости от очага воспаления. Но, несмотря на то, что методы радиотерапевтического воздействия с каждым годом становятся все совершеннее, уменьшить количество постлучевых повреждений до сих пор не представляется возможным. Таким образом, профилирующей проблемой становится возникновение местных и общих лучевых осложнений, которые могут серьезно усугублять общую картину заболевания или приводить к летальному исходу. Существует значительное количество соединений, обладающих радиопротекторными свойствами, но подавляющее их большинство оказывает эффективное защитное воздействие только в субтоксических дозах.

Исходя из этого, идея использования комбинации радиопротекторов, способных к взаимоусилению с целью сохранения эффективности при применении в безопасных дозах, становится актуальной.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. Цыба одним из ведущих направлений исследований является синтез и исследование новых уникальных веществ, механизм действия

которых основам на ингибировании синтаз оксида азота с последующим возникновением гипоксии в здоровых тканях.

Целью работы является оценка эффективности комбинированного применения представителя гипоксических радиопротекторов – ингибитора NOS (шифр NMD) и α-адреномиметика фенилэфрина, вызывающего сужение артериол, повышение артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов.

Экспериментальные исследования проводились на мышах линии F1 (CBAxC57Bl/6j). Сортировка животных происходила с учетом веса каждого из них. Мыши были разделены на несколько групп: одну контрольную и три опытные, и подвергнуты тотальному гамма-облучению в дозах, равных 9 Гр, на установке «Агат». Мощность дозы составляла 0,3 Гр/мин. Лечение животных в контрольной группе не проводилось. Особи первой экспериментальной группы за 30 минут до начала опыта получили NMD в оптимальной радиозащитной дозе (75 мг/кг) внутрибрюшинно. Во второй группе мышам за 15 минут до облучения был введен фенилэфрин в оптимальной терапевтической дозе, равной 6,5 мг/кг, подкожно. Животным третьей были введены оба соединения в указанных дозах. Учет динамики веса и общего состояния мышей велся ежедневно. Все особи имели неограниченный доступ к брикетированному корму и питьевой воде. По истечению 30 суток опыта, в соответствии с методикой, проводился статистический анализ результатов.

В ходе данных исследований было установлено, что комбинация фенилэфрина и нового соединения под кодовым названием NMD обладает достоверным радиозащитным эффектом. В настоящее время планируются дальнейшие исследования для оценки безопасности и эффективности этого сочетания веществ. Впоследствии, данная комбинация может стать наиболее оптимальным противолучевым средством, используемым повсеместно.

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БОР-ЗАХВАТНЫХ РЕАКЦИЙ НА РАССЕЯННОМ НЕЙТРОННОМ РЕАКТОРНОМ ПУЧКЕ

Д.И. Целиков[1], С.Н. Корякин[1,2], А.Е. Чернуха[2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

Исследовательские реакторы позволяют реализовывать широкий класс проектов, включая осуществление радиобиологических экспериментов в различных диапазонах физических условий. Реактор ВВР-ц АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» давно представляет исследовательский и практический интерес для изучения эффектов действия нейтронного излучения как самостоятельно, так и в качестве рассеянных пучков, содержащих нейтрон-захватные, быстрые нейтронные и гамма-компоненты.

Целью работы являлась моделирование бор-захватных процессов на рассеянном пучке нейтронов горизонтального канала реактора ВВР-ц.

Расчёты проводились методом Монте-Карло. По результатам расчёта была предложена система, состоящая из: графитового куба, расположенного боковой гранью к падающему пучку нейтронов и центрально относительно оси ГЭК-1; свинцовой ловушки гамма-квантов, имеющую размеры 30x30x30 см и расположенной на оси ГЭК-1; водного фантома с пробирками. Расстояние от графитового куба до фантома с водой равно 2 см. Отводной канал, сформированный двумя пластинами по вертикали, толщиной 15 см, имеет поперечный размер 13 см. По высоте канал ограничен горизонтальными пластинами такой же толщины и имеет размер 21 см. Отводной канал повернут относительно оси пучка на 45°. Все свободное пространство в канале и за его пределами заполнено воздухом.

Расчёты значений поглощённых доз проводили в зоне размещения объектов (пробирки с химическим дозиметром, клетки млекопитающих) (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные значения поглощенных доз разных компонентов излучения рассеянного пучка ГЭК-1 для каждой позиции облучения пробирок

Компоненты дозы	Расчетная доза, Гр		
	№ 1	№ 2	№ 3
гамма-излучение	3,0	2,5	1,5
быстрые нейтроны	4,7	3,1	2,8
быстрые нейтроны + гамма	7,7	5,6	4,3
захват тепловых нейтронов на боре-10 (60 мкг(^{10}B)/мл)	1,5	1,7	1,5

Согласно проведенному расчету, в зависимости от места расположения пробирки подвергаются смешанному облучению с различным вкладом его компонентов (гамма, быстрые и тепловые нейтроны). Следовательно, нужно точно и на определённом расстоянии располагать исследуемый объект для достижения нужной дозы. Вклад каждой из компонент можно изменять по средствам перемещения образцов вдоль водного фантома.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ КРАСНОГО РЕПЧАТОГО ЛУКА С ЦЕЛЬЮ ИНГИБИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОРАСТАНИЯ И ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ

Т.В. Чиж, Н.Н. Лой, И.В. Полякова
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Радиационные технологии применяют для облучения овощей в целях ингибирования их прорастания в течение срока после уборки урожая до коммерческой реализации [1].

В качестве объекта исследования использовались луковицы красного репчатого лука. Обработка луковиц γ-излучением в дозах 50, 100, 150 и 250 Гр проводилась на установке радиационного облучения ГУР-120 (ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск) спустя пять месяцев после сбора урожая. Контролем служили необлученные луковицы. Повторность в опытах 3-х кратная. Облученный и необлученный лук хранился в течение 4-х месяцев в условиях двух температурных режимов: при режиме 1 – хранение в холодильной камере при температуре 0… -1°С и относительной влажности воздуха 85-95% и при режиме 2 – в темном помещении с температурой +18…+22 °С и относительной влажности воздуха 70-75%.

Анализ качества, облученного и необлученного красного репчатого лука, проводили на соответствие требованиям [2]. Оценивались такие показатели как внешний вид луковиц (форма, окраска, целостность рубашки, наличие ростков), твердость и плотность, запах и вкус. Определение содержания нитратов проводилось в соответствии с [3].

Величина поглощенной дозы ионизирующего излучения, необходимая для предотвращения прорастания луковичных, зависит от времени, прошедшего с момента уборки урожая до облучения. Поглощенные дозы от 20 до 90 Гр эффективны, если облучение проводят в течение 2-4 недель после сбора урожая пока луковицы находятся в состоянии покоя. Если облучение проводится в более поздние сроки, как правило, требуются дозы

выше 90 Гр [4]. Эти данные полностью подтверждаются результатами проведенного исследования.

На основании результатов оценки показателей качества красного репчатого лука установлено, что независимо от режима хранения обработка ионизирующим излучением в дозе 50 Гр не вызвала необходимого результата, тогда как эффективной и достаточной для полного ингибирования процессов прорастания и продления сроков хранения оказалась доза ионизирующего излучения 100 Гр. Содержание нитратов в луке как в вариантах с облучением, так и в вариантах без облучения не превышало действующего норматива 80 мг/кг. В целом можно сделать вывод о том, что ввиду сжатых сроков проведения эксперимента режим хранения практически не оказал влияния на сохранность красного репчатого лука, и она в большей мере определялась используемой при обработке дозой ионизирующего излучения. Срок хранения, облученного красного репчатого лука, был продлен на 3 месяца по сравнению с необлученным.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-316-90012.

Литература

1 Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Под общей ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. – 400 с.

2 Межгосударственный стандарт. Лук репчатый свежий Технические условия. ГОСТ 34306-2017. Дата введения 2018-07-01. - М.: СтандартИнформ. 2018. – 21 с.

3 Министерство здравоохранения СССР. Госагропром СССР. Методические указания по определению нитратов и нитритов в продукции растениеводства. МУ 5048-89. Дата введения 1990-01-01

4 Irradiation of bulbs and tuber crops – A compilation of technical data for its authorization and control. IAEA-TECDOC-937 // International Atomic Energy Agency. – Vienna (Austria). – 1997. – P.12.

ОЦЕНКА РАДИОЗАЩИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ИНГИБИТОРА NO-СИНТАЗ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЛУЧЕВЫХ РЕКТИТОВ ПРИ РАДИОТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Т.А. Чудновец[1], Д.В. Ирхина[1], В.А. Рыбачук[1,2], К.А. Николаев[1], О.В. Солдатова[1,2], А.А. Шитова[1,2], В.М. Макарчук[2], Л.И. Шевченко[2], М.В. Филимонова[1,2]
[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского национального университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
[2] – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, г. Обнинск, Россия

Проблемы лечения и профилактики осложнений радиационных терапевтических и диагностических воздействий сохраняют свою высокую актуальность для всех стран мира. Так, по данным МНИОИ им. П.А. Герцена, в Российской Федерации на учёте с онкологическими заболеваниями состоит около 3 млн больных, каждый второй из них получает курс радикальной или комбинированной радиотерапии. Лучевое повреждение прямой кишки представляет собой опасное осложнение лучевой терапии при урологических, гинекологических и желудочно-кишечных злокачественных новообразованиях (простата, мочевой пузырь, шейка матки, матка и анус). Хронический лучевой ректит - относительно частый поздний (через 3-6 месяцев) побочный эффект, поражающий 5-20 % онкологических больных.

Проблема защиты нормальных тканей при лучевой терапии является один из направлений работ лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. Цыба. В настоящее время в лаборатории разработано новое уникальное соединение под кодовым названием ДТ1, по предварительным данным гипоксический механизм противолучевого действия ингибиторов NOS позволяет соединению ДТ1 в значительной мере селективно защищать нормальные ткани при лучевой терапии.

Цель исследования – отработка модели лучевого ректита для дальнейшего изучение способности ингибиторов NOS к профилактике лучевого ректита.

В ходе работы была произведена отработка модели лучевого ректита. Исследование выполнялось на самцах крыс Wistar (N=3) в возрасте 3–3,5 месяцев с массой тела 300–350 г на начало эксперимента. Крысы получали воздействие β-излучения на медицинском мобильном линейном ускорителе электронов NOVAC, направленное на область малого таза. Поле облучения составляло 3 × 4см, доза облучения 18 Гр с энергией электронов 10 МэВ, мощность дозы облучения 121,49 Гр/мин. Морфологические исследования животных экспериментальных групп были проведены через 7 недель после начала опыта. Крыс выводили из эксперимента путем внутрибрюшинного введения 5% раствора тиопентала натрия (0,7–1,0 мл на особь). После макроскопического описания у всех животных выделяли прямую кишку для окрашивания толуидиновым синим. Степень лучевого повреждения определяли согласно классификации Радиотерапевтической онкологической группы и Европейской организации по исследованию и лечению рака RTOG/EORTC. У облученных животных наблюдалось поражение прямой кишки, соответствующее 2 степени по шкале RTOG.

На основании анализа результатов пилотного эксперимента начаты детальные исследования применения ДТ1 в качестве средства профилактики лучевого ректита при лучевой терапии органов малого таза.

Таким образом, результатом исследований может стать разработка прототипа нового отечественного средства профилактики осложнений лучевой терапии органов малого таза.

ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ ФОКУСОВ ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ ГИСТОНА H2AX ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЩНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИБРОБЛАСТЫ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

Р.О. Шаталова[1], В.А. Ревкова[2], Д.С. Ситников[3], И.В. Ильина[3], Л.Н. Комарова[1]

[1] – Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия

[2] – Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА России, г. Москва, Россия

[3] – Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, г. Москва, Россия

В последние годы стремительно растет область применения источников терагерцового (ТГц) излучения. Однако разнонаправленные данные по влиянию ТГц излучения ставят под вопрос безопасность его применения. Данное исследование посвящено изучению влияния импульсов мощного ТГц излучения на формирование фокусов фосфорилирования гистона H2AX (γH2AX) в фибробластах кожи человека

Клетки высаживали за сутки до облучения в чашки Петри (ibidi) с полимерным дном и силиконовыми вставками в концентрации $1x10^6$ клеток/см^2. Количество очагов γH2AX оценивали в ядрах клеток в облученных группах и параллельном контроле. Клетки подвергали ТГц излучению высокой мощности (интенсивность ~ 30 ГВт/см^2, напряженность электрического поля ~3.5 МВ/см [1]) в течение 30, 90 и 180 мин с фиксацией клеток спустя 24 часа после облучения.

Оценку генотоксичности ТГц излучения проводили по результатам иммуноцитохимического окрашивания специфическими антителами к γH2AX гистону.

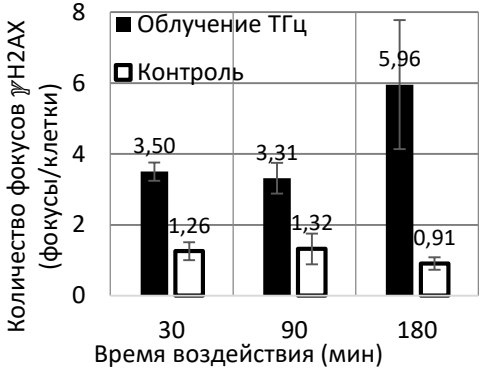


Рис. 1. Присутствие остаточных фокусов γ H2AX в фибробластах кожи человека через сутки после облучения в течение заданного времени.

