

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

A stylized illustration of a globe with green foliage. The globe is light blue and white, showing continents and oceans. It is surrounded by various green leaves and branches, some of which are circular and resemble stylized trees or bushes. The background is a light blue gradient.

# **ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК**

III МЕЖДУНАРОДНАЯ (XVI РЕГИОНАЛЬНАЯ)  
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Тезисы докладов  
Обнинск, 21-22 мая 2020 г.

Обнинск 2020

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»**

**ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**



# **ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК**

**III МЕЖДУНАРОДНАЯ  
(XVI РЕГИОНАЛЬНАЯ)  
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Тезисы докладов  
Обнинск, 21-22 мая 2020 г.**

**Обнинск 2020**

УДК 621.039:502/504

Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов III Международной (XVI Региональной) научной конференции / Под общ. ред. А.А. Удаловой. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2020. – 381 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, 2020 г.

© Авторы, 2020 г.

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

### **III Международной (XVI 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 кафедрой №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 «Астра-Зенека 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 Харламбий 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

## СЕКЦИЯ 1. ЯДЕРНАЯ И ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

### STABILITY ANALYSIS AND OPTIMAL CONTROL OF A NUCLEAR REACTOR BASED ON POINT KINETICS EQUATIONS

*K.K. Abdulraheem<sup>1,2</sup>, Z. Laidani<sup>1</sup>, S.A. Korolev<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> - *National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia*

<sup>2</sup> - *Nigeria Atomic Energy Commission, Nigeria*

A nuclear reactor has several applications in human activities. It can be used for electricity generation, isotope generation, education and research purposes, and space propulsion. Despite the useful purposes, it poses a danger to humans and society due to dangerous radionuclides produced during operation. In fact, nuclear accidents and incidents or transients have occurred over the years of the application of nuclear power technology. While some of the accidents were not severe, others such as Fukushima and Chernobyl were severe due to core melt. The core melt led to the release of dangerous radionuclides to the environment. Thus, given the risks and health hazards of radionuclides on human beings and the environment, it is essential to prevent their release due to the use of nuclear power plants. Therefore, stability and control of nuclear power plant during operation and expected uncertainties to prevent incidents or accidents situation is vital [1]. Consequently, it is mandatory to carry out actions that mitigate the release of radionuclides to the environment. The actions [1] include the operation of a nuclear reactor under stable conditions and full control of the system. In nuclear engineering studies, point kinetic equations, which is a set of nonlinear and stiff differential equations, have been applied extensively [2]. The numerical solution of the equation reveals characteristics and time-dependent behavior of a nuclear reactor concerning the neutron population that aids in the criticality control of the nuclear reactor system [3,4]. As a result, various control strategies have been implemented based on point kinetics equation for safety analysis of the complex and nonlinear system. The study of stability and control of nuclear reactor is conducted in

this research using the nonlinear, stiff point kinetics equation with a single group delayed neutron. Initially, the stability analysis of the system is presented. It is shown that the system is not asymptotically stable. It is not bounded input and bounded output. As a result, a proportional gain compensator is applied to the system to form a closed-loop system that stabilizes the system. Furthermore, reactivity feedback is considered in the system by coupling the point kinetics equations and complementary thermal-hydraulics equations. The modeled equation is linearized, and a linear quadratic control strategy is applied to accomplish performance specifications such as minimal overshoot, settling time, and stabilization of the system. The results of the simulation are validated and verified with previous studies.

### ***References***

1 Ben-Abdenmour A., Lee K.Y., Edwards R.M. LQG/LTR Robust Control of Nuclear Reactors with Improved Temperature Performance // IEEE Trans. Nucl. Sci. – 1992. – V. 39. – P. 2286–2294.

2 Kinard M., Allen E.J. Efficient numerical solution of the point kinetics equations in nuclear reactor dynamics // Ann. Nucl. Energy. – 2004. – V. 31. – P. 1039–1051.

3 Duderstadt J.J. Nuclear reactor analysis. – Wiley, 1976.

4 Hetrick D.L. Dynamics of nuclear reactors. – University of Chicago Press, 1971.

## **CHARACTERISTICS OF BREMSSTRAHLUNG RADIATION FROM THICK TUNGSTEN TARGET BOMBARDED BY 10, 20 AND 60 MeV ELECTRONS**

*I.K. Alhagaish, V.K. Sakharov*

*National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia*

Monte Carlo calculations have been made of electron-photon cascades in thick tungsten targets bombarded by electrons with energies 10, 30 and 60 MeV. The information's about the



bremsstrahlung efficiency, the angular distribution of the emitted bremsstrahlung intensity, and the spectrum of bremsstrahlung radiation in different directions has been obtained. By thick targets we mean targets whose thickness is at least an appreciable fraction of the mean range of the incident electrons. The most complete work in which the characteristics of braking radiation were studied is the work of Berger and Seltzer [1]. This paper describes calculations of bremsstrahlung production in thick tungsten target irradiated by monoenergetic electrons with kinetic energy from 10 to 60 MeV.

This paper also includes various comparisons with another data in papers [1, 2]. We calculated the efficiency of the bremsstrahlung radiation for W by using FLUKA [3].

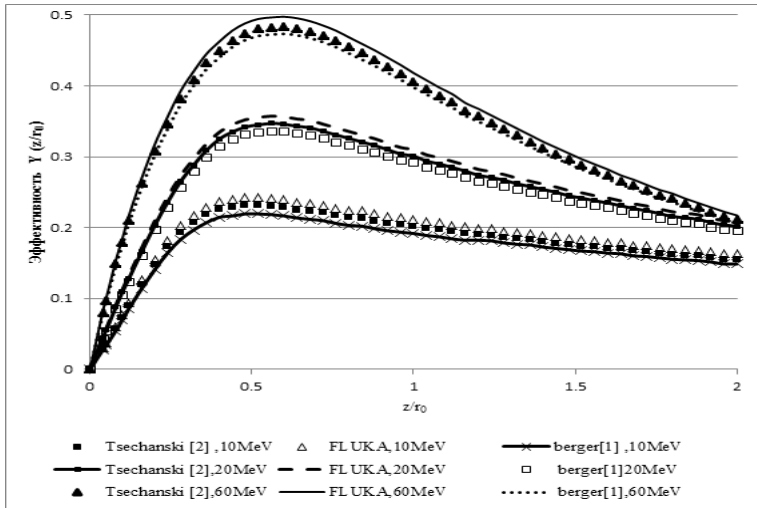


Fig. 1. The efficiency of bremsstrahlung radiation for monoenergetic electron beams of 10, 30, and 60 MeV falling perpendicular to the tungsten targets using FLUKA and in publications [1] and [2].

The bremsstrahlung efficiency curves in this paper, and in Berger paper [1] and Tsechanski paper [2] have similar characteristics. In all cases, their behavior is characterized by a rapid build-up in the “shower” regime up to the maxima and a much slower decline thereafter, where their behavior is dominated by the broad-beam attenuation of the bremsstrahlung. The maximum values of the

bremsstrahlung efficiency using FLUKA as compared with [1,2] tend to agree at higher energies.

From our results for the spectra of photons of bremsstrahlung radiation emitted in the direction of the primary electron beam, at a distance of 1 m from the center of the target. The spectra of photons are characterized by a fairly sharp decline depending on the energy of photons; their shape is weakly dependent on the energy of primary electrons. but all the curves have the same behavior.

### ***References***

1 Berger M.J., Seltzer S.M. Bremsstrahlung and Photoneutrons from Thick Tungsten and Tantalum Targets // Physical Review C. – 1970. – V. 2. – No. 2. – P. 621-630.

2 Tsechanski A., Bielajew A.F., Archambault J.P., Mainegra-Hing E. Electron accelerator-based production of molybdenum-99: Bremsstrahlung and photoneutron generation from molybdenum vs. tungsten // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2016. – No. 366. – P. 124-139.

3 Fasso A., Ferrari A., Sala P.R. Electron-Photon Transport in FLUKA: Status // Advanced Monte Carlo for Radiation Physics, Particle Transport Simulation, and Applications: Proc. of the Monte Carlo 2000 Conf., Lisbon, 2000. Berlin; Heidelberg: Springer, 2001. P. 159-164.

## CFD SIMULATION OF FORCED VENTILATION FACILITY TO INVESTIGATE EFFECTS OF HYDROGEN LEAK IN THE CONFINED SPACE

Q.H. Duong<sup>1</sup>, A.V. Avdeenkov<sup>1,2,3</sup>, A.A. Malakhov<sup>3</sup>, D.G. Bessarabov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> – *Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

<sup>2</sup> – *JSC All-Russian Research Institute for Nuclear Power Plants  
Operation (VNIIAES), Moscow, Russia*

<sup>3</sup> – *DST Hydrogen Infrastructure Center of Competence (HySA  
Infrastructure), Faculty of Engineering, North-West University,  
Potchefstroom, South Africa*

Safety is widely recognised as one of the most important issues facing the furtherance of hydrogen use. The importance of developing mitigation strategies for hydrogen safety has increased by a large extent in recent years [1]. Hydrogen is considered as one of the leading fuels for a renewable and environment friendly energy carrier in the near future [2]. The high-pressure storage and use of hydrogen pose unique challenges due to its simplicity of leaking, low-energy ignition, a wide range of combustible fuel-air mixtures, high buoyancy and diffusion in air rate.

The experimental HySA Infrastructure facility [3] represents a part of an underground mining tunnel. Large-scale experiments on hydrogen-air distribution have been performed in a standard ISO 40ft container which is 12.11 m in length, 2.39 m in height and 2.34 m in width. The total inside volume is 67.7 m<sup>3</sup>. The geometry of the facility has a completely open side, that is, it is open to the atmosphere. Hydrogen escapes the experimental facility through the open boundary. The source of hydrogen is located on the front wall of the container at a distance of 1.02 m from the floor and 0.33 m from the side wall. Pure hydrogen was used in the experiments.

The purpose of the research is a numerical simulation and validation of the hydrogen distribution in the ventilation facility using the commercial STAR-CCM+ code [4]. Calculations have been performed for several types of conditions at which hydrogen is being released and two different leaks diameters. Both steady and

unsteady simulations have been conducted in order to get a better insight of modeling of the hydrogen moving inside a semi-closed space.

Numerical results demonstrated hydrogen motion in detail for semi-closed spaces such as underground tunnel conditions. Simulations showed the time dependence of non-uniform concentration distribution based on the conditions of the hydrogen release and the ventilation flow rates. Both experimental and numerical data can serve as valuable information concerning safety inside the area where the hydrogen concentration is in the flammability range.

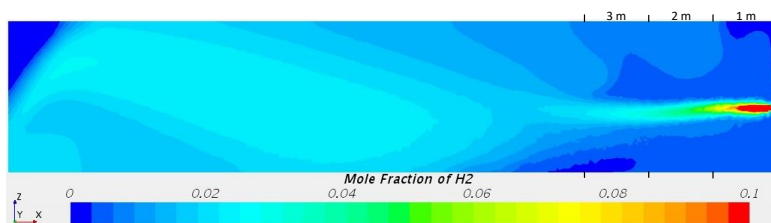


Fig. 1 – The cross-section of the hydrogen distribution at a leak point in the Y direction for some set of experimental parameters.

## References

- 1 Molkov V. Hydrogen safety research: state-of-the-art // Proceedings of the 5th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. – 2007. – V. 23. – P. 27.
- 2 Petrosyan V., Yeghoyan E., Grigoryan A., Petrosyan A., Movsisyan M. Characteristics of hydrogen monitoring systems for severe accident management at a nuclear power plant // Thermal Engineering. – 2018. – V. 65 (2). – P. 79-87.
- 3 Malakhov A.A., Avdeenkov A.V., Toit M.H., Bessarabov D.G. CFD simulation and experimental study of a hydrogen leak in a semi-closed space with the purpose of risk mitigation // Int. J. Hydrogen Energy. – 2020. – V. 45. – P. 9231- 9240
- 4 Papanikolaou E., Venetsanos A., Cerchiara G., Carcassi M., Markatos N. CFD simulations on small hydrogen releases inside a ventilated facility and assessment of ventilation efficiency // Int. J. Hydrogen Energy. – 2011. – V. 36(3). – P. 2597-605.