Представленные результаты (рис. 1) демонстрируют существенное увеличение количества фокусов γH2AX — в 6 раз по сравнению с группой параллельного контроля и почти в 2 раза по сравнению с результатами при облучении t = 30 мин и t = 90 мин. Однако, даже при продолжительном воздействии ТГц излучения (t = 180 мин) изменений морфологии клеток или признаков их апоптоза не наблюдалось.

Следовательно, полученные данные свидетельствую о том, что такое воздействие приводит к незначительным, вероятно эпигенетическим изменениям в клетке, вследствие фосфорилирования гистона H2AX. Формирование фокусов γH2AX имеет время-зависимый эффект.

Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Влияние мощных импульсов терагерцового излучения на биологическую активность клеток с целью определения безопасного диапазона параметров воздействия» № 19-02-00762\19.

Литература

1 Il’ina I.V., Sitnikov D.S., Agranat M.B. State-of-the-art of studies of the effect of terahertz radiation on living biological systems // High Temperature. – 2018. – V.56. – No.5. – P.789.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗОФОРМ ПИРУВАТКИНАЗЫ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ У КРЫС ЛИНИИ WISTAR

А.С. Шафорост, А.А. Зятьков, Н.М. Голубых, А.С. Лавренова
Гомельский государственный медицинский университет,
г. Гомель, Беларусь

Поиск механизмов управления процессами регенерации является перспективной задачей, решение которой позволит получить мощный инструмент для лечения заболеваний, сопровождающихся органическими поражениями тканей. С учетом вышеперечисленных фактов, особый интерес в аспекте изучения процессов регенерации печени при токсических поражениях представляет определение изоформ фермента пируваткиназы на различных стадиях процесса восстановления.

Целью настоящей работы является изучение влияния токсического поражения печени на содержание изоформ пируваткиназы в модельном эксперименте.

Объектом исследования являлись 10-недельные лабораторные крысы-самки линии Wistar стадного разведения. Хроническое токсическое повреждение печени индуцировали путем внутрибрюшинного введения 50% раствора тетрахлорметана (CCl_4) в оливковом масле (La Espanola, Испания) в количестве 1 мкл/г веса животного [1]. Иньекции выполняли 2 раза в неделю на протяжении 10 недель. Определение концентрации изоформ пируваткиназы R/L и M2 проводили методом иммуноферментного анализа с использованием наборов Elabscience (каталожный номер E-EL-R0837 и E-EL-R0838) и микропланшетного фотометра Sunrise Tecan (Австрия).

Результаты и обсуждение. Анализ значений концентрации пируваткиназы R/L показывает, что при хроническом токсическом воздействии CCl_4 в течении 10 недель наблюдается увеличение исследуемого параметра в экспериментальной группе на 29,5% по сравнению с контролем (22,38±4,84 нг/мл). Таким образом, можно отметить, что тетрахлорметан при длительном действии оказывает незначительное влияние на

интенсивность протекания финальной реакции гликолиза, катализируемой пируваткиназой R/L. Более значительные отличия между сравниваемыми группами, наблюдаются в случае изоформы пируваткиназы M2: хроническое введение тетрахлорметана приводит к увеличению активности фермента на 62,9% ($p < 0,01$) по отношению к интактному контролю того же возраста (42,78±11,00 UI/мл). Указанный факт может свидетельствовать о стимуляции деления гепатоцитов в ответ на хроническое токсическое воздействие.

Анализ данных о концентрации изоформ R/L и M2 пируваткиназы в сыворотке крови и биоптатах печени показывает, что концентрация пируваткиназы R/L в печени в 32,2-32,8 раза выше, а для пируваткиназы M2 – в 25,3-27,4 раза выше, чем в сыворотке крови, что согласуется с имеющимися литературными данными [2]. Сравнение значений полученного показателя не выявило различий между интактным контролем и животными, которые подвергались хроническому токсическому воздействию тетрахлорметана.

Вывод. Анализ данных о содержании изоформ пируваткиназы в сыворотке крови и ткани печени показал высокую степень их соответствия. Длительное (10 недель) введение 50% раствора CCl_4 приводит к увеличению на 62,9% концентрации пируваткиназы M2 в сыворотке крови крыс линии Wistar, что может быть вызвано усилением процессов регенерации печени.

Поражения печени, которые образуются при хроническом введении 50% раствора ТХМ, сохраняются и через 2 месяца после отмены токсического воздействия. Концентрация пируваткиназы M2 может быть важным параметром для оценки регенеративного потенциала печени.

Литература

1 Скуратов Г. Тетрахлорметановая модель гепатита и цирроза печени у крыс / Г. Скуратов // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2012. – № 9. – С. 37-40.

2 Noguchi T. [et al.] Expression of liver type pyruvate kinase in insulinoma cells: involvement of LF-B1 (HNF1) // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1991. – V. 181. – № 1. – P. 259-264.

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ МИКОТОКСИНОВ В ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУРАХ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМОЙ

В.И. Шишко, М.Г. Помясова, Д.И. Петрухина, О.В. Тхорик
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Микотоксины– это вторичные метаболиты микроскопических грибов, развивающихся во многих пищевых продуктах. Они проявляют свойства острой, подострой или хронической токсичности у животных и человека, способны вызывать мутации и нарушения развития эмбрионов. Микотоксины влияют на семена, снижая их качество и жизненные показатели. Поэтому микотоксины являются серьезной мировой проблемой для здравоохранения, сельского хозяйства и экономики [1].

Одним из способов деконтаминации микотоксинов в злаковых культурах является плазменная обработка [2].

Цель исследования – анализ возможности снижения содержания микотоксинов в зерновых после обработки нетермальной плазмой.

Нами показано, что обработка нетермальной аргоновой СВЧ-плазмой позволяет снизить зараженность семян ячменя грибами родов Aspergillus (максимально до 2 раз при 1 мин обработки) и Penicillium, являющихся продуцентами микотоксинов, при этом не оказывает стимулирующего либо угнетающего воздействия на ростовые показатели семян [3]. Источник нетермальной плазмы разработан в ФГБНУ ВНИИРАЭ (г. Обнинск).

По данным литературы воздействием нетермальной плазмы можно добиться разрушения распространенных микотоксинов. Например, Shi et al. [4] использовали нетермальную плазму для обработки зерна кукурузы, которое было искусственно заражено афлатоксинами. Максимальное снижение в 90% было достигнуто при относительной влажности 80% и обработке в течение 30 минут. Авторы также обнаружили, что перемешивание зерна во время плазменной обработки повышает эффективность деконтаминации.

При обработке нетермальной плазмой искусственно зараженного риса Ten Bosc et al. [5] показали 100% разложение зеараленона и стеригматоцистина, а также 50% снижение уровней фумонизима B1 и энниатина B.

Таким образом, снижение уровня микотоксинов в зерновых культурах с помощью обработки нетермальной плазмой возможно, во-первых, за счет снижения зараженности зерновых культур плесневыми грибами, при этом ростовые процессы семян не нарушаются. Во-вторых, плазменная обработка может непосредственно разрушать микотоксины в загрязненных кормах и пищевых продуктах.

Литература

1. Bennett J.W., Kale S., Aflatoxins S.Yu. Background, Toxicology, and Molecular Biology // Foodborne Diseases. – 2007. – P. 355-373.

2. Bourke P., Ziuzina D., Han L., Cullen P.J., Gilmore B.F. Microbiological interactions with cold plasma // Journal of Applied Microbiology. - 2017. – V. 123. – P. 308-324.

3. Петрухина Д.И., Помясова М.Г., Карпенко Е.И. Исследование возможности применения нетермальной плазмы для фитосанитарной обработки семян ячменя // Техника И Оборудование Для Села. 2020. – № 9 (279).

4. Shi H., Ileleji K., Stroshine R.L., Keener K., Jensen J.L. Reduction of Aflatoxin in Corn by High Voltage Atmospheric Cold Plasma // Food and Bioprocess Technology. - 2017. – V.10(6). – P.1042–1052.

5. Bosc L.ten, Pfohl K., Avramidis G., Wieneke S., Viöl W., Karlovsky P. Plasma - Based Degradation of Mycotoxins Produced by Fusarium, Aspergillus and Alternaria Species // Toxins. – 2017. – V. 9. – P. 97.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Е.А. Юшкова, Л.А. Башлыкова
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Россия

Ядерная авария в Чернобыле привела к негативному воздействию хронического радиоактивного загрязнения на популяции организмов, связанного с трансгенерационной передачей генетических повреждений, накопление которых приводит к образованию мутаций, морфологических аномалий и смертности у потомков [1-3]. Механизмы, лежащие в основе проявления трансгенерационных событий у потомков облученных родителей, плохо изучены.

Цель исследования заключалась в оценке трансгенерационных эффектов хронического радиоактивного воздействия у потомков природных популяций *Drosophila melanogaster*, чьи родители долгое время обитали на территориях Чернобыльской АЭС (ЧАЭС).

В работе изучали изосамочные линии (25 линий на популяцию, на одну географическую точку), каждая из которых получена от одной изосамки из каждой природной популяции дрозофилы. Материал был отобран в 2007 году на территориях с разным уровнем радиационного фона – Чернобыль, Изумрудное и Янов. Анализировали частоты летальных мутаций доминантные (ДЛМ) и рецессивные сцепленные с полом (РСПЛМ) мутации и уровень выживаемости у потомков F_1, F_{16}, F_{160}, F_{180}.

Результаты исследования показали устойчивую трансгенерационную передачу ДЛМ у потомков всех популяций. Частоты ДЛМ строго коррелировали с уровнем выживаемости особей. Средние частоты РСПЛМ в «чернобыльских» популяциях соответствовали уровню спонтанных точковых мутаций. Согласно расчетам логистической регрессии изменение уровней мутационного процесса и выживаемости находятся под

влиянием не только родительского облучения, но и других факторов (расстояния до ЧАЭС, времени после первоначального радиоактивного воздействия, места отбора, происхождения популяции, транспозиционной активности мобильных генетических элементов).

В целом, полученные данные свидетельствуют о последствиях хронического радиоактивного загрязнения для природных популяций дрозофилы и отражают трансгенерационную передачу и накопление, через генетические механизмы, мутаций потомками, чьи родители обитали в течение многих поколений в условиях техногенно-обусловленного радиационного фона. Важно, что реакция особей из исследуемых популяций зависит от взаимодействия различных факторов внешней и внутренней среды.

Работа выполнена по теме НИР «Механизмы биогенной миграции радионуклидов и закономерности возникновения отдаленных последствий индуцированных у растений и животных в условиях хронического радиационного и химического воздействия» (№ 0414-2018-0002, 0412-2018-0026).

Литература

1. Møller A.P., Bonisoli-Alquati A., Mousseau T.A. High frequency of albinism and tumours in free-living birds around Chernobyl // Mutation Research. – 2013. – V. 757. – P. 52-59.

2. Bonisoli-Alquati A., Ostermiller S., Beasley De A.E., Welch S.M., Møller A.P., Mousseau T.A. Faster development covaries with higher DNA damage in grasshoppers (*Chorthippus albomarginatus*) from Chernobyl // Physiological and Biochemical Zoology. – 2018. – V. 91. – P. 776-787.

3. Hancock S., Vo N.T.K., Byun S.H., Zainullin V.G., Seymour C.B., Mothersill C. Effects of historic radiation dose on the frequency of sex-linked recessive lethal in *Drosophila* populations following the Chernobyl nuclear accident // Environmental Research. – 2019. – V. 172. – P. 333-337.

СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТРЁХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА ЗОЛОТАРНИК ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРИЛЕГАЮЩИХ К МИКРОРАЙОНУ КУРОВСКОЙ ГОРОДА КАЛУГИ

Р.Р. Абраамян, Л.И. Антонова
МБОУДО ДЮЦКО «Галактика» г. Калуга, Россия

Среди инвазионных и достаточно агрессивных видов растений в «Чёрную книгу Калужской области» включены Золотарник гигантский и Золотарник канадский.

Цель работы: оценить распространение и аллелопатические свойства трех видов золотарника, произрастающих в окрестностях микрорайона Куровской г. Калуги. Краткая характеристика изучаемой территории и методики. Микрорайоне Куровской города Калуги располагается рядом с такими природными объектами как: Колышевский лес (1 км), Обуховский карьер (0,9 км), река Угра (1,5 км), заливные луга (0,8км). Вблизи располагаются техногенные объекты: образованные в результате деятельности шахт – терриконовые отложения (0,3 км) и ныне действующие заводы «ПСМА Рус» совместное предприятие автомобильных концернов «Пежо Ситроен» и «Митцубиси Моторс», завод газобетонных блоков "Калужский газобетон", "Куровской завод керамзитового гравия".