## **ANALYSIS OF ACOUSTIC MONITORING DATA REGARDING VVER REACTOR INSTALLATIONS**

*Zihad Ul Haque, A.V. Nakhabov, Sadbi Ahmad Sanam  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

The main goal of this research work is to analyze acoustic signals from different parts of the VVER type reactor installation and detect anomalous acoustic signals which can cause disturbance in the reactor installation. Nuclear power plant consists of sophisticated instruments. Continuous monitoring of these instruments is necessary to ensure their performance and also to prevent possible accidents. 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. There are numerous methods of acoustic monitoring system currently in use all over the world for different types of reactor installation. To enhance leakage fault detection performance, it’s a rule that there should be at least three systems of fault detection on different physical principles. And acoustic systems lead the list [1].

In my research work my aim is to analyze these methods and propose a method which is best suited for VVER type reactor installation. There may also be algorithm modification of the best suited method for achieving the expected result. Acoustic monitoring is carried out in different purposes in nuclear reactors. Acoustic leakage accident is one of most dangerous accidents in a nuclear power plant. The modern approach in case of an acoustic leakage is called “leak before rupture” concept. According to this concept, when a leakage forms, complete failure of the pipeline will not occur and the leakage will not transform into a complete through rupture until the size of the leakage exceed a critical value [1]. Loose parts of primary system were identified using acoustic monitoring system. Burst analysis method was applied over more than 2000 different bursts and their impact occurrences, spectral characteristics and impact sequences were evaluated [2]. Automatic diagnosis method was integrated in loose part monitoring system to obtain location,

mass and energy of loose parts immediately. This method is more reliable than conventional diagnostic method, since the conventional one analyzes data manually which is less reliable and time consuming [3]. At complicated three-dimensional structures the well-known acoustic methods based on the attenuation differences or the propagation time differences fail for localizing the leak because due to reflection and modes with different sound velocities, there are multiple propagation paths. To render possible leak localization at such topologies, the neural network approach was combined with acoustic methods [4].

### ***Reference***

1 Morozov S.A., Budarin A.A., Kovtun S.N. Development Of An Acoustic Leak Monitoring System // Atomic Energy. – 2007. – V. 103. – No. 6.

2 Olma B.J. Experience With Identification Of Loose Parts By Acoustic Monitoring Of Primary System // 8th Symposium on Nuclear Reactor Surveillance and Diagnostics, Göteborg, Sweden, May 27-31, 2002.

3 Jung-Soo Kim, In Koo Hwang, Kee-Choon Kwon, Joon Lyou. Development of Integrated Automatic Diagnosis Method for Loose Parts Monitoring System // 8th Symposium on Nuclear Reactor Surveillance and Diagnostics, Göteborg, Sweden, May 27-31, 2002.

4 Acoustic Leak Monitoring with Neural Networks at Complicated Structures // 8th Symposium on Nuclear Reactor Surveillance and Diagnostics, Göteborg, Sweden, May 27-31, 2002.

## **CLASSIFICATION AND CLUSTER ANALYSIS FOR NPP DIAGNOSTICS**

*Md Sohag Hossain, A.O. Skomorokhov, Md Rashedul Islam  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

A nuclear power plants (NPPs) are complicated systems, its experiences a number of transients during its operations. These

transients may be due to equipment failure, malfunctioning of process systems, etc. In case of any undesired plant condition the operator has to carry out diagnostic and corrective actions to prevent any adverse results. A study on various artificial neural network (ANN) algorithms for selecting a best suitable algorithm for diagnosing the transients of a typical nuclear power plant (NPP) is presented. The main objective of this study is to develop a neural network-based framework that will enhance the operator capability to identify such initiating events quickly and to take corrective actions [1]. We demonstrate several neural network algorithms for better diagnostics. We use KNN (K-nearest neighbor's) algorithms for classification problems. These algorithms have been trained and tested for several initiating events of a typical nuclear power plant. These (KNN) methods were applied to a boiling type and a burnout identification with the help of an acoustic noise. The acoustic noise information about the heat exchange processes was presented in the dimensionality reduced space [2]. We also demonstrate Tree algorithm for boiling diagnostics to solve classifications problems. And, finally we will be compared which algorithm is best one for operators supports for enhancing capability to take appropriate decision.

### ***References***

1 Santosh T.V., Gopika Vinod, Saraf R.K., Ghosh A.K., Kushwaha H.S. Health, Safety & Environment Group, Bhabha Atomic Research Center, Mumbai 400 085, India. Available online 1 December 2006.

2 Mogilner A.I., Skomorokhov A.O., Shvetsov D.M. The Institute of Physics and Power Engineering, Obninsk, Kaluga Region, USSR. Accepted for Publication November 12, 1980.

# COOLANT LEAKS DETECTION OF PRIMARY CIRCUIT IN NPP

*Md. Rasedul Islam, P.A. Belousov*

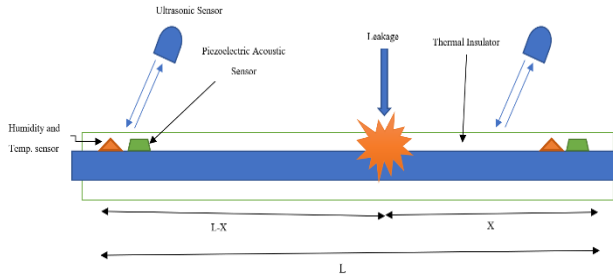
*Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

Acoustic noise and vibration appear when a high-pressure fluid outflows from the pipeline, and this noise and vibration is a source of information about the fact of depressurization of the circuits of the VVER-type reactor.

The coolant leaks detection of primary circuit equipment of a Nuclear Power Plant is very important by the Leak Before Break concept [1]. The aim of coolant leak monitoring is early detection of developing deviation from normal operation [2].

## **Proposed Design for Leakage Monitoring System:**

In this system three types of sensors are installed on each sensor



unit. Piezoelectric and Humidity sensor are placed inside the thermal insulator layer. On the other hand, Ultrasonic displacement sensor is placed outside of the sensor unit. In this system can monitor and analysis before leakage condition of the pipeline and valves. By using this system it's possible to detect different stages of leakage such as cracks inside material of pipeline, micro leakage to identified leakage and displacement of pipeline too.

Here  $L$  is the total distance between two sensors and  $X$  is the location of the leakage from nearest sensor.

So, the approximate location between two sensors is,

$$X = \frac{LA}{A+B}$$



### Experimental Setup and Analysis:

The aim of this experiment is to propose a method for detecting high-pressure pipeline leakage, including the size of leaks, using three-axis accelerometer sensors. The pipeline experiment was tested at the Innovation Centre Laboratory in IATE NRNU MEPH.

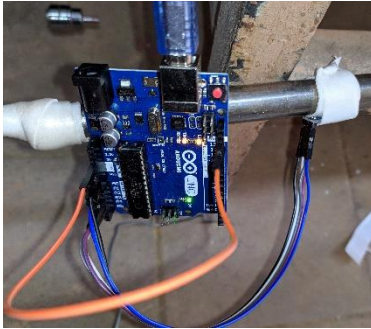


Fig. 2. Experimental Setup

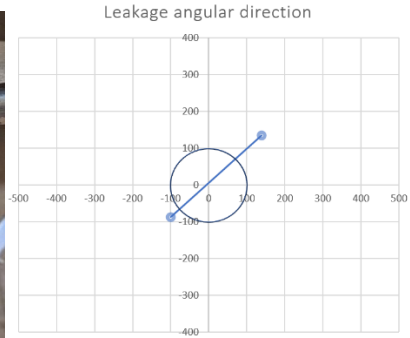


Fig. 4. Angular Direction of leakage

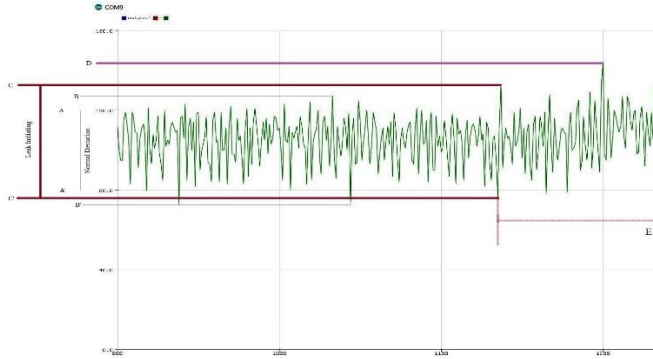


Fig. 3. X axis vibration signal

This experiment performed evaluation and analysis of vibration signals generating from the sensor and the performance of three axis ADXL335 accelerometer sensors by capturing features from the time domain. Fig. 3 represent that this system performed successfully to detect leakage and monitor the status of leakage in different state.

The specific angular direction of the pipeline (on the x, y, z axis) also identified by signal deviation analysis in Fig. 4.

### ***References***

1 Slavov S., Bakalov I., Vassilev H. Detection of primary coolant leaks in NPP. Int. Meeting 'Nuclear Power in Eastern Europe: Safety, European Integration, Free Electricity Market' and The Tenth Anniversary of Bulgarian Nuclear Society, Bulgaria, 2001.

2 International standard CEI/IEC 1250 - "Nuclear reactor - Instrumentation and control systems important for safety - Detection of leakage in coolant systems", 1994.

## **REGRESSION AND NEURAL NETWORK METHODS FOR NPP DIAGNOSTICS**

*Md Rashedul Islam, A.O. Skomorokhov, Md Sohag Hossain  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

Nuclear reactors are very complex system that are operated and monitored by the human operators. Corrective actions must be applied whenever potentially unsafe conditions occur. Control of these situations requires knowledge of existing conditions as well as knowledge of the changes made during the control process. Any anomalous condition or failure of the equipment must be diagnosed and taken corrective actions. The diagnosis of a potentially unsafe plant condition should be quick and accurate. ANN is an information processing paradigm that is inspired by the way the biological nervous systems, such as the brain, process information, etc [1]. It is a system modeled, based on the human brain. It is natural that the human brain learns from experience. ANNs are sometimes called as machine learning algorithms. R is a programming language which possesses an extensive catalog of statistical and graphical methods. It includes machine learning algorithm, linear regression, time series, statistical inference to name a few. Regression is a technique used to mathematical model which describe or explain the relationships

between variables [2] and often times how they contribute and are related to producing a particular outcome together. The aim of linear regression is to model a continuous variable Y as a mathematical function of one or more X variable(s), so that we can use this regression model to predict the Y when only the X is known. In this study we have burnout data in which heat flux depends on pressure, flow rate and temperature and it is shown that the heat flux may be predicted by K Nearest Neighbour (KNN) regression algorithm in R programming. The KNN regression estimates the function by taking a local average of the training data set [3].

### ***References***

1 Santosh T.V., Gopika Vinod, Saraf R.K., Ghosh A.K., Kushwaha H.S. Application of artificial neural networks to nuclear power plant transient diagnosis // Health, Safety & Environment Group, Bhabha Atomic Research Center, Mumbai 400 085, India, 2006.

2 Sever G.A.F., Lee A.J. Linear regression analysis. – John Wiley & Sons publication, 2003.

3 Farahnakian F., Pahikkala T., LiljebergP., Plosila J. Energy Aware Consolidation Algorithm based on K-nearest Neighbor Regression for Cloud Data Centers // IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing, 2013.

## **ANALYSIS OF PASSIVE HEAT REMOVAL SYSTEM FROM THE CONTAINMENT SHELL OF POWER UNIT WITH VVER-1200**

*Sagor Kumar Kundu, V. Sevostyanov, V.I. Slobodchuk  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

An analysis of the passive heat removal system from the containment shell of the power unit with the VVER-1200 reactor (SPOT ZO) is carried out. The system considered is the protective safety system. Numerical simulation is performed using the ANSYS CFX code. The emergency situation with the loss of primary coolant and

its partial evaporation is considered. Steam comes out in the volume of the containment. This results in heating up of water in the heat exchanger of SPOT ZO. Natural circulation takes place in the system: the water heated in the heat exchanger rises to the tanks of emergency heat removal, where it is cooled and heat is released to the environment. The cooling water is re-circulated into the heat exchanger. The system operates on a passive principle.