Экстрагирование физиологически активных веществ проводили по методике А.М. Гродзинского. Для этого измельчали отдельно корни и листья трёх видов золотарников (канадского, гигантского и обыкновенного) и настаивали в течение 24 часов при комнатной температуре в соотношениях навески и воды 1:10. В одноразовые тарелки с фильтровальной бумагой раскладывали по 10 семян редиски, горчицы и салата. Фильтровальную бумагу увлажняли одинаковым количеством экстрактов из корней и листьев. Контролем служили семена,

проращиваемые на увлажненной водой фильтровальной бумаге. Определяли энергию прорастания, всхожесть и силу роста семян растений, являющихся тест объектами.

На нарушенных территориях доля участия аборигенного вида Золотарника обыкновенного снижается, а доля золотарников канадского и гигантского возрастает.

Изучая аллелопатические свойства трех видов золотарника на энергию прорастания семян тест-объектов: заметили, что корневые вытяжки всех трёх видов золотарника в соотношении 1:10 оказывают небольшое аллелопатическое влияния на энергию прорастания семян редиса и горчицы и и сильно тормозят прорастание семян салата. Листовые вытяжки золотарников канадского и гигантского в некоторых вариантах оказывают наоборот стимулирующее действие на прорастание семян редиса и горчицы

Проверили влияние корневых и листовых вытяжек на всхожесть семян тест-объектов. Корневые и листовые вытяжки оказывают слабый аллелопатический (ингибирующий) эффект действие на рост и развитие проростков редиса и горчицы в почве. Это может быть связано с действием на семена гуминовых кислот, содержащихся в земле. Наиболее сильное отрицательное воздействие на всхожесть семян кресс-салата оказывают вытяжки золотарников канадского и гигантского.

Выводы: 1. На территориях, прилегающих к микрорайону Куровской преобладающим видом является золотарник канадский, который имеет компактные кусты. 2. Растворы корневых и листовых вытяжек всех трех видов золотарника оказывают незначительное (разница в 10-20%) аллелопатическое влияние на энергию прорастания семян при выращивании их в чашках Петри. 3. Листовые вытяжки оказывают стимулирующий эффект на 1-3 сутки на энергию прорастания и всхожесть семян семейства Крестоцветных.

Литература

1 Гродзинский, А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ // А.М. Гродзинский - Киев: Наукова думка. – 1965. – С. 189-198.

2 Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Крылов А.В.Черная книга Калужской области. Сосудистые растения. – Калуга, ООО «Ваш Домъ». - 2019. – 342 с.

РЕЙНУТРИЯ БОГЕМСКАЯ, РЯБИННИК РЯБИНОЛИСТНЫЙ И ЗОЛОТАРНИК КАНАДСКИЙ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЭКОСИСТЕМ БОРОВСКОГО РАЙОНА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Д. Андрейчук, И.Г. Харитонова
МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа», Экологический клуб «Росток», г.Боровск, Россия

Фитоинвазии – часть глобального процесса биологического загрязнения планеты. Несмотря на то, что чужеродные виды влияют на состояние экосистем практически всех регионов Земли и часто приводят к необратимым экологическим катастрофам, фитоинвазии являются малоизученным явлением. В последние годы зарегистрировано активное внедрение в экосистемы Боровского района *Reynoutria x bohemika, Sorbaria sorbifolia* и *Solidágo canadénsis*. Неконтролируемый рост этих фитоинвазий может привести к потере биоразнообразия. Поэтому проблема локализации или ликвидации очагов фитоинвазий для региона является крайне актуальной.

Работа является результатом 5-ти летних исследований, целью которых было изучение эколого-биологических последствий вторжения рейнутрии, рябинника и золотарника для местных экосистем. В исследованиях использовался комплексный подход, включающий полевые наблюдения и лабораторные эксперименты с растительными объектами, в основе которых лежит метод биотестов в различных вариациях [1].

Научная новизна исследований состоит в том, что впервые изучены биологические особенности *R. bohemika, S. sorbifolia* и *S. canadénsis*, обеспечивающие их высокую конкурентоспособность и проведена оценка степени деградации почв в местах фитоинвазий этих видов.

Результаты свидетельствуют о том, изучаемые растения являются биологическими загрязнителями. Последствия их внедрения носят негативный характер для местной флоры. За период наблюдений отмечено быстрое и агрессивное распространение рябинника и золотарника. Популяция рейнутрии осталась в своих первоначальных границах. В подкроновом пространстве инвайдеров нарушена структура местных фитоценозов, изменена численность видов и состояние травянистой растительности.

Установлено, что успешное внедрение чужеродных видов вызвано не только их высокой конкурентоспособностью, но и косвенным влиянием на местную флору путем изменения условий их произрастания [2]. На территории фитоинвазий всех трех видов зарегистрирована биологическая деградация почв. Установлено существенное снижение почвенной биоты (в 3,2; 16,4 и 90,0 раз в ризосфере рейнутрии, рябинника и золотарника, соответственно), свидетельствующее о потере гумуса и снижении плодородия почв, а также выявлен высокий уровень фитотоксичности. При этом токсикоз почв определялся не только аллелохимикалиями, но и токсинами микробиологического происхождения. Зарегистрированный нами высокий уровень микробного токсикоза почв свидетельствует о том, что в местах фитоинвазий произошло изменение структуры микробной биомассы в сторону патогенной микрофлоры.

По результатам биотестирования на фитотоксичность экологическое состояние почв в подкроновом пространстве инвазионных видов соответствует зоне экологического бедствия у рейнутрии богемской и зоне экологической катастрофы у рябинника рябинолистного и золотарника канадского.

Литература

1 Красильников Н.А. Методы изучения почвенных микроорганизмов – М.: Издательство МГУ, 1966. – 216 с.

2 Андрейчук С.Д., Харитонова И.Г. Экологическая оценка состояния почв фитогенных полей рейнутрии богемской, рябинника рябинолистного и золотарника канадского в условиях Боровского района Калужской области / Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – С.343-344.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ВЫТЯЖЕК С УЧАСТКОВ ПРОИЗРАСТАНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ КРЕСС-САЛАТА

В.М. Боброва, И.В. Леках
ЧОУ «Обнинская свободная школа» г. Обнинск, Россия

Борщевик Сосновского, являясь адвентивным видом, не только вытесняет местные растения и захватывает все большие площади, в том числе и сельхозугодий, но также оказывает отрицательное аллелопатическое воздействие на другие растения. [1]. В ряде работ показано, что воздействие водных вытяжек из различных органов борщевика замедляет прорастание семян и развитие вегетативных органов у ряда культурных растений [2]. В то же время воздействие почвы, содержащей токсичные вещества борщевика изучено недостаточно.

Нами были взяты образцы почвы у Киевского шоссе на участках с борщевиком и без него, а также пробы почвы из леса в районе Белоусова с участков аналогично с наличием растений борщевика и без них, так как было интересно исследовать совместное влияние автотранспортного загрязнения, снижающего всхожесть и показатели развития проростков, и веществ, выделяемых борщевиком.

Водные вытяжки почвы получали в разведениях 1:1, 1:2, 1:5. Семена кресс-салата по 10 штук в пробе проращивали методом рулонов, добавляя соответствующие вытяжки почвы. В качестве контроля использовали отстоявшуюся водопроводную воду. Наблюдения вели ежедневно, фотографировали семена и проростки. Определяли всхожесть, энергию прорастания, длину корешков, побегов и количество листьев на 7 день опыта. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние почвенных вытяжек с участков произрастания Борщевика Сосновского на развитие вегетативных органов кресс-салата (см)

проба	разведение (%)								
	1:1			1:2			1:5		
	к	с	л	к	с	л	к	с	л
контроль	6,0	5,0	5	6,0	6,0	5	6,0	6,2	5
шоссе	5,0	6,2	6	6,7	7,1	6	5,1	6,7	5
шоссе+борщевик	8,1	6,7	5	7,0	6,3	5	4,3	5,8	6
лес	7,0	6, 5	4	6,1	5,4	4	5,6	6,1	4
лес+борщевик	6,7	7,0	6	7,1	8,1	6	6,2	7,1	4

Выводы:

1. Всхожесть семян под влиянием вытяжек снижается на 10-50% по сравнению с контрольной пробой;
2. Наиболее значительно влияют на всхожесть и энергию прорастания пробы «лес+борщевик» во всех концентрациях;
3. По длине корня самые большие результаты показала проба «шоссе+борщевик» 1:1, по длине стебля – «шоссе+борщевик» 1:2;

4. Концентрация 1:1 стимулирует и увеличивает показатели вегетативных органов, 1:2 тоже, а проба 1:5 иногда снижает эти показатели, или же они равны контролю.

Литература

1 Кондратьев М.Н., Бударин С.Н., Ларикова Ю.С. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (Heracleum sosnowskyi Manden) в неиспользуемые агроэкосистемы.// Известия ТСХА. –2015. – Вып. 2. – С. 26-40.

2 Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В. Аллелопатическое влияние борщевика Сосновского (Heracleum sosnowskyi manden) на культурные растения // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-26. – С. 5845-5849.

ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА НА ТЕРРИТОРИИ БОРОВСКОГО РАЙОНА

И.А. Домнин, И.Г. Харитонова
МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа», г. Боровск, Россия

Первичные сукцессии– удобная модель для выяснения закономерностей этапов формирования наземных экосистем. В Боровском районе в результате разработки месторождений песка и гравия образовалось много карьеров, которые заселяются, в первую очередь растениями. Это способствует восстановлению почвы и нейтрализует вредные последствия [1].

Цель работы: изучить динамику смены растительного покрова песчаного карьера с 2012 по 2019 гг.

Задачи работы:

→ Произвести геоботаническое описание дна карьера.

→ Сравнить видовой состав растений 2019 и 2012 года.

→ Сравнить доминирующие виды и семейства растений.

→ Выделить инвазионные виды, жизненные формы, экологические, а также систематические группы растений.

→ Предложить группы растений, которые можно использовать для более быстрой рекультивации песчаных карьеров.

Работа выполнена летом 2019г. Нами изучен видовой состав карьера около деревни Совьяки. 30 лет назад в нем велась разработка песка открытым способом. Площадь карьера составляет около 660 тысяч кв.м. Глубина около 3 метров. Склоны низкие, преобладает широкое дно.

Геоботаническое описание дна произведено методом транссект [1]. Анализировали сходство систематических групп, жизненных форм и экологических групп растений карьера в 2019 и 2012 гг.

По формуле Жаккара производили сравнение видового состава растений карьера в 2012 и 2019 гг.

За 7 лет исследований видовое разнообразие растений карьера выросло с 25 до 38. Увеличилась доля травянистых растений с 80 до 86% (при этом видовой состав и возраст деревьев сильно отличались), выросла доля многолетних с 72 до 84 %, повысилось количество мезофитов до 61% и появились гидрофиты. Систематический анализ показал доминирование астровых (44% в 2012 и 35% в 2019 г), увеличение доли мотыльковых (с 4% до 18%) и мятликовых (с 8 до 14%). Количество инвазионных видов уменьшилось с 14 до 5%. Коэффициент Жаккара составил 31%. Очевидно, по нему можно судить о том, насколько быстро идет сукцессионный процесс. Таким образом, зарастание карьера идет по развитию сукцессии первичного типа.

В течение 7 лет исследований повысилась экотопическая гетерогенность территории карьера, что привело к увеличению видового разнообразия за счет заселения большим числом видов с разными экологическими требованиями. На дне оврага нами выделены участки с преобладанием древесной растительности, участок с повышенной влажностью, где доминировал рогоз широколистный, несколько участков со сплошным покрытием Вейника тростникового, участки с преобладанием Мать-и-мачехи обыкновенной, а также небольшие участки с доминированием Галинзоги четырехлучевой и Мелколепестника канадского. Общая площадь проективного покрытия дна оврага

растениями составила 60%. Естественно, что зарастание нарушенных мест обитаний по типу первичной сукцессии идет, в первую очередь, за счет аборигенных видов растений. В наших исследованиях такими пионерными аборигенными видами являются, древовидные - Ива серебристая и Береза поникшая.

Заключение. Неграмотно организованные работы после выработки недр становятся причиной образования оврагов, нарушения почв, загрязнения воздуха; при транспортировке добытого материала страдают дороги. Мы считаем, что использование пионерных аборигенных видов растений для рекультивации карьеров ускорит процесс их зарастания и не требует больших затрат. Флора исследованных карьеров в Калужской области своеобразна, и ее динамика нуждается в дальнейшем изучении.

Литература

1 Решетникова Н.М. Значение карьеров Калужской области для сохранения и адвентизации флоры региона//Ботанический журнал. – 2016. – Т.101. – №5.

ФИТОЦЕНОЗЫ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА БОЛОТНЫЙ МАССИВ НА ПРАВОМ БЕРЕГУ РЕКИ ПРОТВА К ЮГУ ОТ БОРОВСКА

Д.В. Исаев, И.Г. Харитонова
МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа», г. Боровск, Россия

На территории Калужской области расположены 4 болотных экосистемы с уникальным составом флоры. Самый крупный из них расположен на южной окраине города Боровска, т. н. «фабричные болота» – здесь обнаружено 14 видов краснокнижных растений [1]. Этой территории присвоен статус ООПТ в 2019 году. В связи с высокой экологической ценностью данной территории актуально исследовать значение новых экологических ниш и растительных сообществ для сохранения

редких растений и изучения адвентивной флоры Боровского района.

Цель работы: изучить состав фитоценозов природного комплекса болот

Задачи работы:

1. Выделить биотопы на территории комплекса;
2. Описать видовой состав сосудистых растений биотопов;
3. Выделить краснокнижные и инвазионные виды комплекса.

Работа выполнена летом 2019-2020 года. На территории комплекса нами выделены: участки сфагновых верховых и переходных болот, озера и обводненные карьеры, прилегающие к ним сплавины, островки с древесной растительностью, увлажненные луга. Видовое разнообразие растений определяли методом транссект. Устанавливали таксономическую принадлежность растений [2]. Выделяли доминантные, редкие и инвазионные виды.

Непосредственно на центральном участке сфагнового болота нами описано 33 вида сосудистых растений. Доминируют рогоз широколистный и клюква болотная. В древесном ярусе присутствуют сосна обыкновенная, береза пушистая (болотные формы), а также два вида ив. 8 растений находятся в Красной книге Калужской области. Один инвазионный вид - Арония Мичурина.

На участке верхового сфагнового болота в южной части нами описано 20 видов сосудистых растений. Доминировали клюква болотная и осока волосистоплодная. По краям «болотных окон» обнаружена Пузырчатка южная. Пять видов занесены в Красную книгу Калужской области.

Непосредственно вблизи водоемов описано 19 видов растений. Доминировали осоки и мятлик болотный. Наблюдались участки со сплошным покрытием рогозом широколистным.

На территории луга южной окраины описано 36 видов растений. Доминировали вейники, Клевер средний, Лютик ползучий, осоки, ситники и Щучка дернистая. Среди них обнаружено два краснокнижных вида и два инвазионных вида.

На лугу западной окраины болотного комплекса описано 37 видов растений. Доминировали на данном лугу вейник тростниковый и тимофеевка луговая. Наблюдалась древесно-кустарниковая растительность, сорные виды, один краснокнижный вид и 4 вида орхидных. Данный участок подвержен значительному антропогенному воздействию.

Заключение. Болотный комплекс г. Боровска – уникальная экосистема. Оно играет огромную эстетическую и рекреационную роль. Поэтому сохранение ее в условиях урбанизированной территории города – важнейшая задача. Северная и восточная части болота не описаны и не исследованы. Их доступность снижена расположенными там огромными озерами. Поэтому работу по описанию видового разнообразия комплекса необходимо продолжать.

Литература

1 Телеганова В.В. и др. Динамика флоры болот Калужской области / Вопросы археологии, истории, культурразрушение ы и природы Верхнего Поочья: Материалы XIV Всерос. науч. конф. Калуга, 2013. – С.38-49

2 Калужская Флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области/ Н.М. Решетникова и др. — М: Т-во научных изданий КМК. – 2010. – 548 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ «БАЙКАЛ-ЭМ1» И ЭКСТРАКТА ЛИСТЬЕВ РЕЙНУТРИИ ЯПОНСКОЙ НА КУЛЬТУРУ КРЕСС-САЛАТА

Е.С. Ковалева[1], Л.В. Федорова[2], А.В. Гулина[1]
[1] – ГБОУ г. Москвы «Школа № 507», г. Москва, Россия
[2] – ФГАОУ ВО ПМГМУ им. И.М.Сеченова «Сеченовский университет», г. Москва, Россия

Общеизвестно отрицательное влияние на экологию интенсивного сельского хозяйства. При этом экстенсивное тоже не панацея, т.к. плодородные земли не безграничны, и под

сельскохозяйственные посадки вырубаются ценные леса. Свой негативный вклад вносит и использование минеральных и, в меньшей степени, органических удобрений. Перспективным и экологически безопасным является использование микробиологических удобрений (МБУ), которые не только увеличивают урожайность культур, но и восстанавливают почву, истощенную неправильным хозяйствованием и поврежденную экотоксикантами. Такое воздействие на почву характерно именно для «эффективных микроорганизмов» и объектом исследования стало МБУ «Байкал-ЭМ1». Проведено изучение влияния способа внесения удобрения на культуру быстрорастущего растения кресс-салата (Lepidium sativum L. (сем. капустные – Brassicaceae) (коммерчески доступный сорт Курлед, семена «СеДеК», партия 7977). Установлено, что такой способ внесения МБУ «Байкал-ЭМ1», как в почву за неделю до посадки, полив, опрыскивание, комбинирование данных способов не влияет на скорость прорастания и последующего развития кресс-салата, а предварительное замачивание семян оказывает положительный эффект, семена прорастают на сутки раньше (что для кресс-салата означает «в 2 раза быстрее»). Рейнутрия японская (Reynoutria japonica (Houtt.), сем. гречишные – Polygonaceae) является инвазивным видом, с большой сырьевой фитомассой, которая подлежит уничтожению. Известен способ предпосевной обработки семян экстрактом листьев рейнутрии японской [1], но не для всех видов семян этот способ подходит, и мы изучили вариант внесения экстракта в почву перед посевом семян. Для получения экстракта в лабораторных условиях использовались листья рейнутрии японской, заготовленные в Ботаническом саду ПМГМУ им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет) в 2020 г. (в сентябре, во время цветения) и высушенные воздушно-теневым способом. Был приготовлен водный раствор деалкоголизированного экстракта листьев рейнутрии японской (измельченность 1 мм, 1:20, 70% этанола, экстракция на кипящей водяной бане с обратным холодильником 30 минут, деалкоголизация на кипящей водяной бане до сухого остатка, растворение сухого остатка в воде). Вносили по 10 мл водного раствора в горшочки с почвой перед посевом семян.

Контроль - без внесения экстракта. Часть горшочков также обрабатывалась МБУ «Байкал-ЭМ1», как было указано ранее. Всходы семян появились во всех горшочках через 48 часов после посадки. Отличий контрольных и испытуемых образцов не было. Через 3 суток от момента посадки длина гипокотиля была 7 мм, было 2 листа. Далее растения в контрольных и испытуемых горшочках росли и развивались равномерно и одинаково до 14 дня. Через 14 дней у растений в горшочках с внесенным экстрактом появилась 2 пара листочков (1 мм), а в контрольных горшочках на 3 дня позже. На 29 день опыта 2 пара листьев в горшочках с экстрактом достигла 7 мм, а в контрольных 2 мм. Изучение корневой системы растений показало, что в горшочках с экстрактом она чуть более разветвленная. Установлено положительное влияние внесения в почву экстракта листьев рейнутрии японской на рост и развитие культуры кресс-салата. Полученные данные помогут найти практическое применение инвазивному растению, занесенному в «Черную книгу».

Литература

1. Зорикова С.П. Рейнутрия японская (Reynoutria japonica Houtt.) в Приморском крае. Биология развития, флавоноидный состав, биологическая активность: монография / С.П. Зорикова, О.Г. Зорикова, А.Ю. Маняхин. - Германия: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2011. – 136 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБИТАНИЯ ЗИМУЮЩИХ ВИДОВ ПТИЦ НА ТЕРРИТОРИИ ГУРЬЯНОВСКОГО ЛЕСА Г. ОБНИНСКА

Е.С. Криворотова, М.М. Рассказова
МБОУ СОШ № 11, Экологический клуб «Экос»,
г. Обнинск, Россия

С увеличением темпа урбанизации городов, а также быстрыми темпами градостроительства и увеличением численности населения, во многих городах изменился видовой состав птиц городов, выделились новые доминантные виды. В городских

лесах и парках нужно следить за видовым разнообразием и количественным составом птиц, проводя орнитологические биомониторинги.

Целью исследования было выявление особенностей обитания зимующих видов птиц на территории Гурьяновского леса г. Обнинска.

Орнитологические учеты проводились в январе 2021 года, по методике Равкина и Челинцева [1]. На территории Гурьяновского леса было проведено 4 полевых выхода, протяжённостью 3,5 км. По времени каждый выход проходил около 2 часов. Фиксировались и определялись птицы через бинокль «Baigish - 40°C - 50°C»

В ходе полевых выходов на территории Гурьяновского леса было отмечено 12 видов птиц. Для каждого вида во время выходов учитывалось их количество, близость к кормушкам. После периода проведения полевых выходов, для каждого вида была рассчитана плотность населения. Доминирующим видом Гурьяновского леса является большая синица *Periparus major* – синантропный вид, имеющий широкую кормовую базу. Большая синица питается как на территории городских лесопарков, так и на территории самого города, что обеспечивает виду высокую выживаемость. Самую низкую численность населения городского лесопарка имеет ворон *Corvus corax*. Приблизительно одинаковую численность имеют птицы отряда воробьинообразные, такие виды как *Parus caeruleus*, *Sitta europaea*, *Regulus regulus*.

Такие виды как *Dendrocopos major*, *Certhia familiaris*, *Aythya nyroca* были отмечены только в глубине леса, а *Columba livia* и *Dendrocopos minor* были встречены только на опушках леса и рядом с кормушками. Остальные виды встречались как на кормушках, так и в глубине леса.

Полученные результаты сравнивались с результатами 1999 года. С конца 20 века численность воробьёв снизилась. На территории городского Гурьяновского леса такие синантропные виды как воробей домовый и воробей полевой не встречаются даже на кормушках. Причиной этому явлению считается то, что в городах активно вырубаются деревья, кустарники, скашивается

трава. Воробьям, как и многим другим птицам нужны высокие травы. Листья деревьев являются источником пищи для воробьёв, а в высокой траве птицы вьют свои гнёзда.

Литература

1 Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. «Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц». Москва, 1990.

МОНИТОРИНГ КРАСНОКНИЖНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ФАБРИЧНЫХ БОЛОТ ГОРОДА БОРОВСКА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.С. Матвеев, И.Г. Харитонова
МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа», г. Боровск, Россия

27 марта 2019 года природному комплексу «Болотный массив на правом берегу реки Протва к югу от Боровска» был присвоен статус ООПТ. Болотный комплекс находится на южной окраине города Боровска. Данный минеротрофный комплекс стал местом обитания множества редких видов. Ботаниками установлен тот факт, что новые для региона виды нередко находятся не в малоизученных, а в интересных во флористическом отношении местах – в «оазисах» флоры по А.Ф. Флерову. Это указывает на необходимость постоянного мониторинга состава флоры в таких местах. [1]

На исследованной нами территории болота в течении 13 лет исследований обнаружено 11 видов растений из Красной книги Калужской области: Росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*), Росянка английская (*Drosera anglicas*), Росянка обратнояйцевидная *(Drosera x obouata Mert et Koc*), Плаун топяной*(Lycopodium inindatum),*Пушица стройная *(Erioforum gracile),* Очеретник белый *(Rhynchospora alba),* Подбел обыкновенный *(Andromeda polifolia),* Вейник пурпурный *(Calamagrostis purpurea),* Пальчатокоренник балтийский *(Dactylorhiza baltica),* Гаммарбия болотная (*(Hammarbya paludosa*

L.), Хамедафна обыкновенная (*Chamaedaphna calycuata).* В 2020 году нами не обнаружена Гаммарбия болотная, единичные произрастания которой наблюдались в 2013, 2015 и 2017 гг.

Мониторинг показал, что почти все краснокнижные виды находятся в удовлетворительном состоянии. Площадь проективного покрытия снизилась только у плауна топяного с 50,47 кв.м в 2007 году до 38 кв. м в году 2019.

Болото «Фабричное», расположенное непосредственно на урбанизированной территории города, подвергается значительному антропогенному воздействию. Главный лимитирующий фактор – отчуждение (засыпание) территории болотного комплекса под строительство городских объектов. Для обеспечения дальнейшего существования редких растений необходимо сохранение всей уникальной территории [2].

Литература

1 Телеганова В.В. и др. Динамика флоры болот Калужской области / Вопросы археологии, истории, культурразрушение ы и природы Верхнего Поочья: Материалы XIV Всерос. науч. конф. Калуга, 2013. – С.38-49

2 Решетникова Н.М. Значение карьеров Калужской области для сохранения и адвентизации флоры региона//Ботанический журнал.2016 – Т.101. – №5.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ АДВЕНТИВНЫХ ВИДОВ СЛИЗНЕЙ В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Рулёва[1], В.В. Алексанов[2]
[1] – МБОУ «Лицей №36», г. Калуга, Россия
[2] – ГБУ КО «Дирекция парков», г. Калуга, Россия

Слизни – сборная группа наземных брюхоногих моллюсков без наружной раковины – нередко завозятся человеком вместе с овощами, посадочным материалом, натурализуются, внедряются в естественные биоценозы. Чужеродные виды слизней изучены в Московской и Тверской областях [1], Украине [2] и Белоруссии

[3], поэтому изучение их распространения в Калужской области представляет научный и прикладной интерес.

Для выполнения работы были систематизированы сборы авторов 2016-2020 гг., материалы областного эколого-биологического центра и ГБУ КО «Дирекция парков», всего 54 локалитета, где взяты пробы подстилки (лесные и околоводные местообитания) и 25 точек ручного сбора (на садово-огородных участках). Также были использованы открытые данные в информационной системе GBIF [4].