The purpose of this study is to evaluate the thermal power removed by the system. Tasks are as follows:

1. To study the equipment of SPOT ZO;
2. To analyze the conditions of its operation;
3. To develop a simulation model of the system;
4. To estimate the heat to be removed by the system.

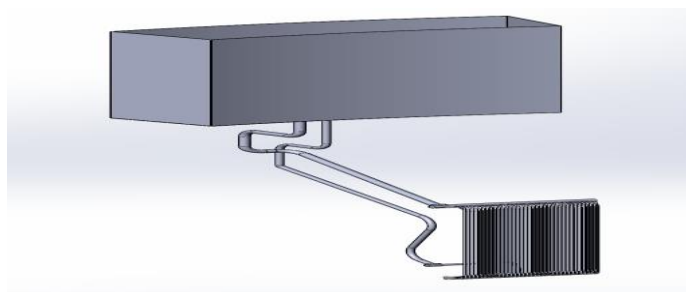


Fig. 1. 3D Model of Passive Heat Removal System Equipment

## ***References***

1 Ganguli A.A., Sathe M.J., Pandit A.B. et al. Hydrodynamics and heat transfer characteristic of passive heat removal systems: CFD simulations and experimental measurements // Chemical Engineering Science. – 2010. – V. 65. – P. 3457 – 3473.

## TO ESTIMATE RELIABILITY OF MECHANICAL EQUIPMENT OF NUCLEAR POWER PLANT

*Md Abdul Awal Rana, D.S. Samokhin  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

There are around twenty branches in a Nuclear Power Plant that operates to maintain the plant. One of the most important branches of them is 'Safety and Reliability'. Approximately forty percent of the investment is paid to ensure the safety and reliability of the plant. From time to time, generally once in a year; a report has to submit to IAEA about its safety. So, the knowledge of measuring safety of a plant is very important and useful to nuclear personnel. Goal of this research work is to estimate reliability of a particular component of nuclear power plant and make a comment analyzing the parameters. P K Vijayan and et al. were concerned after the Fukushima accident, according to them, the safety features of nuclear power plant are being re-examined worldwide to demonstrate capabilities to cope with severe accidents. In order to restore public confidence and support for nuclear power, it is felt necessary to design future NPPs with near zero impact outside the plant boundary and thus enabling elimination of emergency planning in public domain [1]. According to Hamid Saeed Raza, the community of nuclear power plant is facing a new challenge as commercial plants of the first generation get older. At present, some of the plants are approaching or have been exceeded the end of their nominal design life [2]. So the reliability and safety of these power plants are very important.

To calculate the reliability of the component, I will be using the equation:

$$F = \lambda_0 a_i \sqrt{n}$$

where

F - rate of failure of the device;

$\lambda_0$  - constant for the failure rate;

$a_i$  - coefficient of the material;

$\sqrt{n}$  - number of rivets.

### ***Reference***

1 Vijayan P.K., Kamble M.T., Nayak A.K. et al. Safety features in nuclear power plants to eliminate the need of emergency planning in public domain // Indian Academy of Sciences. – 2013. – V. 38. – Part 5. – P. 925–943.

2 Raza H.S. Management of ageing for Nuclear Power Plants // Failure of Engineering Materials & Structures, At UET Taxila. Mechanical Engineering Department, Vol.: Code 20, 2007.

## **ANALYSIS OF VIBRATIONAL MONITORING DATA REGARDING VVER TYPE REACTOR INSTALLATION**

*Sadbi Ahmad Sanam, A.V. Nakhabov, Zihad Ul Haque  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

The main goal of the vibration monitoring system is to observe, study and detect any vibration caused in the nuclear power plant working cycle by different factors. The paper presents vibrational data characteristics of the reactor pressure vessel (RPV), main circulation pump (MCP), steam generator (SG) and main circulation pipelines (MCP) where characteristics of vibration - displacement and frequency are used for data analysis.

The possible reasons of vibration are pressure fluctuation of the MCP, hydrodynamic forces acting on the fuel assembly bundle and change in coolant pressure and temperature. Root causes of rotating machine vibration may be loose parts, machine imbalance and resonance, shaft misalignment, wear, coupling error, pits, roughness and fracture presents in bearing, electrical effect and unscheduled maintenance [1].

The vibrational data analysis is required for plant maintenance, nuclear safety, reduction of the release of radioactive products, improvement of equipment lifetime, increment of safety and reliability [2]. Without proper vibration and noise detection system, may arise serious problem such as destruction, crack and rupture of the pipeline and so on.

The prime factors of the spectral characteristics of the Belakovo

NPP unit 3: VVER-1000 reactor monitoring and noise signals are described [3]. In [4] advanced vibration monitoring technique has been shown using a modular structure called “COMOSnt” for both pressurized water reactor and boiling water reactor. The data goes to the data acquisition center of COMOSnt diagnosis system where the collected data are visualized by computer. From here data are transferred to the COMOSnt data processing center.

The paper analyzes vibrational data of the advanced displacement sensor located at the reactor top, relative displacement sensor placed on SG, MCP and pressure pulsation sensor of the hot and cold pipeline legs collected from the Novovoronezh NPP unit 4. Several methods have implemented on vibrational data for analysis and visualization. Data processing and visualization is carried on R software. A baseline signal of the safe operation of the equipment has been measured.

## ***References***

1 Implementation Strategies and Tools for Condition Based Monitoring at Nuclear Power Plants - IAEA-TECDOC-1551, Vienna, 2007.

2 On-line Monitoring for Improving Performance of Nuclear Power Plants. Part 2: Process and Component Conditioned Monitoring and Diagnostics. IAEA Nuclear Energy Series, NP-T-1.2, Vienna, Austria, 2008.

3 Arkadov G.V., Oussanov A.I., Ovtcharov O.V., Pavelko V.I. Vibrations of the VVER-1000 EQUIPMENT // 8th Symposium on Nuclear Reactor Surveillance and Diagnostics, Göteborg, Sweden, May 27-31, 2002.

4 Kolbasseff A., Sunder R. Lessons Learned with Vibration Monitoring Systems in German Nuclear Power Plants // 8th Symposium on Nuclear Reactor Surveillance and Diagnostics, Göteborg, Sweden, May 27-31, 2002.

## **GENETIC ALGORITHM IN THE TASKS OF THE RELIABILITY CONTROL OF NPPS WITH A VVER REACTOR**

*A.K. M Shahabuddin, D.S. Samokhin, A.A. Rana, M.A. Mahdi  
Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU  
«MEPhI», Obninsk, Russia*

Genetic algorithm is one kind of search technique which is used in computing to find true or approximate solution for optimization problem. Nowadays the nuclear scientists are so much interested to apply this algorithm method in the field of nuclear industry. It is totally a bio-inspired artificial intelligence class of probabilistic optimization algorithms. The concept of genetic algorithm is taken from the genetics and evolutions of species applied as a genetic problem-solving technique in Computer Science. Genetic algorithm is a well-suited probabilistic algorithm and this algorithm can be used for hard problems with a large-scale space.

The term genetic algorithm, almost commonly shortened now to GA, was first used by John Holland [1]. Holland's played a significant role in the improvement of genetic algorithm. Some more results were found by Back and Muhlenbein in the evolutionary problems. They did some works about the convergence rate of the GA. Suzuki [2] also derived some works on the convergence rate and his work was related with a low-bound of the convergence rate for the simple GA.

Low public acceptance of nuclear power plant during the 1980's and 1990's was seen in the nuclear industry due to the Three Mile Island and Chernobyl accidents. Regulatory demands for the safety requirements and better guarantee of apparatus performance at the plant's end-of-life also shaped noteworthy work with respect to risk assessment, environmental qualification and retrofitting. As the plants age, equipment related problems such as component failure and obsolescence have become very critical. Genetic algorithms can solve some issues related with safety and the reliability problems of nuclear industries.



In this thesis we will focus on some specific issues of nuclear industries. We want to promote research and development of advanced technologies for improvement of safety, reliability, and productivity of present and future nuclear installations. Further, we want to design an enhanced Genetic Algorithm based on the analysis of Building Block Hypothesis in order to expedite the evolution process of Genetic Algorithm. Finally, we want to apply Genetic Algorithm to facilitate tolerance assignment in manufacturing planning. We want imply all of this application in the nuclear industries also.

### ***References***

1 Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. – University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan; re-issued by MIT Press (1992).

2 Suzuki J. A Markov chain analysis on simple genetic algorithms // IEEE Trans. Systems Man Cybernet. – 1995. – V. 25. – P. 655–659.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

*А.И. Алвахеба<sup>1</sup>, В.И. Сурин<sup>1</sup>, В.Г. Бекетов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия*

*<sup>2</sup> - Волгодонский инженерно-технический институт - филиал  
НИЯУ «МИФИ», г. Волгодонск, Россия*

Приведены результаты исследования структурных неоднородностей в корпусе проходки\_77\_АМЕ 1314.22.02.000 и построены потенциограммы «развертки» сварного соединения приварки корпуса проходки к диску. Электрофизический контроль выполнен ручным сканированием (преобразователь Х18Н10Т) в помещении с температурой 23 °С. Сканирование выполнено по восьми измерительным дорожкам. Перед проведением измерений поверхности сварного соединения были зашлифованы и обработаны ацетоном.

На высоких структурных уровнях обнаружены концентрации неоднородностей, в основном, в двух смежных граничащих областях, соответствующих первой и второй наплавкам (рефлексы темно-синего цвета и зеленые цветовые области). Отличия цветов характеризуют границы областей с различными значениями остаточных напряжений. Потенциограммы показывают, что формирующая структура металла сварного соединения характеризуется различными типами неоднородностей. Во-первых, можно сделать вывод о том, что неоднородности присутствуют как в слое первой, так и в слое второй наплавки. Во-вторых, видны области с неоднородностью типа «смещение кромок». В данном случае, причиной этого могут служить локальные несплавления вдоль границы соприкосновения двух наплавки, либо в той части, где первая наплавка прилегает к поверхности корпуса проходки.

*Исследование поддержано грантом РФФИ по договору №19-08-00266/19 от 10.01.2019.*

### ***Литература***

1 Miki M., Fahimuddin F., Anami K. Fatigue performance of butt-welded joints containing various embedded defects // J. Struct. Mech. Earthquake Eng., JSCE. – 2001. V. 18(1). – P. 13s-25s.

2 Edwards G.R. Inspection of welded joints // Vol. 6 ASM Handbook Welding, brazing and soldering. – ASM International USA: 1993. – p. 2627-2635.

3 Surin V. New potential for potentiometry // Nuclear Engineering International. – 2018. – V. 63(765). – P. 30-32.

4 Ryabikovskaya E., Surin V.I. Applying method of electrophysical diagnostics testing of uranium nitride under irradiation // Energy Procedia. – 2017. – V. 127. – P. 3-10.

5 Wadley H.N.G., Scruby C.B., Speake J.H. Acoustic emission for physical examination of metals // International Metals Reviews. – 1980. – V. 2. – P. 41-64.

6 Eitzen D.G., Wadley H.N.G. Acoustic Emission: Establishing the Fundamentals // Journal of research of the National Bureau of Standards. – 1984. – V. 89(1). – P. 75-100.

7 Alwaheba A.I., Surin V.I., Ivanova T.E., Ivanov O.V., Beketov V.G., Goshkoderov V.A. Detection of defects in a welded joint by scanning contact potentiometry // Nondestructive testing and evaluation, 2020.

8 Arefinkina S.E., Denisov R.A., Morozov A.A., Surin V.I. Relationship between deformational activity of the surface and electric properties of materials. // Modern problems of theory of machines – North Charleston: CreateSpace. – 2016. – V. 4(1). – P. 177-183.