Самым распространенным чужеродным видом оказался кавказский слизень *Deroceras caucasicum* (Simroth, 1901) – он найден в 23 локалитетах г. Калуги, Малоярославецкого и Ферзиковского районов. Здесь он встречен на всех обследованных садово-огородных участках, наблюдался во дворах, околоводных местообитаниях, по краю лесов. В садах Калуги и Ферзиковского района он был самым массовым видом слизней. Сопоставление с данными по другим регионам дает основание предположить, что этот вид вселился в регион около 2004 г.

Сетчатый слизень *Deroceras reticulatum* (O.F.Müller, 1774) обнаружен в 11 локалитетах г. Калуги, Малоярославецкого и Ферзиковского районов, где также населяет садово-огородные участки, дворы, околоводные местообитания. Среднюю полосу России этот вид заселил, видимо, с распространением сельского хозяйства [1]. Во всех изученных садах он был намного малочисленнее, чем кавказский слизень.

Черноголовый слизень *Krynickillus melanocephalus* (Kaleniczenko, 1851) обнаружен в 5 локалитетах. В 2017 г. он найден на приусадебных участках г. Малоярославец, а в 2020 г. впервые обнаружен на приусадебном участке в Калуге, парке в г. Малоярославец и околоводном местообитании Малоярославецкого района. Видимо, этот вид был занесен позже других полевых слизней и сейчас активно расселяется. В Московской области он также появился позже, чем кавказский слизень [1].

Большой слизень *Limax maximus* (Linnaeus, 1758) обнаружен в 16 локалитетах только в г. Калуге, Кирове и Кондрово. Здесь он

встречен не только вблизи зданий, но и в лесных местообитаниях, далеко отстоящих от застройки, везде немногочислен.

Полосатый слизень *Arion fasciatus* (Nilsson, 1823) известен как минимум из 19 локалитетов г. Калуги, Людиновского, Сухиничского, Ферзиковского районов, где встречен в лесах с участием лиственных пород, дворах, на садово-огородных участках, но нигде не был массов. Среди изученных видов этот слизень наименее синантропный. Вероятно, это также архаичный адвент, распространившийся вместе с сельским хозяйством [1].

Таким образом, в составе и распространении слизней на территории Калужской области в XXI в. происходят существенные изменения. Приоритетными видами для мониторинга являются *Deroceras caucasicum* и *Krynickillus melanocephalus.*

Литература

1. Шиков Е.В. Адвентивные виды наземной малакофауны центра Русской равнины // Ruthenica. 2016. 26(3-4). С. 153–164.

2. Сон М.О. Моллюски-вселенцы на территории Украины: источники и направления инвазии // Российский журнал биологических инвазий. – 2009. – Т. 2. – №. 2. – С. 37-48.

3. Ostrovsky A.M. Новые находки синантропных видов слизней Limacus flavus (Linnaeus 1758) и Krynickillus melanocephalus Kaleniczenko, 1851 (Mollusca, Gastropoda, Stylommatophora) в Беларуси // Ruthenica. – 2017. – 27(4). – С. 155-158.

4. GBIF.org. GBIF Occurrence Download https://www.gbif.org/occurrence/download. (Дата обращения 13.02.2021).

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СЛИЗНЕЙ DEROCERAS CAUCASICUM И DEROCERAS RETICULATUM В ЦЕНТРЕ ГОРОДА КАЛУГИ

П.Р. Сошина[1], В.В. Алексанов[2]
[1] – ГБУ ДО КО «Областной эколого-биологический центр», г. Калуга, Россия
[2] – ГБУ КО «Дирекция парков» г. Калуга, Россия

Важной экологической проблемой современности являются вторжения чужеродных видов животных, включая моллюсков [1]. Один из наиболее интенсивно расселяющихся чужеродных видов моллюсков в России — кавказский слизень *Deroceras caucasicum* (Simroth, 1901). Среди полевых слизней наиболее детально изучен сетчатый слизень *Deroceras reticulatum* (Müller, 1774), издавна известный в качестве сельскохозяйственного вредителя. Сведений о биологии *D. caucasicum* мало.

Цель — изучить особенности биологии *D. caucasicum* и *D. reticulatum* в центре г. Калуги.

Исследование проводилось с сентября по октябрь 2017 г. на участке эколого-биологического центра (г. Калуга, пер. Старообрядческий, д. 4, площадь 0,48 га). Учет слизней проводили под укрытиями в саду. Наблюдения проводились в лабораторных условиях. Слизни содержались в индивидуальных контейнерах. Для оценки подвижности слизней по 10 животных каждого вида помещали на дно открытых пластиковых контейнеров и при помощи секундомера отмечали, за какое время слизни выберутся из контейнера. Спустя 11 дней после поимки слизней в три садка для каждого вида положили по грануле моллюскоцида «Гроза», в три - «Слизнеед», остальные три оставили без препаратов. Второй эксперимент по влиянию пестицидов на слизней провели 2 ноября 2017 г. Использовали слизней, оставшихся от первого эксперимента, а также взяли по три новых слизня каждого вида с участка. Масса гранул определялась на электронных весах, взвешивая по 5 штук каждого препарата.

Под всеми укрытиями, которые мы обследовали, были обнаружены оба вида слизня. Однако *D. caucasicum* был на порядок более многочисленным, чем *D. reticulatum.*

При помещении в садки обнаружено, что *D. caucasicum* отличается более высокой подвижностью, чем *D. reticulatum*.

В садках оба вида слизней поедали не только капусту, но и зеленые листья сныти, лютика и гниющие листья яблони.

Оба препарата почти сразу же после внесения в садок поедались слизнями. Через один день после внесения пестицида все слизни были живы, а через три дня слизни были обнаружены погибшими. препарата все слизни были живы, а через четыре дня все обнаружены погибшими. Все слизни, к которым не был положен пестицид, остались живыми. То есть оба моллюскоцида на основе метальдегида – «Гроза» и «Слизнеед» – оказались результативными для борьбы с двумя видами слизней. При этом в садках обнаружены остатки препарата. В результате расчета на основании литературных сведений [2, 3] установлено, что для получения летальной дозы метальдегида одному слизню *D. reticulatum* в среднем достаточно съесть 1/14 гранулы препарата «Гроза» или 1/48 гранулы препарата «Слизнеед». Масса слизня *D. caucasicum* больше, чем *D. reticulatum*, поэтому летальная доза для него также должна быть больше, но в любом случае намного меньше массы гранулы.

Литература

1 Шиков Е.В. Адвентивные виды наземной малакофауны центра Русской равнины // Ruthenica. – 2016. – V.26. – No.3-4. – С.153-164.

2 Cragg J.B., Vincent M.H. The action of metaldehyde on the slug Agriolimax reticulatus (Müller) // Annals of Applied Biology. – 1952. – V.39. – №.3. – P.392-406.

3 Salvio C. et al. The efficacy of three metaldehyde pellets marketed in Argentina, on the control of Deroceras reticulatum (Müller) (Pulmonata: Stylommatophora) // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2008. – V.6. – №.1. – P.70-77.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВ ГУРЬЯНОВСКОГО ЛЕСОПАРКА И ООПТ «ДАЧА БУГРЫ», РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ОБНИНСКА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Степанова, М.М. Рассказова, П.И. Гремченко
МБОУ СОШ № 11, Экологический клуб «Экос»,
г. Обнинск, Россия

Почва считается коммуникационным мостом между устойчивым развитием, обеспечением здоровья человека и экосистемой. Интерес к изучению характера функционирования различных типов экосистем значительно возрос в последнее время в связи с проявляющейся тенденцией к изменению климата. Исключительно велика роль особо охраняемых природных территорий в охране природы в широком смысле, и прежде всего в охране человека как части природы, охране окружающей его среды, поддержании экологического равновесия в различных экосистемах.

Цель данной работы: сравнить почвы территорий с разной рекреационной нагрузкой, но с похожими растительными сообществами – ельниками.

Для исследований были взяты ельники Гурьяновского леса (большого лесного массива, лесопарка в центральной части Обнинска) и ООПТ «Дача Бугры» - природный памятник регионального значения с 1992 года. Анализ почвенных образцов проводился на базе лабораторий ИАТЭ НИЯУ МИФИ и Кванториума в г. Обнинск по стандартным методикам [1, 2].

Как правило, почвы еловых лесов отличаются более тяжёлым механическим составом, небольшой глубиной профиля, высокой кислотностью, бедны гумусом и зольными элементами питания и обогащены кремнием, железом и алюминием.

Выяснено, что на территории ООПТ «Бугры» преобладает глинистая почва, но на участке у дороги почва наименее глинистая (тяжёлый суглинок), что может свидетельствовать о том, что у участка у дороги наименее выраженная структура, а

следовательно, на неё действует большая антропогенная нагрузка.

В Гурьяновском лесу сравнительно менее структурированные почвы, но на участке в глубине лесопарка почва глинистая. В глубине леса ООПТ «Бугры» почва наиболее кислая, наименее кислая – на участке вблизи проезжей части и дачи «Бугры». В Гурьяновском лесу кислотность почв ниже, кроме участка, расположенного в центре лесопарка, где почва сильнокислая. Следовательно, с увеличением рекреационной нагрузки кислотность почв снижается. Причиной этому могло явиться поступление в атмосферу техногенной городской пыли, содержащей кальций и магний, а также хлоридов калия и натрия антигололедных реагентов, которые механически переносятся с тротуаров и дорог при зимней рекреации.

У почв ООПТ «Бугры» каталазная активность значительно выше, чем у почв Гурьяновского лесопарка, это связано с большей антропогенной нагрузкой на Гурьяновский лесопарк. Самая низкая каталазная активность на территории ООПТ «Бугры» наблюдалась в образцах почвы с участка вблизи дороги и дачи «Бугры», самая высокая – на участке, где произрастает вид *Lunaria rediviva*, который занесен в Красные книги Калужской и Московской областей, а также в мониторинговый список Красной книги Орловской области.

Выводы

1. На территории Гурьяновского лесопарка преобладают суглинистые почвы, а на территории ООПТ «Бугры» - глинистые;
2. Отмечено значимое снижение кислотности (6±0,04) почв на участках Гурьяновского лесопарка, прилегающих к автомобильной трассе;
3. Самая высокая каталазная активность (3,7±0,5 O2 см3/г за минуту) у почв ООПТ «Бугры», самая низкая – у почв Гурьяновского лесопарка.

Литература

1 Боголюбов А.С., Кравченко М.В., Баслеров С.В. Простейшая методика описания почв //М.: Экосистема. – 2001.

2 Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. - 252 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Программный комитет IV Международной (XVII Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск» 3

Секция 1. Ядерная и тепловая энергетика 6

Azad M.A.H.B., Kolesov V.V. Determination of thr change of keff depending on the different position of rings in a fuel assembly of VVER-1200 reactor 6

Baldin A.M., Kurteev A.V., Orlov K.E., Sevastyanov M.M., Tashlykov O.L. Monitoring of costruction metal structures and npp facilities by the forster method 8

Haque M.Z.U., Nakhabov A.V., Sanam S.A. Analysis of acoustic monitoring data regarding VVER reactor installation 10

Kabir M.S., Plyaskin A.V. Exponential failure model to estimate common cause failure (CCF) of modern NPP systems and comparison between alpha and beta parametric model 11

Kahraman M.C., Lüle S.Ş. Çolak Ü. Freeze plug design in molten salt reactor with consideration of solidification 13

Kalenga C., Kushnereva S.V. Thetis reseach reactor 15

Ketter E.K., Samokhin D.S. Reliability and safety of mechanical equipments in small modular reactors 17

Mabvuto B., Terekhova A.M. Simulation of halden heavy boiling water reactor in the serpent program 18

Msiska E., Samokhin D.S. Probability calculation of electric equipment of research reactor 20

Mumba B., Samokhin D.S. Safety issues in preparation to decommission a research reactor 22

Mwenya N., Kushnereva S.V. Simulation of 2D model and neutronics calculation of venus experimental research reactor with the help of serpent software package 24

Ngoma M., Terekhova A.M. Simulation of esada vallecitos experimental superheat reactor in serpent code 25

Shikhon M.W.R., Shelegov A.S. Numerical simulation of vibrational stability of a low-speed turbine rotor 26

Tarequzzaman M., Nakhabov A.V. U-235 isotope predictive model for VVER-1000 reactor utilizing regression tree 29

Thandiwe Z., Samokhin D.S. Safety issues in preparation for decommissioning of nuclear power plants 31

Vlahakis R., Zevyakin A.S. Strength calculations of nuclear power plant equipment and their seismic resistance 32

Алпер И.Б., Годес А.И., Шаблов В.Л. Уточнение критерия Лоусона для термоядерных устройств на основе реакции синтеза $D+^{3}HE \rightarrow P+^{4}HE$ 35

Асхадуллин С.Р., Милинчук В.К. Жидкометаллический синтез водорода методом окисления бинарного расплава Sn – Al водяным паром при вариации температуры расплава, расхода газа-носителя и содержания Al в расплаве 37

Бабинцев Е.В., Бохолдин Ю.О., Максимов Н.С. Влияние замены гадолиниевого выгорающего поглотителя на эрбиевый на коэффициент размножения нейтронов для реакторов типа ВВЭР-1200 39