9 Surin V.I., Polski V.I., Osintsev A.V., Dzhumayev P.S. Applying scanning contact potentiometry for monitoring incipient cracks in steels // Russian journal of nondestructive testing. – 2019. – V. 55(1). P. 59-67.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭРБИЯ В КАЧЕСТВЕ ВЫГОРАЮЩЕГО ПОГЛОТИТЕЛЯ В РЕАКТОРАХ ТИПА ВВЭР ПРИ РАБОТЕ НА УДЛИНЕННЫХ КАМПАНИЯХ**

*С.Х. Альассаф, В.И. Савандер, А.А. Хассан  
Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия*

Увеличение длительности кампании в реакторах с частичной перегрузкой топлива приводит к росту запаса реактивности топливной загрузки, который необходимо компенсировать в течение всей кампании. Для этой цели в реакторах типа ВВЭР-1000 используется наряду с жидкостной системой, основанной на растворении в теплоносители борного поглотителя, интегрированный в топливо выгорающий поглотитель на основе гадолиния. Его размещают в небольшом числе топливных элементах (ТВЭлах), но с относительно большой концентрацией, что создает сильную блокировку потока тепловых нейтронов в ТВЭлах. Эти недостатки не возникают в случае применения относительно слабых поглотителей, которые можно размещать либо во всех ТВЭлах. В качестве такого поглотителя в России используется природный эрбий.

В данной работе в рамках упрощенной модели выгорания топлива при частичных перегрузках (3-х и 2-х кратная перегрузка с обогащением урана до 5,5%) выполнена оценка влияние количества эрбиевого поглотителя, размещаемого в качестве выгорающего поглотителя во всех твэлах ТВС, на выгорание выгружаемого топлива, коэффициентов реактивности по плотности и температуре теплоносителя и объема жидкостной системы компенсации, Расчетные исследования с помощью программы «GETERA».

В первую очередь необходимо оценить влияние весовой доли эрбия в твэлах на проигрыш выгорания выгружаемого топлива [1]. Весовое содержание эрбия в твэлах  $X_{Er}$ , за реперный был взят вариант с жидкостной системой компенсации избыточной реактивности без использования  $E_g$ , Результаты расчетов представлены на рис. 1.

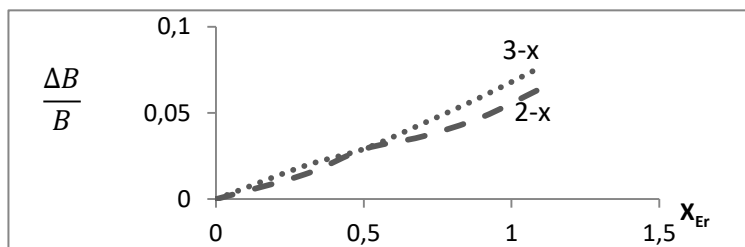


Рис. 1. Зависимость относительной величины проигрыша в выгорании топлива от содержания эрбия в твэлах.

Большим недостатком жидкостной системы компенсации избыточной реактивности является накопление на АЭС значительных объемов низко-активных жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Всестороннее снижение объемов этих ЖРО является актуальной задачей совершенствования реакторов типа ВВЭР [2].

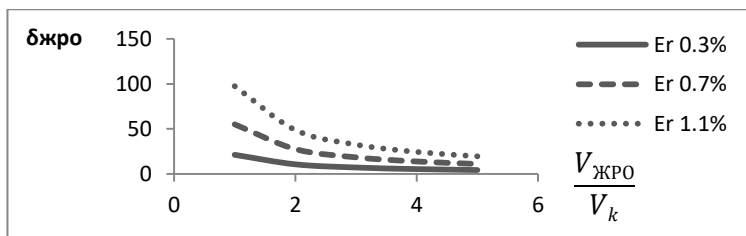


Рис. 2. Относительное снижения объемов ЖРО в зависимости от концентрации эрбия в твэлах.

### *Литература*

1 Bergelson B.R., Belonog, V.V., et al. VVER nuclear fuel burnup with different absorbers // Atomic Energy. – 2011. – V. 109. – № 4. – P. 240–245.

2 Семченков Ю. Использование топлива в реакторах типа ВВЭР, каково будущее этого направления и что необходимо для повышения эффективности его использования // Журнал Росэнергоатом. – 2014. – №11. – С. 8-13.

## **СИНТЕЗ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ОКИСЛЕНИЯ БИНАРНОГО РАСПЛАВА Sn – Al ВОДЯНЫМ ПАРОМ**

*С.Р. Асхадуллин, В.К. Милинчук, А.С. Шилина  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Относительно новым методом получения водорода можно считать термохимическое разложение воды [1]. Данный метод основан на окислении металлов водяным паром [2].

В атомной промышленности водород находит широкое применение [3]:

- топливо на водородных топливоэлементных пиковых или маневренных электростанциях;
- охлаждение мощных электрогенераторов (в качестве теплоносителя);
- топливо в газотурбинных установках на водороде.

Цель настоящей работы заключалась в апробации синтеза водорода в расплаве Sn-Al.

В данной работе изучали влияние температуры жидкометаллической среды на генерацию водорода. Разогревали установку до 400 °С, расплавляли олово, растворяли в нем 0,1% масс. алюминия. Далее разогревали дистиллированную воду до 50 °С и продували увлажненный аргон через реакционную емкость со слоем жидкого олова с алюминием с расходом газа 3 л/ч. Затем повторяли эксперимент при температуре олова 450 и 500 °С.

Контроль процесса осуществляли с помощью периодического хроматографического анализа проб отработавшей газовой смеси на объемное содержание водорода. Критерием окончания реакции являлось достижение  $\text{Сн}_2$  нулевого уровня.

Установлено, что генерация водорода при температуре жидкометаллической среды 400 °С носит конечный характер. Начиная с 80 мин. скорость реакции резко снижается.

Генерация водорода при температуре жидкометаллической среды 500 °С является линейной в течение 4 час. Скорость реакции составляет  $(0,19 \pm 0,01)$  л/ч.

Для дальнейших экспериментов выбрана рабочая температура жидкометаллической среды – 500 °С.

Необходимо изучить влияние на генерацию водорода следующих параметров:

- расход газовой смеси;
- температуры увлажнителя.

Необходимо провести испытания с большим количеством добавляемого алюминия.

### *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  $\text{AlOOH}$  // 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.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

*Р.М. Берестов, А.В. Неведин*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Быстрое развитие техники, удешевление производства и повышение производительных мощностей при помощи включения всё более развитых технических средств, развитие вычислительных систем и медицинской техники ставят задачу создания всё более продвинутых систем или устройств взаимодействия и управления данными техническими средствами.

Целью работы было применение неинвазивного нейроинтерфейса для управления роботизированными системами по средствам интерпретации сигналов ЭЭГ.

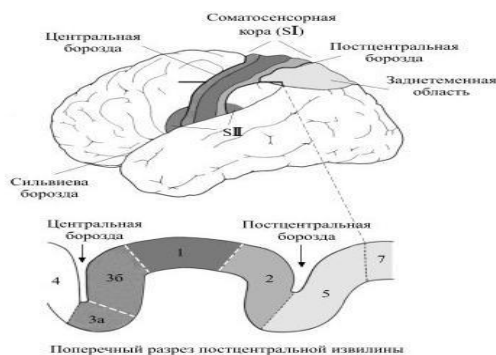


Рис. 1. Регионы соматосенсорной коры головного мозга  
1, 2, 3а, 3б – поля соматосенсорной коры; 5, 6 – поля заднетеменной коры; 4 – поле моторной коры.

Применение нейроинтерфейса позволит снимать сигнал потенциала готовности с моторной коры прецентральной извилины головного мозга, представленной на рис. 1, который отражает желание выполнить какую-либо моторную функцию. Интерпретация данных сигналов предположительно позволит реализовать систему управления техническими средствами (роботизированным манипулятором).

Также предполагается использование в системе матриц по 8 электродов для снятия показаний активности моторной коры и дальнейшей обработки для получения управляющего сигнала.

В результате были разработаны структурная (рис.2), функциональная и электрическая схемы системы, в дальнейшем планируется сборка прототипа системы и его тестирования.

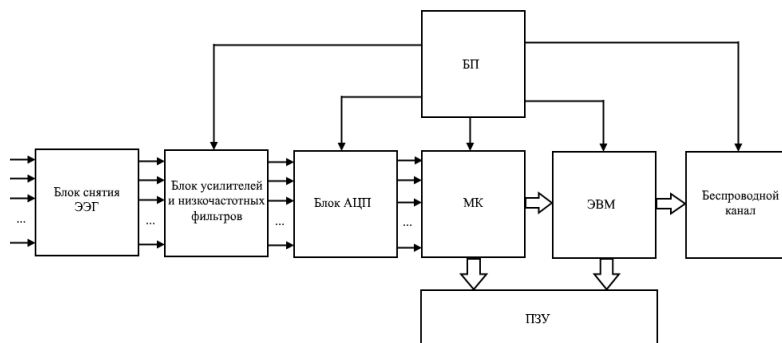


Рис. 2. Структурная схема системы

### *Литература*

1 Künzle H. Cortico-cortical efferents of primary motor and somatosensory regions of the cerebral cortex in Macaca fascicularis // Neurosci. – 1978. – V. 3. – P. 25–39.

2 Kulics A.T., Cauller L.J. Cerebral cortical somatosensory evoked responses, multiple unit activity and current source-densities: their interrelationships and significance to somatic sensation as revealed by stimulation of the awake monkey's hand // Exp Brain Res. – 1986. – V. 62. – P. 46–60.



# РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА

*Р.М. Берестов, А.В. Неведин*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Целью работы была разработка носимого нейроинтерфейса для дальнейшего применения в системах нахождения отклонений электроэнцефалограммы, свидетельствующих о нарушении физического здоровья оператора и психических отклонений, нежелательных в процессе эксплуатации оборудования повышенной ответственности.

Использование для обработки полученных данных одноплатного микрокомпьютера (МК) обеспечит необходимую мобильность системы и позволит производить изменения конфигураций программного обеспечения в зависимости от поставленных задач.

Структурная схема разрабатываемого устройства показана на рис.1

Устройство состоит из восьми каналов съёма данных, необходимых для регистрации волн головного мозга. Каждый канал в свою очередь состоит из измерительных электродов, блоков усилителей и фильтров частоты в диапазоне от 1 Гц до 200 Гц и АЦП.



Рис. 1. Структурная схема нейроинтерфейса.

В результате был разработан мобильный нейроинтерфейс, который позволит проводить снятие и обработку ЭЭГ в режиме реального времени. Также, благодаря встроенным в микрокомпьютер модулям беспроводной передачи данных, возможен обмен данными с ЭВМ для дальнейшей обработки и интерпретации полученных данных или внесения изменений в программное обеспечение нейроинтерфейса.

Данный нейроинтерфейс может быть применим в системах контроля физического и психического состояния операторов систем, требующих повышенной ответственности, также рассматривается возможность применения нейроинтерфейса для управления при внесении модификаций.

### *Литература*

1 Попечителей Е.П., Корневский Н.Л. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника. Теория и проектирование. – М.: Высшая школа, 2002. – С. 108-111.

2 Метод клинической электроэнцефалографии (методика, история, показания и проведение) – [Электронный ресурс] // URL: [https://svs.kz/index.php?do=static&page=deat\\_diagnostik\\_eeg](https://svs.kz/index.php?do=static&page=deat_diagnostik_eeg) (дата обращения 9.04.2018).

3 Medicalxpres – [Электронный ресурс] // URL: <https://medicalxpress.com/journals/journal-of-neural-engineering/> (дата обращения 20.05.2018).

## **УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛИРУЕМОСТИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН ЭНЕРГОБЛОКОВ ВВЭР-1000**

*В.В. Бойко, А.А. Лапкис*

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал  
НИЯУ «МИФИ», г. Волгодонск, Россия*

В течение более чем 20 лет НИИ атомного энергетического машиностроения ВИТИ НИЯУ МИФИ разрабатывает и

внедряет системы мониторинга оборудования АЭС методами технической диагностики, включая виброакустический.

При внедрении виброакустического контроля машины перегрузочной (МП) энергоблока ВВЭР-1000 возник вопрос о поиске параметров, наилучшим образом описывающих вибрационное состояние её механизмов. Традиционно системы вибродиагностики обращаются к таким признакам, как среднеквадратическое значение (СКЗ) и пик фактор (ПФ) [1].

Свойство изолируемости означает, насколько различные состояния оборудования разделяются при применении данного метода контроля. Для оценки данного свойства были применены следующие шаги:

- отображение режимов работы механизмов МП в виде кластеров точек в безразмерном пространстве признаков с помощью z-нормирования;

- построение профиля компактности в соответствии с [2].

Профиль компактности вычислялся по формуле:

$$R(j, X^m) = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m [y_j \neq y_{j;xi}],$$

где  $R(j)$  - доля объектов выборки, для которых  $i$ -й сосед лежит в другом классе;  $X^m$  - выборка;  $y_i$  и  $y_{j;xi}$  - элементы обучающей и контрольной выборки,  $m$  - длина выборки.

Для повышения изолируемости к традиционно применяемым признакам – СКЗ и ПФ виброускорения – была добавлена оценка коэффициента эксцесса (КЭ) распределения виброускорения. КЭ – статистическая характеристика, определяющая островершинность распределения случайной величины. В практике вибродиагностики подшипников рост КЭ связывают с нарастанием степени износа [3].

На примере вибросигналов, зарегистрированных во время перегрузки топлива на Ростовской АЭС в 2018 г. [4], показано (рис. 1), что наихудшим свойством изолируемости обладает набор признаков, из которого исключён КЭ.

Таким образом, для улучшения свойства изолируемости виброакустического контроля МП следует анализировать также и форму распределения параметров вибрации.

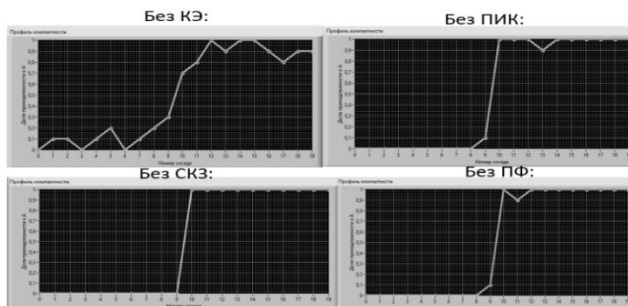


Рис. 1. Пример зависимости профиля компактности от признаков

### *Литература*

1 Гаврилин А.Н. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2 // А.Н. Гаврилин, Б.Б. Мойзес; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 128 с.

2 Гитис Л.Х. Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования // Издательство Московского государственного горного университета. – 2001. – 104 с.

3 Метод эксцесса // Baltech Reliability technologies [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vibropoint.ru/metod-ekscessa/> (дата посещения: 13.03.2020 г.)

4 Бойко В.В., Лапкис А.А. Построение эталонных виброакустических портретов операций перегрузки ядерного топлива // СОТБ: материалы VI Всероссийской конференции и школы для молодых ученых – Ростов-на-Дону; Таганрог: издательство Южного федерального университета, 2019. – 213 с.

## АМЕРИЦИЙ – ВЫГОРАЮЩИЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ НЕЙТРОНОВ

*Ю.Е. Каражелевская, М.А. Левон, А.М. Терехова*  
*Обнинский институт атомной энергетики*  
*– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Ни в одной стране мира нет долгосрочной стратегии обращения с минорными актинидами (Np, Am, Cm). На практике происходит хранение или захоронение их в составе отработавшего ядерного топлива [1]. Существуют способы использования полезных свойств. Рассмотрим это на примере америция.

В одной тонне отработавшего ядерного топлива реактора ВВЭР-1000 содержится 0,7 кг америция. У изотопов америция высокие микроскопическое сечение поглощения в тепловой области (табл.1). Это позволяет рассмотреть использования америция, в качестве выгорающего поглотителя в реакторе на тепловых нейтронах.

Таблица 1  
Характеристики изотопов америция [2]

| Нуклид            | $T_{1/2}$ | $\delta_a$ , барн | $\delta_f$ , барн |
|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| Am <sup>241</sup> | 431,2 г.  | 630               | 3,1               |
| Am <sup>242</sup> | 16,02 час | 8000              | 6400              |
| Am <sup>243</sup> | 7380 г.   | 74                | 0,075             |

На примере ТВС реактора ВВЭР-1200 было проведено сравнение использования уранового топлива: без поглотителей, с гадолинием в качестве выгорающего поглотителя и с америцием в качестве выгорающего поглотителя (рис.1). Из рис. 1 видно, что эффект при использовании америция меньше, чем при использовании гадолиния. Но это не исключает возможность использования америция для выравнивания поля энерговыделения в активной зоне реактора на тепловых нейтронах.

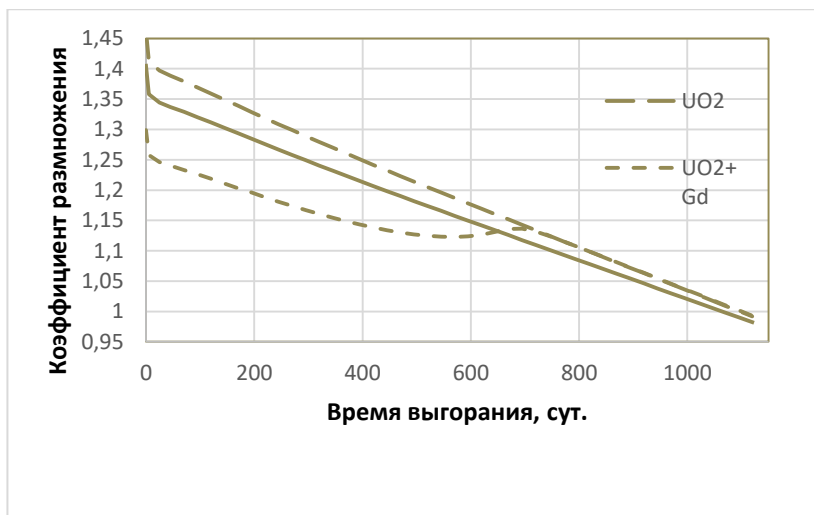


Рис. 1. Изменение  $K_{eff}$  в зависимости от времени облучения

### **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: Препринт ФЭИ–3284. — Обнинск, ГНЦ РФ–ФЭИ, 2018. — 14 с.

2 Бекман И.Н. Радиохимия// Лекции по дисциплине Радиохимия д.х.н., профессора МГУ Бекмана И.Н. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://profbeckman.narod.ru> (дата посещения 27.03.2020).

## **ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДИАПАЗОНА ИСТОЧНИКА СИСТЕМ АКНП ДЛЯ АЭС**

*Ю.С. Контелов*

*ЗАО “СНИИП-СИСТЕМАТОМ”, г. Москва, Россия*

В работе представлены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по

созданию термо- и радиационно-стойкой конструкции нового перемещаемого 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 терморadiационно-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  $4 \pm 1 \text{ см}^2$  (число импульсов за 1 с под воздействием потока нейтронов с плотностью  $1,0 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ ).

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. 2017. – P. 389–399.

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. - Вып.1. – С. 23–26.

## **ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАНАЛА С МИШЕНЯМИ ДЛЯ НАРАБОТКИ ИЗОТОПОВ В РЕАКТОРЕ ИВВ-2М**

*В.С. Костарев, Д.Н. Литвинов, Н.М. Аристов, В.А. Климова,  
О.Л. Ташлыков*

*ФГАОУ ВО УрФУ имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина, г. Екатеринбург, г. Екатеринбург, Россия*

Источники  $^{75}\text{Se}$  создаются путем размещения целевого материала  $^{74}\text{Se}$  внутри капсулы, который облучают в реакторе потоком нейтронов [1]. Свойства  $^{75}\text{Se}$  ограничивают выбор материала капсулы, а также требуют строго определенных параметров нейтронного потока и температуры целевого материала во время облучения.

Целью представленной работы является теплогидравлический анализ работы канала исследовательского реактора ИВВ-2М с облучательными устройствами для наработки радиоактивного изотопа селен-75 с помощью компьютерного моделирования. За основу при моделировании была взята мишень для наработки изотопов на 10 мест (рис. 1).

Теплогидравлическое моделирование с использованием пакетов вычислительной гидродинамики является эффективным средством оценки условия протекания теплогидравлических процессов и поиска решений по их оптимизации [2].

Для достижения целей моделирования решались следующие задачи: создание твердотельной модели камеры; определение параметров компьютерного моделирования в SolidWorks Flow Simulation и проведение верификационного расчета; анализ результатов. Для моделирования гидродинамики здесь используются усредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса в формулировке сохранения энергии, углового момента и массы в декартовой системе координат. Расчет проводился с использованием высокодетализированной сетки (седьмой уровень).



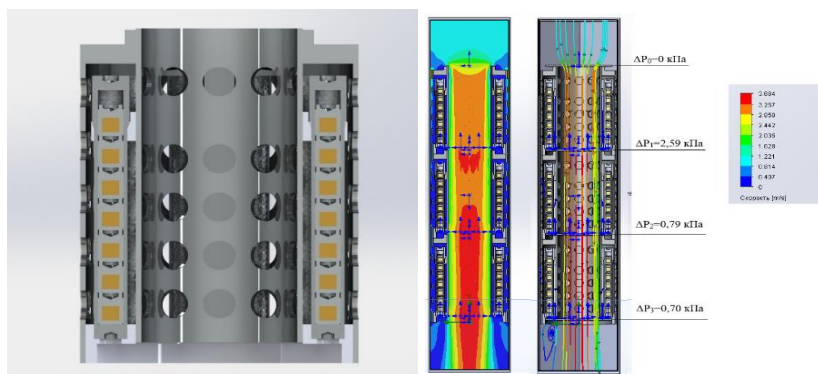


Рис.1. Мишень для наработки изотопов (а) и результаты гидравлического моделирования потока в канале (б): 1 – целевая капсула с исходным изотопом; 2 – сепаратор на 10 мест

При моделировании рассматривалась внутренняя задача – течение воды в облучательном канале реактора, с тепловыделением в месте нахождения металлического селена, предназначенного для наработки изотопа селен-75. В качестве исходных были заданы параметры, соответствующие параметрам теплоносителя в активной зоне реактора ИВВ-2М.

### *Литература*

1 Русских И.М., Ташлыков О.Л. Получение радиоактивных изотопов в исследовательском ядерном реакторе для экспериментальных исследований свойств гомогенных радиационно-защитных материалов // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых УралЭНИН. Екатеринбург: УрФУ, 2016. - С. 254-257.

2 Шумков Д.Е., Климова В.А., Ташлыков О.Л., Селезнев Е.Н. Повышение надежности охлаждения облученных топливных сборок ИЯР ИВВ-2М в шахте-хранилище // Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2017. Тез. докл. IV Международной научной конференции. Екатеринбург: УрФУ, 2017. - С. 122-123

3 Литвинов Д.Н., Севастьянов М.М., Куртеев А.В., Климова В.А., Ташлыков О.Л. Моделирование теплогидравлических процессов в шахте-хранилище облученных ТВС реактора ИВВ-

2М / Научно-практическая конференция «Ядерные технологии: от исследований к внедрению». Сборник материалов (Нижний Новгород, 21 ноября 2018 г.), НГТУ, 2018. - С. 18-19.

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА БЩУ АЭС**

*А.В. Неведин, Р.М. Берестов*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

АЭС представляет собой технически и технологически сложное предприятие, нормальное функционирование и безопасность которого являются нетривиальной задачей. Для нормального функционирования АЭС в целом предусмотрено большое количество систем контроля, управления и безопасности. В реальных условиях в большинстве систем независимо от степени их автоматизации требуется в той или иной мере участие человека, а там, где работает человек, возможны ошибки. Они возникают с разной частотой и последствиями в зависимости от уровня подготовки, квалификации, опыта, физического состояния. Под ошибочными действиями понимается непреднамеренное неправильное действие персонала в процессе выполнения им своих обязанностей или пропуск действий, установленных эксплуатационными инструкциями, так называемый человеческий фактор.

Целью работы была разработка системы контроля состояния оператора БЩУ АЭС, которая подразумевает вывод оператора из состояния дремоты и сна, для предотвращения возможных неправильных действий в процессе выполнения им своих обязанностей и не допустить пропуск действий из-за недееспособности оператора.

Контроль состояния оператора будет проводиться за счет нейроинтерфейса. Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ, мозг-машинный интерфейс, ММИ, интерфейс мозг-компьютер, ИМК)

– это устройство, выполняющее преобразование данных об электрической или метаболической активности мозга человека или животного в сигналы управления внешним техническим устройством.