Беррекси Р., Толоконский А.О., Королев С.А., Лаидани З., Уахиун М. Управление температурой и уровнем жидкости на тепловых и атомных электростанциях с применением нечеткой логики 40

Бохолдин Ю.О., Бабинцев Е.В. Анализ «Пэльного» эффекта реакторной установки В-392М 42

Ватаман В.Д., Уралов Д.А. Оценка влияния эффективности сепарации пара в различных узлах турбоустановки на тепло-экономические показатели энергоблока АЭС с реактором ВВЭР 43

Глухов С.М., Лезов А.Д., Ташлыков О.Л., Климова В.А. Влияние параметров окружающей среды на работу системы пассивного охлаждения облученных топливных сборок 44

Горбач А.С., Белозеров В.И. Исследование влияния давления на теплоотдачу при поверхностном кипении 46

Горбачева А.Д., Терехова А.М. Использование выгорающего поглотителя в реакторах ВВЭР 48

Зыкова Р.О., Алексеев В.В., Сутягин И.А. Оценка эффективности растворимых геттеров для очистки натрия от кислорода 50

Коптелов Ю.С. Перспективная конструкция блока детектирования диапазона источника систем АКНП для АЭС 52

Кошелев М.М., Ульянов В.В. Водородная очистка контуров со свинецсодержащими теплоносителями от шлаковых отложений на основе их оксидов 53

Кушаков А.Ю., Распопов Д.А. Построение математическо-диагностических моделей на основе электрошумовых характеристик асинхроных электродвигателей АЭС 55

Марин М.А., Распопов Д.А. Разработка методов и алгоритмов для электрошумовой диагностики насосного оборудования АЭС 58

Павлова А.Д., Тишина И.А. Использование америция в качестве выгорающего поглотителя реактора ВВЭР 60

Потеряев С.Н., Розаненков И.Э., Сивинских И.А., Ташлыков О.Л. О роли 3D-моделирования в оптимизации ремонта и технического обслуживания радиоактивного оборудования АЭС 62

Савченко И.В., Лухманова Е.С. Неразрушающий контроль в системе подготовки кадров для обеспечения безопасности технических объектов 64

Самохин Д.С., Ракитянская Е.С., Уткина К.Е. Программный комплекс для расчёта надёжности радиоэлектронной аппаратуры и электрорадиоизделий 66

Севостьянов В.А., Слободчук В.И. Исследование установления первичного циркуляционного состояния системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки с использованием Ansys fluent 67

Сенаторова Е.А., Распопов Д.А., Беспалов Д.М., Мартыненко В.Д. Разработка математических диагностических моделей для контроля качества паяных соединений на печатных платах методом рентгеноскопии 69

Сутягин И.А., Алексеев В.В., Зыкова Р.О. Моделирование массопереноса примесей в холодных ловушках быстрых реакторов 71

Ульянов В.В., Коновалов М.А., Кошелев М.М., Харчук С.Е. Оценка эффективности замены воды на СВТ в каналах круглой формы кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок 73

Хныкина Е.С., Казанский Ю.А. Изучение возможности использования торий-уранового ядерного топлива в реакторе типа ВВЭР-1000 75

Чернов Д.О., Смирнов А.А., Лазаренко Г.Э. Разработка высоковольтного термоэмиссионного генератора на основе цезиевой капельной среды 77

Шешукова В.В., Скоморохов А.О. Распознавание кризиса теплообмена с использованием алгоритма SVM 79

Юферов А.Г. Некоторые направления совершенствования реактиметров 81

Секция 2. Ядерный топливный цикл. Проблемы обращения с отходами 84

Акобян М.Т., Ксенофонтов А.И., Саргсян С.А. Оценка риска временного хранения ОЯТ в хранилищах реакторного отделения до их вывоза на переработку 84

Баатар Т., Куликов Е.Г. Повышение выгорания топлива реакторной установки КЛТ-40С при введении в состав топливных композиций ^{231}Pa 86

Бабаева Ю.А., Чусов И.А. Соотношения для расчета термодинамических и траспортных свойств жидкого лития 88

Дикова Т.С., Лызина Д.Д., Каражелевская Ю.Е., Терехова А.М. Использование кюрия в качестве топлива реактора РБЕЦ 90

Костарев В.С., Ширманов И.А., Стругов Е.Д., Щеклеин С.Е. О возможности использования европия в радиоизотопном термоэлектрическом генераторе 92

Кравец А.А., Кушнерёва С.В., Самохин Д.С. Обоснование безопасной эксплуатации радиоизотопного источника тепла на основе ^{241}Am 94

Кремлёва В.С., Ульянов В.В., Харчук С.Е., Кошелев М.М. Утилизация отработавших ионообменных смол при их пиролизе в жидкометаллическом теплоносителе 95

Левон М.А., Каражелевская, Ю.Е. Терехова А.М. Выгорание америция в реакторах на тепловых и быстрых нейтронах 97

Лызина Д.Д., Дикова Т.С., Каражелевская Ю.Е., Терехова А.М. Использование нептуния в качестве топлива реактора РБЕЦ 99

Мамчиц Е.Г., Дорогов В.И. Об аспектах концентрации интересов зарубежных стран на актуальных экологических проблемах в национальных докладах России в рамках объединенной конвенции 101

Олейников С.А., Соболев А.В. Численное моделирование динамических воздействий на бетон, используемый в защитных конструкциях объектов ЯТЦ 104

Потеряев С.Н., Розаненков И.Э., Сивинских И.А., Щеклеин С.Е. К проблеме нестационарности энерговыделения в бассейнах выдержки ОЯТ АЭС 106

Чалпанов С.В., Бессонов И.А., Лезов А.Д., Ташлыков О.Л., Климова В.А., Морданов С.В. Компьютерное моделирование и экспериментальные исследования течения потока через насыпной слой сорбента 108

Секция 3. Техногенный и экологический риски. Радиационная безопасность 111

Chilambo T., Momot O.A. External exposure dose assessment for the population living near the JSC “Karpov institute of physics chemistry” 111

Ifayefunmi O.S., Synzynys B.I. Variation of radon (^{222}Rn) progeny concentrations in indoor air as a function of time, temperature, and relative humidity 113

Keya T.I., Azad M.A.H.B., Momot O.A. Radiotoxicity evaluation of the mox fuel from the VVER-1200 reactor 115

Mungwalubilo M., Synzynys B.I. Radon in areas around Zambia’s underground mine and its contamination in drinking water 117

Sadhukhan R.K., Momot O.A., Synzynys B.I. Effective dose estimation and risk assessment on population due to tritium in drinking water before commissioning of ROOPPUR NPP in people’s republic of Bangladesh 119

Simwinga H., Leshukov O.I., Chan A.H., Oudalova A.A. Investigation of the presence of radionuclides and hydroscpic moisture content in soil around a nuclear facility 121

Ziouche M., Zvantsev A.A., Demin V.M., Oudalova A.A. Assessment of radionuclides activity concentrations in soil in the area of the operating research reactor 123

Антонова Е.Ю., Огиенко А.В., Бураева Е.А. Дозовые нагрузки на территориях сельских поселений Ростовской области 125

Басова М.А., Денисова Э.Н., Меджидов И.М., Кураченко Ю.А. Дозиметрическая модель щитовидной железы для крупного рогатого скота 127

Бобылев В.А., Бураева Е.А. Удельная активность ^{137}Cs в верхних слоях почвы зоны наблюдения ростовской АЭС 130

Булгаков В.Г., Уваров А.Д., Гниломедов В.Д., Каткова М.Н., Епифанов А.О., Вакуловский С.М. Миграция цезия-137 в почвах Брянской области по результатам экспедиционных обследований в 2019-2020 годах 132

Бурякова А.А., Удалова А.А., Крышев А.И. Оценка дозовой нагрузки на население от выбросов ^{131}I вблизи АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» 134

Василенко А.А., Елохин А.П. Система навигации для подводного дозиметрического комплекса в глубоководных акваториях 136

Доан Ф.М.У., Лаврентьева Г.В. Изучение активности радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K, ^{137}Cs в водных объектах зоны влияния радиационно-опасного предприятия Калужской области 138

Домахина А.С., Корсаков А.В., Трошин В.П. Особенности цитогенетических нарушений во влагалищном эпителии беременных женщин, проживающих на территориях химического загрязнения 140

Каткова М.Н., Уваров А.Д., Артемьев Г.Б., Епифанов А.О., Корунов А.О., Прякина А.И., Храмов М.И., Ромашин Д.В., Тарасенко А.О., Калмыков С.А., Минишев Р.А., Никитин А.О., Реклайдис В.А., Смирнов И.В., Тадиашвили А.А. Морская экспедиция по мониторингу радиоактивного загрязнения северных территорий в 2020 году 142

Есин Е.С., Бураева Е.А. Радиационная обстановка на территориях городов Кавказских Минеральных вод 144

Зорин И.П., Колесников О.Н. Определение изотопного состава газообразующих элементов (в частности кислорода) в пробах МАГАТЭ с помощью масс-спектрометрии вторичных ионов 146

Иванков Д.В., Бураева Е.А., Карташев С.С. Закономерности распределения радионуклидов в почвах 30-км зоны наблюдения Ростовской АЭС 147

Казаченок Н.Н. Динамика активности ^{144}Ce,^{106}Ru,^{137}Cs в дерновой почве карачаевского следа 150

Копыльцова Е.В. Методы оценки риска производства продукции, не соответствующей нормативным требованиям по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr 152

Коровкина Э.П., Бирюков А.П., Орлов Ю.В., Васильев Е.В. Анализ динамики смертности от злокачественных новообразований среди пациентов учреждений здравоохранения ФМБА России за 2012-2018 гг. 154

Кострюков Е.И., Сынзыныс Б.И. Оценка радоновой опасности в микрорайонах города Калуги 156

Кочнов О.Ю., Кузнецов Н.В., Пахолик Д.А., Фомичев В.В. Корреляция наработанной активности ^{99}Mo и дозовых нагрузок на персонал при данных наработках 157

Кречетников В.В., Титов И.Е., Панов А.В., Кречетникова Е.О. Создание ГИС поддержки принятия решений по реабилитации загрязнённых ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий Брянской области 160

Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К. Электронные карты радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий ООО «Ударник» для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия 161

Курбаков, Д.Н. Лукашенко С.Н., Томсон А.В., Эдомская М.А. Пути поступления трития в р. Протва 163

Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Андреева Н.В., Сидорова Е.В., Кречетникова Е.О., Саруханов А.В.Содержание тяжелых металлов в почве и зерновых культурах при длительном применении минеральных удобрений 165

Левченко А.П., Белоусов П.А., Игнатенко Г.К., Комиссаров А.Б. Разработка методики мониторинга объёмной концентрации радона в учебных помещениях 167

Лешуков О.И., Чан А.Х., Симвинга Д.Х., Удалова А.А. Анализ механического состава и плотности твердой фазы почв в зоне влияния АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» 169

Лунин Е.А., Зубачёва А.А., Каткова М.Н. Определение удельной активности углерода-14 в приземном слое атмосферы жидкостным сцинтилляционным методом 171

Мехди М., Панин М.П., Mohammedi B. Моделирование рассеяния газоаэрозольных выбросов методами вычислительной гидродинамики с интеграцией ГИС-данных 172

Микаилова Р.А., Фесенко С.В., Онда Ю., Като Х., Такахаши Дж., Спиридонов С.И. Реконструкция дозовой нагрузки на хвойные леса после аварии на АЭС Фукусима-1 174

Мишук С.С. Техногенные риски функционирования экопространства системы инфокоммуникационных технологий 176

Мостовенко А.Л., Нилова Е.К., Войтенко К.Ю. Проведение экспресс-оценки радиационной обстановки с применением мобильной лаборатории радиационного контроля 178

Нгуен А.К., Лаврентьева Г.В, Сынзыныс Б.И. Дозовые нагрузки и радиационный риск для населения, проживающего в районе хранилища радиоактивных отходов в городе Далат для сценария пожара 180

Нгуен Т.К.Ф., Сынзыныс Б.И. Радиологические проблемы С-14 нарабатываемого на АЭС 182

Нгуен Т.Т.К., Момот О.А. Сравнительный анализ радиотоксичности ОЯТ ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 184

Нитрян А.И., Стебельков В.А. Совместное исследование фрагментов волоса, частиц пыльцы и микрочастиц урана методами РЭМ-РМА 187

Нуштаева В.Э., Спиридонов С.И., Нуштаев С.Н. Оценка радиационного воздействия на население атмосферных выбросов комплекса ядерно-энергетических предприятий 189

Орловский П.С., Бызов А.П. Управление техногенным риском на промышленном предприятии 191

Палюткина К.С., Момот О.А. Оценка доз облучения от техногенного радиоактивного загрязнения для населения в зоне наблюдения КуАЭС 193

Панов А.В., Исамов Н.Н., Кузнецов В.К. Радиоэкологический мониторинг агроэкосистем в районе размещения Ростовской АЭС 195

Панов А.В., Микаилова Р.А., Гешель И.В., Сидорова Е.В. Радиоэкологический мониторинг водных экосистем в районе размещения АЭС «РУППУР» 197