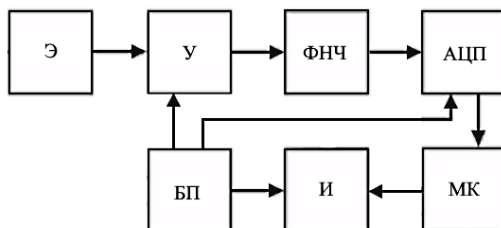


Рис. 1. Структурная схема

Э – блок электродов для снятия сигналов;  
У – блок усилителей;  
ФНЧ – фильтр низких частот;  
АЦП – аналого-цифровой преобразователь;  
МК – микроконтроллер;  
И – исполняющий элемент;  
БП – блок питания устройства.

Нейроинтерфейс производит снятие ЭЭГ головного мозга пациента, проводит предварительную обработку сигналов и выполняет отправку данных по интерфейсу связи для дальнейшей обработки и анализа. По окончании обработки полученных данных согласно программе микроконтроллер подает управляющий сигнал на исполняющий элемент. НКИ представляет из себя 4 канала съёма электроэнцефалограммы, блок фильтров и усилителей, микроконтроллер и исполнительный элемент.

Структурная схема разрабатываемой системы показана на рис.1

### *Литература*

1 Быков М.П. Анатомия головного мозга. Фотографический атлас. – М.: Практическая медицина, 2009. – 96 с.

2 Звездочкина Н.В. Исследование электрической активности головного мозга человека. – Казань: Казанский университет, 2014. – 59 с.

## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ОТРАСЛИ**

*Д.А. Распопов, П.А. Белоусов*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Одной из разновидностей аварий на ядерных энергетических объектах являются пожары. Причиной большинства пожаров являются возгорания, короткие замыкания и неполадки в электросистемах: электрошитах, электропроводке и в установках флюоресцентного освещения [1]. При таких аварийных ситуациях на ядерных промышленных объектах происходит нарушение их безопасной эксплуатации, при котором наблюдается выход радиоактивных продуктов и (или) ионизирующего излучения за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации границы в количествах, превышающих установленные значения.

Последствия таких аварий наносят колоссальный ущерб окружающей среде и рабочему персоналу, а также экономике стран. Поэтому проблеме обеспечения качественного электроснабжения объектов ядерной отрасли уделяется повышенное внимание в современном мире. Важной задачей является прогнозирование вышеперечисленных аварийных ситуаций. Поэтому в настоящее время актуальна разработка интеллектуальных систем для постоянного мониторинга и диагностики электрической сети, способным сигнализировать и отключать дорогостоящее технологическое оборудование при опасности аварийной ситуации и заранее находить причину будущей аварии в энергосистемах объектов ядерной отрасли.

Такие системы на западе получили название Smart Grid, а в России они известны как активно-адаптивные [2].

На рис. 1 показан прибор Smart Socket – Smart Energy Systems, разработанный на грант в ИАТЭ НИЯУ МИФИ, который позволяет оцифровывать данные тока и напряжения с соответствующих датчиков с максимальной частотой до 2 МГц.

С помощью устройства, изображенного на рис.1, был проведен эксперимент по сбору данных с различных по характеристикам потребителей электрической энергии. При помощи спектрального, корреляционного и статистического анализа, методов понижения размерности (метод главных компонент) и современных методов машинного обучения [3], в работе был разработан алгоритм распознавания и идентификации типа потребителя электрической энергии для интеллектуальных систем. Информативными признаками в работе выступали параметры тока и напряжения, снятые с потребителей на разных частотах дискретизации и под разными нагрузками.



Рис. 1. Прибор Smart Socket – Smart Energy Systems

### *Литература*

- 1 Старшинов В.А. Электрическая часть атомных электростанций: Учебно-методический комплекс. – Москва, 2012. – 157 с.

2 Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SmartGrid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

3 Friedman J., Hastie T., Tibshirani R. Additive logistic regression: a statistical view of boosting // Annals of Statistics. – 2000. – V. 28(2). – P. 337-407.

## **ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ СТАЛЕЛИТЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В МАШИНАХ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК**

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

На сегодняшний день на сталелитейных производствах применяются машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). При их работе жидкая сталь непрерывно заливается в охлаждаемую форму (кристаллизатор). Охлаждение кристаллизатора осуществляется водой. Недостатки системы водяного охлаждения кристаллизатора: ухудшение теплообмена при возникновении кризиса теплообмена при кипении воды, необходимость обеспечения высоких скоростей (6-10 м/с) течения воды через охлаждающие каналы кристаллизатора. Поэтому подогрев воды ограничен узким диапазоном температур (не более 10°C). Отклонение приводит к остановке процесса литья и выходу из строя кристаллизатора.

Количество тепловой энергии, получаемой при охлаждении стали в кристаллизаторах, достаточно для экономически оправданной генерации электроэнергии, что позволяет сократить затраты электроэнергии при производстве стали до 40%. Однако термодинамические параметры воды на выходе из кристаллизатора недостаточны для реализации паросилового цикла [1].

Решение проблемы утилизации тепла кристаллизаторов возможно за счет охлаждения МНЛЗ свинецсодержащим

теплоносителем, последующей генерации водяного пара и осуществления паросилового цикла с получением электроэнергии. Жидкометаллические теплоносители обладают рядом достоинств: малая упругость паров, высокие температуры кипения, электропроводность и молекулярная теплопроводность, термическая стабильность, хорошая теплоемкость и низкая вязкость [2]. Поэтому их использование возможно в системах с высокими температурами, но низкими давлениями, при высоких тепловых нагрузках и при использовании магнитогидродинамических насосов.

Для доказательства работоспособности жидкометаллического охлаждения МНЛЗ при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (договор № 19-48-400003) проведено расчетное моделирование процесса перемещения затвердевающей жидкой стали через канал кристаллизатора круглого сечения, охлаждаемого водой или эвтектическим сплавом свинца с висмутом.

Таблица 1

Основные результаты моделирования

| Теплоноситель | $T_{ст}, ^\circ\text{C}$ | $Q, \text{МВт/м}^2$ | Толщина затвердевшего слоя стали на выходе из кристаллизатора, мм |
|---------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Вода          | 120                      | 1,2                 | 29 мм                                                             |
| Pb-Bi         | ~ 490                    | 0,85                | 25 мм                                                             |

Моделирование проводилось с использованием CFD OpenFOAM для канала круглого сечения диаметром 0,15 м и длиной 0,7 м. Скорость перемещения стали через канал кристаллизатора задавалась равной 0,6 м/мин; температура стали на входе в кристаллизатор – 1500°C. Граничные условия:  $h(T_{ст}-T_a) = Q$ , где  $h$  - коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт/м}^2\text{K}$ ;  $T_{ст}$  – температура стенки кристаллизатора, °C;  $T_a$  – температура охладителя (вода, Pb-Bi),  $Q$  – отводимый тепловой поток,  $\text{Вт/м}^2$ . Значение коэффициента теплоотдачи к воде принималось равным 6,5  $\text{кВт/м}^2\text{K}$ , а к Pb-Bi 13-26  $\text{кВт/м}^2\text{K}$ . Температура охлаждающей воды 20 °C; температура охлаждающего Pb-Bi 450 °C. В качестве модели затвердевания выбрана модель Lee, модельный коэффициент был равен 40  $\text{с}^{-1}$ ,

температура затвердевания стали 1440°C, скрытая теплота перехода 84 кДж/кг.

Результаты моделирования представлены в табл. 1. Видно, что потоки тепла, снимаемые обоими теплоносителями, объемные доли твердой фазы стали на выходе из кристаллизатора практически равны. Т.е. принципиально возможна замена воды на Pb-Bi в МНЛЗ.

### ***Литература***

1 Михневич Ю.Ф. Непрерывная разливка стали. М.: Металлургия, 1990. - 296 с.

2 Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies // OECD/NEA Nuclear Science Committee, 2007 – 693 p.



## СЕКЦИЯ 2. ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

### ДОЗА ОБЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКА РАДИОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ДАЛАТА (ВЬЕТНАМ) ПРИ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ХРАНИЛИЩЕ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Уйен Во Тхи Тху<sup>1</sup>, Б.И. Сынзыныс<sup>1</sup>, Г.В. Лаврентьева<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики*

*– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> - КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия*

Система управления жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) центра ядерного реактора в Далате во Вьетнаме была создана и введена в эксплуатацию в июле 1984 г. После 10 лет эксплуатации надежность системы снизилась из-за воздействия старения оборудования и электронных компонентов, поэтому обеспечение безопасности является актуальной задачей. Ранее была оценена эффективность радиологической защиты от  $\gamma$ -излучения на хранилище РАО в Далате [1].

**Цель работы:** Определение дозы облучения и оценка риска для населения города Далат (во Вьетнаме) при аварийной ситуации на хранилище в ядерном центре.

**Материалы и расчет дозовых нагрузок и риска для населения по сценарию «Утечка жидкости» из хранилища.** Наиболее значительное количество собранных отходов находится в жидкой форме. Жидкие отходы низкого уровня собираются в резервуарах, расположенных в 4 м под землей. Каждый месяц центр ядерных исследований производит около 10–15 м<sup>3</sup> ЖРО с общей  $\beta$ -активностью от 0,37–37 кБк/л [2].

На основании полученных данных определили дозу облучения по формуле:  $РДН_i = H_{ing,i} + H_{inh,i} + H_{ext,i}$ , где:  $РДН_i$  – Расчет дозы на население для сценария утечки жидкости, Зв/год;  $H_{ing,i}$  – годовая доза внутреннего облучения населения от поступления радионуклида с пищевыми продуктами и водой,

Зв/год;  $H_{inh,i}$  – годовая доза внутреннего облучения населения за счет ингаляции от пыли, Зв/год;  $H_{ext,i}$  – годовая доза внешнего облучения населения, включающая облучение от загрязненной радионуклидом поверхности земли, Зв/год.

Величину индивидуального пожизненного радиационного риска возникновения генотоксических эффектов вычисляли по соотношению:  $R = K_r \cdot H_r$  где:  $H_r$  – ожидаемая доза от радионуклида  $r$  для населения, Зв/год;  $K_r$  – коэффициент риска злокачественных новообразований и наследственных эффектов для здоровья человека,  $\text{Зв}^{-1}$  ( $K_r = 5,7 \cdot 10^{-2} \text{Зв}^{-1}$ ).

Таблица 1

Доза облучения населения для сценария «Утечка жидкости»

| Радио-<br>нуклид  | $H_{ing,i}$<br>Зв/год | $H_{inh,i}$<br>Зв/год | $H_{ext,i}$<br>Зв/год | РДН <sub>i</sub> ,<br>Зв/год |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| $^{90}\text{Sr}$  | $1.55 \cdot 10^{-5}$  | $7.07 \cdot 10^{-7}$  | $3.54 \cdot 10^{-9}$  | $1.62 \cdot 10^{-5}$         |
| $^{137}\text{Cs}$ | $5.37 \cdot 10^{-7}$  | $4.08 \cdot 10^{-11}$ | $8.11 \cdot 10^{-8}$  | $6.18 \cdot 10^{-7}$         |

**Результаты и выводы.** При утечке жидкости из хранилища РАО доза радиоактивного облучения при нескольких путях воздействия РАО составляет  $1,62 \cdot 10^{-5}$  Зв/год для  $^{90}\text{Sr}$ , для  $^{137}\text{Cs}$  –  $6,18 \cdot 10^{-7}$  Зв/год) и в сумме не превышает допустимого предела дозы облучения для населения (1 мЗв/год).

Радиационный риск для здоровья населения при утечке жидкости из емкости для  $^{137}\text{Cs}$  равен  $3,52 \cdot 10^{-8} \text{год}^{-1}$ , от воздействия  $^{90}\text{Sr}$  радиационный риск для населения равен  $9,23 \cdot 10^{-7} \text{год}^{-1}$  и приемлем.

### *Литература*

1 Нгуен Н.Ч., Сынзыныс Б.И. Эффективность радиационной защиты при хранении радиоактивных отходов в ядерном центре в Далате (Вьетнам) // Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2018. 14 Международная научно-практическая конференция. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2018. – С.46-48.

2 Nguyen N. D. et al. Application of personal computers to the control system of the Dalat nuclear research reactor. IWCSMSA'96 Workshop. KEK, Tsukuba, Japan, 11-15 November 1996.

### **СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОГЕННЫЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСКИ. РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

#### **THE EFFECT OF VARYING COLLIMATOR GEOMETRY IN ALPHA-SPECTROMETRY OF ENVIRONMENTAL ANALYSIS USING MATLAB AND MONTE CARLO**

*P. A. Amoah, D. A. Pripachkin*

*National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia*

Assessment of radioactive aerosols in the atmosphere has always been an important field of study due to its effects on mainly biological systems. The efficiency in measuring these aerosols is therefore critical to research and industrial practice. The model of the collimator being considered here, is that of a triangular and a hexagonal shape. Since accumulation of alpha-particle emitting aerosols on the surface of the collimator and the detector may deteriorate the registered spectrum, there is the need to consider the material being used for the collimator as well [1]. The results in an investigation to determine the effect of collimation on the detection efficiency of alpha particles was assessed using a square cell. This would make it possible to develop new and improved apparatus for express spectrometry of alpha-emitting aerosols [2]. To determine the samples, randomly obtained data using Microsoft excel was used, taking into account the specified boundary conditions in a two-dimensional plane. Various indicator values ranging from 100 to 100,000 were analyzed to obtain the results of the log efficiency curve using Matlab shown in Fig. 1.

Subsequent counting efficiency curves were then determined relative to the dimensions. Other separately derived efficiencies (as indicated in Table 1) were obtained in further analyses by keeping the horizontal component constant and varying the vertical component dimensions between the collimator and the detector, and vice versa. To better determine the contribution of collimators with different geometries, Monte Carlo is being used to model a larger data set in a three-dimensional structure. This will certainly allow a

better view of the impact of collimators on the resolution and efficiency of the detector.

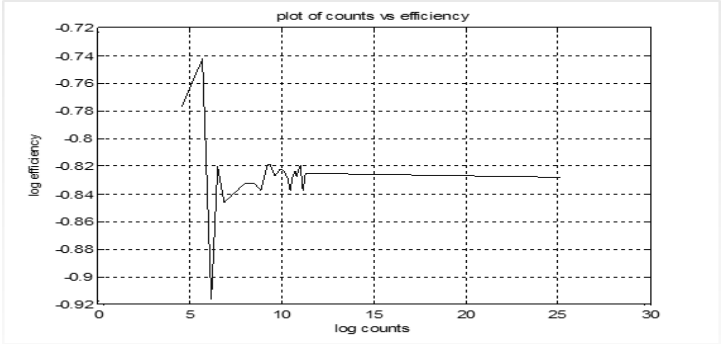


Fig.1 Log-graph of counts and efficiency

Table 1  
Maintaining a constant value of  $R_1$  to determine the corresponding efficiency ( $Eff_L$ ) at various distances  $L$

|  | Counts | $Eff_L=1$ | $Eff_L=5$ | $Eff_L=10$ | $Eff_L=20$ | $Eff_L=50$ | $Eff_L=70$ | $Eff_L=90$ | $Eff_L=100$ |
|--|--------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|  | 100    | 0.19      | 0.36      | 0.48       | 0.46       | 0.51       | 0.53       | 0.49       | 0.52        |
|  | 1000   | 0.14      | 0.38      | 0.41       | 0.48       | 0.48       | 0.51       | 0.47       | 0.49        |
|  | 10000  | 0.14      | 0.37      | 0.43       | 0.48       | 0.49       | 0.49       | 0.50       | 0.49        |
|  | 100000 | 0.15      | 0.38      | 0.44       | 0.47       | 0.49       | 0.49       | 0.50       | 0.50        |

**References**

1. Pollanen R., Perajarvi K., Siiskonen T., Turunen J. In-situ alpha-spectrometry of air filters at atmospheric pressure // Radiation Measurements. - 2013. –V. 53-54 – P. 65-70.
2. Pripachkin D.A., Aron D., Budyka A.K., Husein N.Yu. Influence of the collimator on the characteristics of semiconductor alpha-spectrometers when measuring radioactive aerosols // Atomic Energy. – 2018. – V. 125 – P. 119-123.

## PROSPECTS FOR ACHIEVEMENT OF GUARANTEED SAFETY OF SMALL NUCLEAR POWER PLANTS

*V.F. Demin<sup>1</sup>, A.A. Golosnaya<sup>1</sup>, S.A. Korolev<sup>2</sup>, V.P. Kuznetsov<sup>1</sup>,  
V.I. Makarov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> – *National Research Center «Kurchatov Institute» Moscow, Russia*

<sup>2</sup> – *National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow,  
Russia*

The development of any sector of the nuclear industry is entirely determined by ensuring the safety of the required level and achieving high economic efficiency. The strategy for the development of nuclear energy in Russia until 2050 and for the period up to 2100, adopted by Rosatom in December 2018, used the term "guaranteed safety" (GS). About nuclear power plants with high power reactors, this term has limitations in its definition and application.

The report considers the possibility of achieving guaranteed safety of nuclear power when using small nuclear power plants (SNPPs) in a more full and strict definition.

The issues of developing safety quality in the design line of KLT-40 - RITM reactor units are considered, based on the materials of the domestic floating SNPP project "Akademik Lomonosov" with the KLT-40C reactor, and materials on SNPP with the RITM-200 reactor, see in [1].

Low power of the residual heat generation compared with the conditions at large, nuclear reactors;

- make better use of passive safety features;
- provide sufficient water reserves for long-term passive core cooling to prevent the reactor core destruction;
- achieve the quality of non-destruction of the reactor vessel and retention of the melt inside the reactor vessel.

At the beginning of 2020, considerable experience has been accumulated in operating low-power reactors of atomic icebreakers, in designing, constructing and starting operation of the SNPP "Akademik Lomonosov," in developing the industry for the production of equipment for low power marine reactors, etc.

Analysis of the life cycle experience of Russian SNPP, including the latest design developments, allows us to formulate a more full and strict definition of GS in addition to limiting the probability of severe accidents:

- *in terms of engineering*: non-destruction of the reactor vessel during the loss of forced cooling and ensuring the physical safety of at least the last two safety barriers;
- *in terms of the environment and the public*: in the most severe accidents, the unconditional non-exceeding of radioactive contamination of environment and radiation doses to individuals in the population the established safety standards.

The experience accumulated allows the development of SNPP projects of ground-based and floating SNPPs with RITM-200 with additional improvements in safety quality, and bring it closer to the GB level formulated above.

### ***References***

1 Demin V.F., Golosnaya A.A., Korolev S.A., Kuznetsov V.P., Makarov V.I., Shmelev V.M. Issues of safety and civil liability insurance for nuclear damage from small nuclear power plants // Medical Radiology and Radiation Safety. – 2019. – V. 64. – No. 6. – P. 31-37.

## **RADIOSENSIVITY OF LEMNA MINOR TO GAMMA-RAYS FROM COBALT 60, AND INTERNAL BETA- IRRADIATION FROM TRITIUM: INDIRECT EQUIVALENT DOSE ESTIMATION**

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

Internal emitters are the most significant sources of radiation exposure for man and its environment. There are some natural internal emitters in everyone's body, such as  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ , and others. In recent years the nuclear power plants which annually release

several tens of kilograms have become the primary source of technogenic tritium in the environment. Tritium transmutation into  $\text{He}_3$  causes disruptions in the chemical bonding of the DNA, this leads to cell death and violation in the organism activity

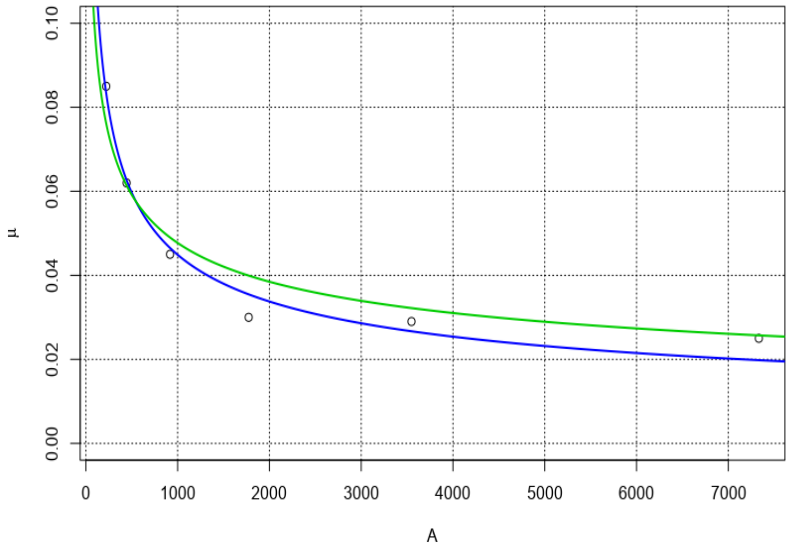


Fig. 1 Tritium activity dependency, and Gamma dose dependency on the specific growth rate Lemna minor duckweed

Lemna species have high sensitivity to both inorganic and organic substances; hence they are utilized as test organisms for water quality assessments and also for ecotoxicological researches regarding harmful effects of organic and inorganic elements, for example, heavy metals on aquatic plants. This work aims to determine the effect of internal  $\beta$ -irradiation dose from tritium, and irradiated gamma radiation of  $^{60}\text{Co}$  on Lemna minor duckweed specific growth rate. The response changes of the specific growth rate of Lemna minor duckweed was modeled using the logarithms of frond numbers on tritium activity concentration and gamma radiation dose from cobalt 60.

The concentration of tritium inside Lemna minor is difficult to measure. Therefore, it is assumed that the concentration of tritium

inside the duckweed plant is equal to the concentration in the surrounding water. This was previously confirmed (established) by other researchers. The quantity of the beta radiation dose increase in Lemna minor duckweed, a higher quantity of gamma radiation will be required to cause the same effect in the specific growth rate of Lemna minor duckweed. The relation between the inhibition of the Lemna minor seedling growth and gamma and beta radiation dosage agrees roughly with that between the decrease of survival rate or fertility and dosage. Tritium activity dependency, and Gamma dose dependency on the specific growth rate Lemna minor duckweed is illustrated in Fig. 1.

### **References**

1 Synzynys B.I., Momot O.A., Mirzeabasov O.A., Zemnova A.V., Lyapunova E.R., Glushkov Yu.M., Oudalova A.A. Radiological problems of tritium. // KnE Engineering. – 2018. – P. 249-260.

2 ISO/DIS 20079. Water quality – Determination of the toxic effect of water constituents and waste water to duckweed (Lemna minor) – Duckweed growth inhibition test. Reference number ISO 20079:2005(E).

## **LEGAL AND ECONOMIC MECHANISM OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA**

*O. Kenoll, A.P. Elokhin, A.I. Ksenofontov*

*National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia*

A paramount issue in Nigeria is the issue of environmental protection and the need to establish the practice of environmentally friendly programs in national development. Environmental degradation has continued to generate unpleasant challenges for health and economic development in Nigeria. Some of these problems include deforestation, domestic and industrial waste disposal, pollution, and global warming [1].



In most parts of the world, the most common framework for the management of environmental problems is through appropriate regulations. However, in Nigerian, the environmental policies and implementation system had not produced the desired result, both economic and environmental wise [2].

The Nigerian Federation has laws and regulations to safeguard the Nigerian environment [3]. Despite putting in place these environmental laws and policies targeted at improving on the problems, the Nigerian situation seems to degenerate since these laws are not effectively enforced [4]. A lot still needs to be done, in terms of enhancing institutional capacity and adopting economic measures for the management of pollution and control problems. This research examines Nigeria's environmental legal framework and the unresolved issues amidst environmental pollution and degradation in the country. Economic development activities, especially in the oil and gas sector, accelerate the deterioration of the environmental quality and play a prominent role in the transmission of communicable diseases in Nigeria [5]. This paper, therefore, examines the various sources of Nigeria's environmental problems, its existing legal and institutional arrangements and suggests strategies for effective environmental management in Nigeria.