Переволоцкая Т.В., Переволоцкий А.Н. Оценка мощности поглощенной дозы для травянистых растений от β- и γ-излучения радионуклидов в облаке выброса 199

Переволоцкая Т.В., Переволоцкий А.Н. Оценка мощности поглощенной дозы травянистых растений при корневом радиоактивном загрязнении 201

Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В. Оценка распределения радионуклидов в луговом биогеоценозе при хронических радиоактивных выпадениях 204

Переволоцкий А.Н., Переволоцкая Т.В. Оценка мощности поглощенной дозы для травянистых растений при поверностном радиоактивном загрязнении 206

Плахотняя Д.П., Костырев Б.П., Бураева Е.А. Распределение гамма-фона на территориях городов и поселений Краснодарского края 208

Покровская Д.И. Анализ рисков в системе климатического регулирования 209

Ревнивцев И.С., Бураева Е.А. Радиоэкологическая обстановка на территории г. Волгодонска 212

Свинарев К.В., Мирзеабасов О.А., Сынзыныс Б.И. Определение гамма- и бета- фона в СЗЗ и ЗН «НИФХИ им Л.Я. Карпова» 214

Сивцов А.В., Козырев Д.А., Горбов С.Н., Бураева Е.А. Радионуклиды в нативных и антропогенно-преобразваонных почвах Ростовской агломерации 215

Сидорина У.А., Антонова Е.Ю., Бураева Е.А. Оценка распределения радионуклидов растительными объектами в горной Адыгее 217

Титов И.Е., Кречетников В.В., Карпенко Е.И., Соломатин В.М., Кречетникова Е.О. Цифровой двойник для оценки современной радиоэкологической обстановки 30-ти км зоны в районе размещения ОДЭК 219

Тутова Н.С., Белоусов П.А., Игнатенко Г.К., Комиссаров А.Б. Радиоэкологическая гигиена помещений 221

Харламов В.А., Полякова И.В., Горбатов С.А., Шестериков А.Ю., Крыленкин Д.В. Применимость ферросульфатоного дозиметра для измерения окислительных свойств нетермальной плазмы 223

Хвостунов И.К., Крылов В.В., Родичев А.А., Шепель Н.Н., Коровчук О.Н., Кочетова Т.Ю. Доза общего внутреннего облучения при поступлении в организм человека радиоактивного йода-131 225

Чинь Т.Т.К., Момот О.А. Изучение перехода радионуклидов в системе «почва-растение» применительно к площадке зоны наблюдения НИФХИ им. Л.Я. Карпова 227

Шадин А.Е., Бураева Е.А., Ерчихин А.Д., Ляхова Н.В., Каменев О.В. Распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в областном административном центре Ростове-на-Дону 229

Шилов С.В. Техногенные риски взрывов сжиженных углеводородных газов 231

Ширманов И.А., Стругов Е.Д., Аладаилах М.В., Ташлыков О.Л. Оптимизация состава радиационно - защитных стекол 233

Ширяева А.А., Бураева Е.А. Исследование особенности распределения радионуклидов в почвах горной Адыгеи 235

Яхрюшин В.Н., Полянская О.Н. Суточные вариации радиационного фона и метеорологических параметров в Обнинске 237

Яхрюшин В.Н., Уваров А.Д., Вакуловский С.М., Епифанов А.О. Анализ прогностической оценки загрязнения цезием-137 населенных пунктов Брянской области, пострадавших в результате аварии на ЧАЭС, на основе данных экспедиционных обследований 239

Яхрюшин В.Н., Уваров А.Д., Вакуловский С.М., Епифанов А.О. Прогностический анализ радиационной обстановки в населенных пунктах, загрязненных после аварии на ЧАЭС 242

Секция 4. Биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды 245

Астахина С.О., Рассказова М.М., Комарова Л.Н. Количественное изменение малонового диальдегида в пророщенных семенах ячменя посевного *Hordeum sativum* после гамма-облучения 245

Афонин А.А., Ляпунова Е.Р., Комарова Л.Н. Оценка инактивации клеток *Chlorella vulgaris* под действием ионов ртути 247

Бабина Д.Д., Подобед М.Ю., Манухина Я.А., Празян А.А., Подлуцкий М.С., Волкова П.Ю. Анализ прорастания и параметров фотосинтеза мутантов *Arabidopsis thaliana* дефектных по кальциевому сигналингу опосредованному перекисью водорода после солевого стресса 249

Битаришвили С.В., Празян А.А., Дикарев А.В., Гераськин С.А. Оценка содержания стрессовых гормонов в контрастных по устойчивости к действию кадмия сортах ячменя 251

Гиматдинова Ф.И., Хуснуллин Р.Р., Минакова Е.А. Исследование ценопопуляции *Betula pendula* в условиях парков г. Казань по методике флуктуирующей асимметрии 253

Годяева М.М., Парамонова Т.А. Оценка острой фитотоксичности свинца и его влияния на биометрические характеристики проростков пшеницы (*Triticum lutescens*) сорта «Иволга» 255

Дикарев А.В., Битаришвили С.В., Казакова Е.А. Анализ физиолого-биохимических причин формирования контрастных реакций четырех сортов ярового ячменя на действие кадмия 257

Ефимова Е.С., Суслов А.А. Влияние органо-минерального комплекса гумитон и микробных препаратов на биологическую активность дерново-подзолистой почвы в корневой зоне ярового ячменя 259

Жалнина А.А., Савина Н.Б., Ускалова Д.В. Анализ выживаемости и динамики развития оксидативного стресса у *Daphnia magna* под действием γ-облучения 261

Зимин А.А., Лу И. Океанические гомологи апротинина — новые кандидаты для профилактики и лечения Covid-19 263

Карманова А.Н., Зимин А.А. Эволюционный анализ гомологов репарационного фермента DENV из метагеномов осадочной микробиоты мирового океана 265

Макаренко Е.С., Празян А.А., Казакова Е.А. Оценка активности глутатионпероксидазы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в сортах ячменя при загрязненнии почвы кадмием 268

Наумова А.А., Наумова Т.А., Стрельцов А.Б. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как индикатора определения загрязняющей среды 270

Нефедова С.Е., Тирас Х.П. Биологическая цветометрия в биофизическом исследовании 272

Раскоша О.В., Башлыкова Л.А., Старобор Н.Н. Оценка повреждений ДНК в соматических клетках полевок, обитавших в условиях хронического действия ионизирующего излучения, и у их необлученного потомства 274

Семенкова И.В., Минкина Ю.В. Распределение клеток культур МСК (мезенхимальных стволовых клеток) и КМБ (кардиомиобластов) человека и крыс линии вистар по стадиям клеточного цикла 276

Силаева А.А., Новосёлова Т.Н., Протасов А.А. Дескрипторы для оценки экологически и технически приемлемых условий в водных техноэкосистемах 278

Тирас Х.П. Методология цифровой биологии 280

Шестерикова Е.М., Бондаренко В.С., Волкова П.Ю. Разработка праймеров для анализа экспрессии таргетных генов немодельных видов растений в условиях чернобыльской зоны отчуждения 282

Секция 5.Экологическая и фармацевтическая химия 285

Gouws V.K., Ushakov I.A., Mavunda R.D., Kwame A.B. Production ^{177}Lu by regeneration of the YB target for nuclear medicine at the research reactor IRT-T 285

Mbahwe M.B., Hoang V.P., Nepogodina Y.V., Oudalova A.A. Determination of chloride ions in soil near Karpov institute of physical chemistry 287

Nkausu A.K., Momot O.A. The study of seasonal changes in bottom sediments of water bodies near JSC Karpov research and development institute for physical chemistry (Obninsk) 288

Айдаров С.Б., Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Удалова А.А. Применение программного пакета Chemoffice при изучении структуры молекул изомеров ГХЦГ и их свойств 290

Ананьева О.А., Ларичева Т.Е., Турайкина Л.С., Сычева А.И. Исследование деструкции трековых мембран из полиэтилентерефталата под действием температуры 293

Безруков О.Ф., Зима Д.В. Морские водоросли как активный компонент преодоления йоддефицитных состояний 295

Берестина А.В., Бахвалов А.В., Эпштейн Н.Б. Планирование микробиологического мониторинга чистых помещений 297

Валентик М.И., Соколова Ю.Д. Сравнение кинетических характеристик экстракции пигментов из корнеплодов и ботвы свеклы столовой 299

Ванюшкин А.В., Яценко Н.А., Ванюшкина Н.Г. Исследование пиролиза ПВХ отходов в диапазоне температур 400-600 ºС 301

Выпова Е.Р., Шитова А.А., Солдатова О.В., Смирнова Е.А., Рыбачук В.А., Фомичев М.Д., Филимонова М.В. Оценка противоопухолевой активности аварола на экспериментальной опухолевой модели *in vivo* 303

Добони К.А., Карасева Е.Н. Оценка применимости спектрофотометрического метода для определения 305

действующего вещества, обладающего дофаминергическим действием в таблетках

Добрева Н.И. Влияние органических растворителей на чувствительность метода при хроматографическом анализе смеси пестицидов различной химической природы 307

Дубовик Н.С., Гуранда Д.Ф., Раменская Г.В., Товбин Д.Г., Тарасов Д.Н., Савченко А.Ю. Разработка методики количественного анализа иновационного препарата DD217, ингибитора фактора Ха в биологических образцах животных 311

Жильцов П.А., Пожарнов И.А., Эпштейн Н.Б., Раменская Г.В. Метод разработки гигиенического норматива качества атмосферного воздуха для активной фармацевтической субстанции (на примере дапаглифлозин) 312

Ивахно В.В., Московская К.А., Момот О.А., Мельникова Т.В. Годовая динамика концентрации меди в поверхностных водах в зоне влияния АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова 314

Ивченкова А.А. Контроль загрязнения атмосферного воздуха при применении препаратов на основе пиридиновых фунгицидов 316

Ирхина Д.В., Чудновец Т.А., Макарчук В.М., Шевченко Л.И., Рыбачук В.А., Николаев К.А., Фомичев М.Д., Солдатова О.В., Шитова А.А., Филимонова М.В.Оценка радиозащитных свойств ингибитора NO-синтаз ДТ2 в нормальной ткани мочевого пузыря при лучевой терапии новообразований органов малого таза 318

Карманова А.Н., Лу И., Зимин А.А. Поиск новых ДНК-лигаз для лигазной цепной реакции - ЛЦР - в метагеноме компоста 320

Картамышев И.И., Савченко А.Ю., Пожарнов И.А. Разработка стратегии по гигиеническому мониторингу воздуха рабочей зоны на фармацевтическом предприятии 322

Курпединов К.С., Егорченкова О.Е., Антипова В.И. Валидация метода измерения концентраций фунгицида класса пиколинамидов в воздушной среде для оценки риска воздействия на операторов 324

Ле С.В., Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Удалова А.А. Сравнение радиационной устойчивости изомеров ГХЦГ в составе препарата дуста гесахлорана, облученного на различных линейных ускорителях 326

Лёвушкин Д.В., Гравель И.В., Скибина А.А., Михеев И.В. Определение кадмия в грудном сборе №4 и настоях из него методом атомно-эмиссионной спектрометрии 328

Мелешко А.Ю., Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Удалова А.А. Радиационное разложение действующего вещества в обводненном препарате дусте гексахлорана 331

Мирзоев Э.Б., Епимахов В.Г. Использование моделирования для оценки перехода свинца из желудочно-кишечного тракта в периферическую кровь овец при хроническом поступлении с рационом 333

Московская К.А., Ивахно В.В., Мельникова Т.В. Влияние кислотности среды на содержание меди в водных объектах вблизи НИФХИ им. Л.Я. Карпова 335

Нго Т.Н., Полякова Л.П., Мельникова Т.В., Удалова А.А. Анализ содержания железа в поверхностных водах на территории вблизи АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова 337

Непогодина Я.В., Ткачева О.Н., Лаврентьева Г.В. Модернизация очистных сооружений НИИ г. Обнинска посредством внедрения дополнительных методов обработки сточных вод 340

Николаев К.А., Чудновец Т.А., Ирхина Д.В., Рыбачук В.А., Косаченко О.А., Шитова А.А., Солдатова О.В., Макарчук В.М., Филимонов А.С., Филимонова М.В. Изучение молекулярных механизмов и особенностей противоопухолевой активности полифункциональных производных изотиомочевины и индол-3-карбинола 342

Панов М.А., Эпштейн Н.Б., Карасева Е.Н. Обнаружение механических включений в парентеральных лекарственных формах, материалах первичной упаковки и медицинских изделиях с помощью счетчика частиц 343

Пичкунова А.А., Чинь Т.Т.К., Полякова Л.П., Мельникова Т.В., Удалова А.А., Мелешко А.Ю. Устойчивость ХОП в составе гексанового экстракта из облученных образцов пестицидного препарата дуста гексахлорана 346

Прожорина Т.И., Боева А.С., Преснякова Ю.А. Нитратное загрязнение питьевой воды поселка колодезный каширского района Воронежской области 348

Прожорина Т.И., Преснякова Ю.А. Оценка шумового загрязнения от автотранспорта города Воронежа 350

Пырко А.Н., Андрицо В.И. Синтез тетрациклических производных тетрагидроизохинолина 352

Родионов А.С., Егорова М.В. Оценка возможности достоверного определения следовых количеств металлов-приоритетных загрязнителей в атмосферном воздухе 355

Росновская Н.А., Семенова И.В. Разработка методики определения сульфатов в почве для оценки состояния техногенно-загрязненных территорий России 357

Рыбачук В.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Косаченко О.А., Фомичев М.Д., Николаев К.А., Ирхина Д.В., Чудновец Т.А., Сабуров В.О., Филимонов А.С., Филимонова М.В. Экспериментальное моделирование лучевого орального мукозита различными видами ионизирующего излучения 359

Рыбачук В.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Суринова В.И., Косаченко О.А., Фомичев М.Д., Филимонова М.В. Исследование возможности применения производного арбидола в качестве противоопухолевого средства на экспериментальных моделях *in vivo* и *in vitro* 361

Сахарова П.С., Галенко М.С., Гравель И.В. Содержание тяжелых металлов в настойке пиона уклоняющегося 363

Симаков А.С., Раменская Г.В., Пожарнов И.А. Проведение экологического мониторинга загрязненности воздуха рабочей зоны твердыми частицами высокоактивных веществ на фармацевтических предприятиях 365

Смирнова Е.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Фомичев М.Д., Выпова Е.Р., Рыбачук В.А., Филимонова М.В. Исследование противоопухолевого и радиомодифицирующего потенциала средства растительного происхождения *Gentiana lutea L. in vivo* 367

Соболев Д.Н. Совершенствование метода определения остаточных количеств пестицидов в растительных маслах 369

Степанова Н.А., Гречина М.С. Новый гербицид класса трикетонов: методы определения в объектах среды обитания 371

Степанянц В.Р., Соколова Ю.Д. Исследование влияния процессов ферментирования на стабильность растворов натурального красителя свекольного красного 373

Суслова А.В. Валидация метода определения пендиметалина в бобовых для контроля импортируемой продукции 375

Удовенко Е.В., Быкова И.В. Изыскание средств с актопротекторной активностью после воздействия гипертермии 377

Хоанг В.Ф., Мачона М., Непогодина Я.В., Удалова А.А. Изучение содержания калия в почве в зоне влияния НИФХИ им. Л.Я. Карпова в 2020 г 379

Хуинь Н.З., Полякова Л.П., Мельникова Т.В., Удалова А.А. Содержание меди в почве санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения НИФХИ им. Л.Я. Карпова 381

Чан А.Х., Удалова А.А. Изучение физико-химических показателей почвы в зоне влияния НИФХИ им. Л.Я. Карпова в 2020 г 384

Чепило Д.А., Раменская Г.В., Гегечкори В.И., Пожарнов И.А. Роль стандартных образцов в системе экологического мониторинга при производстве лекарственных средств 386

Чунг Д.Ф., Ивахно В.В., Московская К.А., Нкаусу А.К., Мельникова Т.В. Оценка содержания меди в воде водных объектов, расположенных близи НИФХИ им. Л.Я. Карпова 388

Секция 6. Экологические аспекты действия неионизирующего и ионизирующего излучения 391

Duong V.T.T., Alexandrova O.P., Garbuzov P.I., Klyopov A.N. Approval of the predictive calculation method of I-131 pharmacokinetics in radioiodtherapy of hyperthyroidism 391

Gaponova V.N., Vasiliev R.M., Kryukova V.V., Sabirzyaniva L.I. Analysis of the radiation activity of the soil of the Volga-Vyatka region of the Russian Federation 393

Nga L.T., Alexandrova O.P., Garbuzov P.I., Klyopov A.N., Krylov V.V. Dosimetry of radioiodine therapy for hyperthyroidism, taking into account the reduction of thyroid mass 395

Nguyen Q.C., Alexandrova O.P., Garbuzov P.I., Klyopov A.N., Krylov V.V. Modeling of external radiation doses from patients undergoing radioiodine therapy for hyperthyroidism and thyroid cancer 397

Vuytsik P.A., Fesenko M.A. The use of communication devices as a cause of male reproductive health disorders 399

Белая О.В., Аскерова С.А., Коньшина Т.А. Результаты измерений электромагнитных полей базовых станций сетей сотовой связи поколений 2-4 G на территории города Москвы 401

Боднарь И.С., Чебан Е.В. Сравнение устойчивости необлученных и облученных растений к избытку тяжелых металлов 403

Головлева А.А., Корсаков А.В., Трошин В.П. Сравнительная оценка частоты злокачественных новообразований яичников и маточных труб у женщин, проживающих на радиационно-загрязненных территориях 405

Горбатов С.А., Петрухина Д.И., Шестериков А.Ю. Модернизация установки низкотемпературной плазмы для сельскохозяйственного применения 407

Гусарова М.В., Коньшина Т.А. Физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты при выполнении работ в летний период 409

Гусева О.А., Гончарова Л.И., Цыгвинцев П.Н. Действие кратковременного ультрафиолетового облучения на урожай ячменя (*Hordenum vulgare* L.) 411

Дорн Ю.А., Лой Н.Н., Павлов А.Н. Эффективность использования ионизирующего излучения при заражении яровой пшеницы сорта «Рима» табачным жуком 413

Карманова Е.Е., Усачева А.М., Черников А.В., Шарапов М.Г., Брусков В.И. Радиозащитные свойства альбумина при рентгеновском облучении 415

Картошкина А.В., Пяткова С.В., Удалова А.А. Изучение эффектов ионизирующего излучения при предпосевной обработке семян огурца 417

Купцова П.С., Жураковская Г.П. Участие возбуждения молекул в биологических эффектах ионизирующего излучения 419

Лой Н.Н., Суслова О.В., Гулина С.Н. Влияние электронного облучения семян различных культур на морфометрические показатели развития проростков 421

Манухина Я.А., Бабина Д.Д., Подобед М.Ю., Празян А.А., Шестерикова Е.М., Казакова Е.А., Волкова П.Ю. Оценка морфофизиологических параметров проростков после воздействия острого Г-облучения и гипертермии на семена *Arabidopsis thaliana* L. чернобыльского экотипа 423

Меджидов И.М., Тхорик О.В., Харламов В.А., Чиж Т.В., Полякова И.В. Идентификация факта облучения сахара методом ЭПР спектрометрии 425

Нгуен С.Т., Пяткова С.В., Удалова А.А. Предпосевная обработка семян сои гамма-излучением 428

Новосельцев Н.В., Корсаков А.В., Трошин В.П. Сравнительная оценка частоты злокачественных новообразований шейки и тела матки у женщин, проживающих на радиационно-загрязненных территориях 430

Орлова В.С., Перов С.Ю., Пинегин С.А., Лифанова Р.З. Гематологические исследования эффектов электромагнитных полей базовых станций систем сотовой связи 432

Перов С.Ю., Белая О.В. Инструментальный контроль электромагнитных полей от базовых станций сотовой связи пятого поколения 434

Петрухина Д.И., Шишко В.И., Помясова М.Г., Тхорик О.В., Меджидов И.М. Опыт модернизации источника нетермальной плазмы для предпосевной обработки семян 436

Подобед М.Ю., Бабина Д.Д., Манухина Я.А., Подлуцкий М.С., Празян А.А., Волкова П.Ю. Анализ динамики прорастания и площади поверхности листьев мутантов *Arabidopsis thaliana* дефектных по Ca^{2+} сигналингу в ответ на пероксид водорода после действия ионизирующего излучения 439

Полякова И.В., Васильева Н.А., Крыленкин Д.В., Губина О.А., Морозова А.И. Влияние ионизирующего излучения на органолептические характеристики и содержание флавоноидов при антимикробной обработке грецких орехов 441

Помясова М.Г., Шестериков А.Ю., Саруханов В.Я., Харламов В.А. Создание базы данных по применению радиационных технологий в сельском хозяйстве 443

Рыбак А.В., Майстренко Т.А., Белых Е.С., Велегжанинов И.О. Влияние сочетанного действия радиационного и химического факторов на популяцию дождевых червей семейства *Lumbricidae* 445

Рыбачук В.А., Гельм Ю.В, Михайловский Н.В., Абакушина Е.В. .Воздействие относительно низких доз ионизирующего излучения на активированные лимфоциты человека 447

Рыбачук В.А., Михайловский Н.В., Гельм Ю.В, Константинова Т.В., Абакушина Е.В. Оценка жизнеспособности и пролиферативной активности опухолевых клеток после облучения в высоких дозах 449

Снегирев А.С., Денисова Э.Н., Шаповалов С.Г., Козьмин Г.В., Кураченко Ю.А. Моделирование метаболизма ^{131}I у крупного рогатого скота при радиоактивном загрязнении пастбища продуктами ядерного деления в виде радиоактивных частиц 451

Толкаева М.С. Зависимость максимального синергического эффекта от концентрации применяемых агентов 453

Трофимова Л.А., Черкасова Е.Е., Лаврентьева Г.В., Сынзыныс Б.И. Влияние гамма-облучения на смертность наземного моллюска *Fruticicola fruticum* разных возрастных групп 455

Тхорик О.В., Меджидов И.М., Помясова М.Г., Петрухина Д.И. Дозовая оценка радиационно-обработанной сушеной петрушки методом ЭПР-спектрометрии 457

Фомичев М.Д., Макарчук В.М. Шевченко Л.И., Филимонов А.С., Рыбачук В.А., Косаченко А.О., Ирхина Д.В., Филимонова М.В. Оценка противолучевой эффективности адреномиметика фенилэфрина и ингибитора NOS как комбинации радиопротекторов 460

Целиков Д.И., Корякин С.Н., Чернуха А.Е. Расчет системы для формирования бор-захватных реакций на рассеянном нейтронном реакторном пучке 462

Чиж Т.В., Лой Н.Н., Полякова И.В. Оценка эффективности радиационной обработки красного репчатого лука с целью ингибирования процессов прорастания и продления сроков хранения 464

Чудновец Т.А., Ирхина Д.В., Рыбачук В.А., Николаев К.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Макарчук В.М., Шевченко Л.И., Филимонова М.В.Оценка радиозащитного потенциала ингибитора NO-синтаз для предотвращения развития лучевых ректитов при радиотерапии злокачественных образований 466

Шаталова Р.О., Ревкова В.А., Ситников Д.С., Ильина И.В., Комарова Л.Н. Оценка формирования фокусов фосфорилирования гистона H2AX после воздействия мощного терагерцового излучения на фибробласты кожи человека 468

Шафорост А.С., Зятьков А.А., Голубых Н.М., Лавренова А.С. Изменение концентрации изоформ пируваткиназы при токсическом поражении печени у крыс линии Wistar 470

Шишко В.И., Помясова М.Г., Петрухина Д.И., Тхорик О.В. Снижение уровня микотоксинов в злаковых культурах при обработке нетермальной плазмой 472

Юшкова Е.А., Башлыкова Л.А. Биологические последствия хронического радиоактивного воздействия для природных популяций *Drosophila melanogaster* 475

Секция 7. Школьная экологическая секция 476

Абраамян Р.Р., Антонова Л.И. Распространение и аллелопатическая активность трёх видов растений из рода золотарник произрастающих на территориях прилегающих к микрорайону Куровской города Калуги 476

Андрейчук С.Д., Харитонова И.Г. Рейнутрия богемская, рябинник рябинолистный и золотарник канадский как фактор экологической опасности для экосистем Боровского района Калужской области 478

Боброва В.М., Леках И.В. Влияние почвенных вытяжек с участков произрастания борщевика сосновского на всхожесть семян и развитие проростков кресс-салата 480

Домнин И.А., Харитонова И.Г. Динамика зарастания песчаного карьера на территории Боровского района 482

Исаев Д.В., Харитонова И.Г. Фитоценозы природного комплекса болотный массив на правом берегу реки Протва к югу от Боровска 484

Ковалева Е.С., Федорова Л.В., Гулина А.В. Изучение влияния микробиологического удобрения «Байкал-ЭМ1» и экстракта листьев рейнутрии японской на культуру кресс-салата 486

Криворотова Е.С., Рассказова М.М. Особенности обитания зимующих видов птиц на территории Гурьяновского леса г. Обнинска 488

Матвеев Д.С., Харитонова И.Г. Мониторинг краснокнижных видов сосудистых растений природного комплекса фабричных болот города Боровска Калужской области 490

Рулева О.А., Алексанов В.В. Распространение адвентивных видов слизней в Калужской области 491

Сошина П.Р., Алексанов В.В.Особенности биологии чужеродных видов слизней Deroceras caucasicum и *Deroceras reticulatum* в центре города Калуги 494

Степанова Е.А., Рассказова М.М., Гремченко П.И. Сравнительный анализ почв Гурьяновского лесопарка и ООПТ «дача Бугры», расположенных на территории города Обнинска Калужской области 496

Подготовка оригинала-макета А.А. Удалова, Л.А.Киселева

ЛР № 020713 от 27.04.1998		
Подписано к печати		Формат бум. 60x84/16
Печать ризограф.	Бумага МВ	Печ.л. 29,125
Заказ №	Тираж 100 экз.	Цена договорная

Типография НИЯУ МИФИ
115409, г. Москва, Каширское шоссе,31