### ***References***

1 Ifeanyi A. Environmental impact assessment as a tool for sustainable development: The Nigerian experience. Proceedings of the FIG XXII International Congress, April 19-26, Washington, D.C. USA, 2002. P. 1-13.

2 Onyenekenwa Cyprian Eneh. Managing Nigeria's Environment: The Unresolved Issues // Journal of Environmental Science and Technology. – 2011. – V. 4. – P. 250-263.

3 <https://www.mondaq.com/Nigeria/Energy-and-Natural-Resources/53804/Environment-Law-In-Nigeria>

4 Adelegan J.A. The history of environmental policy and pollution of water sources in Nigeria. (1960-2004): The way forward. 2004.

5 Ogbonna E.A., Ekweozor P. The Adverse Effects of Crude Oil Spills in the Niger Delta. // Urhobo Historical Society. – 2000.

# NATURAL RADIOACTIVITY AROUND ROOPPUR NUCLEAR POWER PLANT BEFORE COMMISSIONING

*Ramit Kumar Sadhukhan, B.I. Synzynys*  
*Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of NRNU*  
*«MEPhI», Obninsk, Russia*

Natural background radiation is all around us. Everyone is exposed to naturally occurring (e.g.,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{40}\text{K}$  etc.) together with anthropogenic ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  etc.) radionuclides present in soil, water, air and food. Accumulation of some of these elements in the environment might cause very serious health problems for people. These health effects primarily occur due to radiologic interactions of energetic particles and photons with living cells.

**Purpose of Work** – Determination of background radiation levels in the environment around Rooppur Power Plant before commissioning.

**Materials and Methods** - This research paper presents an overview of the radioactivity concentrations in soil, surface water, aquatic ecosystems and drinking water samples in the vicinity of nuclear power plants using data from [1] and [2], and presents the results of its implementation by using a gamma-ray spectrometry around the Rooppur NPP in the People's Republic of Bangladesh.

The results obtained during the radio-ecological studies around Rooppur allows for the obtaining data about the content of natural and artificial radionuclides in the environment and the evaluation of radiation doses that organisms/people experience due to the technogenic changes of background radiation in the region.

Table 1 presents the results of the radio-ecological monitoring of environment around Rooppur Nuclear Power Plant.

**Results and Conclusions** - The environmental survey has shown that the content of radionuclides in different components of observed freshwater ecosystems, soil and drinking water is low and is within the range reported world over and hence the radiation situation of the region is safe. There is no activity due to fallout in the Rooppur NPP site as implied by no detectable activity of  $^{137}\text{Cs}$  in soil samples. The

content of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  is relatively low and averaged 0.06 and 0.07 Bq/L, respectively. This study gives a baseline of radioactivity in the proposed Rooppur NPP site area and will allow the observation of changes and the identification of the impact caused by the operation of reactor on the environmental situation in this region.

Table 1

Radioactivity levels in soil, surface water, aquatic ecosystems and drinking water samples in Bq/kg (L)

| Component<br>Statistical Parameters | $^{238}\text{U}$ | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$ |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Soil samples                        |                  |                   |                 |
| Minimum and maximum                 | 11.1-34.5        | 19.5-42.6         | 289.1-511.1     |
| Mean                                | 17.9±4.9         | 26.6±5.6          | 379.6±49.9      |
| Surface water samples               |                  |                   |                 |
| Minimum and maximum                 | 110.7-214.3      | 129.5-302.7       | 299.7-467.9     |
| Mean                                | 175.5±25.9       | 247.8±40.5        | 379.6±45.3      |
| Bottom sediments of water bodies    |                  |                   |                 |
| Minimum and maximum                 | 14.9-122         | 21.5-211          | 340-852         |
| Aquatic flora of water bodies       |                  |                   |                 |
| Minimum and maximum                 | 0.2-41.7         | 0.2-70.3          | 0.87-1090       |
| Drinking water samples              |                  |                   |                 |
| Minimum and maximum                 | 0.11-0.71        | <0.5              | <1.5            |

### References

- 1 Mollah A.S., Chakraborty S.R. Radioactivity and Radiation Levels in and around the Proposed Nuclear Power Plant Site at Rooppur // Jpn. Health J. Phys. – 2009. - V. 44. – No. 4. – P. 408-413.
- 2 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. – 2019. – V. 4 – P. 108-112.

## **ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В ГРАНИЦАХ КАНЬОНА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТЕРАПИИ НА БАЗЕ НЕЙТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА**

*А.И. Адарова, А.Е. Чернуха, А.Н. Соловьев*

*МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Использование нейтронного излучения получает широкое применение в ядерной медицине. При этом необходимо учитывать порождаемую нейтронами радиоактивность.

В работе рассматривается концепция оценки радиационных полей в тонком слое воды в границах каньона. Каньон и размещенное в нем оборудование моделировались по представленному конструктивному плану в рамках пакета программ MCNP (Monte-Carlo Nuclear Particles).

В оценках принят коллиматор корпусного типа: тонкостенный корпус с каналом  $\sim 5$  мм из композита ВМД, спаянного на стыках оловом, засыпан вольфрамовой сферической крошкой  $\sim 3 - 4$  мм, залит борированным полиэтиленом. Нейтронный генератор (разработка ВНИИА им. Духова) с биологической защитой (Fe – скрап в борированном полиэтилене) размещен в каньоне за защитной стенкой из сборных бетонных фасонных изделий (в оценках принят NIST - бетон). Генератор установлен на поворотной раме из нержавеющей стали (аналог гантри). Моделировалась защитная стенка высотой 3,5 метра ломаной геометрии, с проемом для движения терапевтического стола.

Описана концепция оценки активации материалов с протяженным расположением. Суть концепции - верхняя оценка распределений активации на основе решений уравнения Бейтмана (образование радиоактивного изотопа и его распад при отсутствии выгорания активной компоненты).

Активность стальных (нержавеющая сталь) элементов конструкции гантри после 40 минут работы генератора составляет  $\sim 1.4 \cdot 10^6$  Бк. Оценка активности стальных элементов конструкции генератора показала, что основной

вклад в радиационное поле вносит нижний фланец генератора  $\sim 9.7 \cdot 10^8$  Бк. Также была оценена активность стальных элементов конструкции поворотного механизма гантри и цепного транспортера с несущими профилями из толстостенной круглой трубы, выдвигающего стол в процессе терапии, непосредственно под пучком из коллиматора и за защитной стенкой  $\sim 3.1 \cdot 10^6$  и  $8.4 \cdot 10^2$  Бк соответственно.

Оценки показали, что наличие проема в защитной стенке не приводит к увеличению поглощенной дозы в месте нахождения оперативного персонала. Поглощенная доза нейтронов и гамма излучения в границах каньона и за его пределами, в месте нахождения оперативного персонала, не превышает  $\sim (0.2 - 0.3)$  мкГр/ч, что соответствует нормам радиационной безопасности для персонала группы Б.

## **ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЕ НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРНЫХ МАСС**

*А.М. Акимов, Е.А. Магдыч, С.А. Котельникова  
Севастопольский государственный университет, Институт  
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, Россия*

Интенсификация процессов добычи и переработки минерального сырья, характерная для современного развития горного производства, связана с весьма значительным загрязнением окружающей среды, в частности, атмосферного воздуха пылью. Борьба с запыленностью воздуха при транспортировании горной массы на предприятиях ведется по следующим направлениям: гидрообеспыливание, локализация источников пылеобразования за счет связывания пылеватых частиц и создание поверхностных пленок (корок) [1,2].

Проведены лабораторные исследования по определению возможности снижения пыления пылящих поверхностей [3]. Исходя из факторов не дефицитности и экономичности, исследованы следующие реагенты:

- 0,1; 0,2; 1,2% полиакриламид (ПАА);
- 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0% гидролизированный полиакрилонитрил (ГИПАН), производимый на опытной установке;
- 0,16; 0,4; 1,2; 2,16; 3,6; 4,0% раствор едкого натра;
- 0,05% карбофлок – 131 А.

Результаты удельной сдуваемости пыли с пылящей поверхности от исследуемых реагентов представлены в табл.1.

Таблица 1

Зависимость удельной сдуваемости пыли с пылящей поверхности от исследуемого реагента

| № п/п | Исследуемый реагент | Концентрация реагента, % | Удельная сдуваемая мощность, мг/м <sup>2</sup> . час |
|-------|---------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| 1     | Полиакриламид       | 0,1                      | 4,3                                                  |
|       |                     | 0,2                      | 3,2                                                  |
|       |                     | 1,2                      | 2,6                                                  |
| 2     | ГИПАН               | 0,1                      | 5,1                                                  |
|       |                     | 0,2                      | 4,9                                                  |
|       |                     | 0,5                      | 3,1                                                  |
|       |                     | 1,0                      | 2,5                                                  |
|       |                     | 1,5                      | 1,9                                                  |
|       |                     | 2,0                      | 1,3                                                  |
| 3     | Карбофлок           | 0,05                     | 15,3                                                 |
| 4     | Едкий натр          | 0,16                     | 20,3                                                 |
|       |                     | 0,4                      | 18,6                                                 |
|       |                     | 1,2                      | 18,2                                                 |
|       |                     | 2,16                     | 18,0                                                 |
|       |                     | 3,6                      | 17,8                                                 |
|       |                     | 4,0                      | 17,1                                                 |

Анализ полученных результатов показал, что хорошо связующим поверхностный слой из исследуемых реагентов является 2% раствор ГИПАНа с расходом 4,0-6,0 л/м<sup>2</sup>. На основании этого ГИПАН принят в качестве одного из альтернативных закрепителей, представляющий собой раствор полимера, полученный методом динамического гидролиза

стриженных волокон полиакрилонитрила в щелочной среде едкого натра. Аналогами ГИПАНа является ГИПАН-07 и флокулянт К-9, выпускаемые в России.

### ***Литература***

1 Рекомендации по технологии закрепления и гидрообеспыливания хвостохранилищ. – ВНИИБТГ, 1990. – 30 с.

2 Ващенко В.С., Гайдук ВП., Шувалов Р.П. Обеспыливание при открытом складировании руд // Горный журнал. – 1972. – №9. – С. 73-75.

3 Акимов А.М. Способ предотвращения пылеобразования на поверхности хвостохранилищ отходов переработки гидрометаллургического завода // Сборник научных трудов СНУЯЭиП. – 2008. – № 08. – С. 16-24.

## **ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОДУКТОВ РАСПАДА РАДОНА-222 В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА**

*Г.Ф.Батраков<sup>1</sup>, Д.А.Кременчуцкий<sup>1</sup>, А.В.Холопцев<sup>2</sup>,  
Ю.С.Куринная<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – Морской гидрофизический институт РАН,  
г. Севастополь, Россия*

*<sup>2</sup> – Севастопольское отделение «Государственный  
океанографический институт имени Н.Н.Зубова»,  
г. Севастополь, Россия*

Радон-222 и его продукты распада вносят основной вклад в дозовую нагрузку населения. Научный интерес к исследованию временной изменчивости радона-222 и его продуктов распада (свинец-214 и висмут-214) в атмосфере обусловлен также возможностью их использования в роли трассеров для: определения содержания радикала НО в атмосфере; расчётов потоков газов (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) с поверхности земли; определения скорости газообмена через границу океан – атмосфера; исследования вертикального обмена в верхнем перемешанном и придонном слоях океанов; получения количественных оценок

62

стабильности атмосферы; изучения турбулентного обмена в атмосфере. Данные по концентрации короткоживущих продуктов распада радона позволяют определять границы внутритропической зоны конвергенции и происхождение атмосферных аэрозолей.

Мониторинг концентрации свинца-214 и висмута-214 проводился в период с июля 2011 г. по июнь 2017 г. Для этого использовалась воздухофильтрационная установка производительностью около  $500 \text{ м}^3/\text{час}$  и фильтр-полотно Петрянова марки ФПП-15-1,5. Отбор пробы атмосферных аэрозолей проводился в течении суток. По окончании отбора пробы фильтру придавалась геометрия, идентичная калиброванной. Измерения активности препарата проводились на низкофоновом гамма-спектрометре со сцинтилляционным детектором. Для определения абсолютных величин концентрации свинца-214 и висмута-214 решалась система уравнений, учитывающая их накопление в процессе отбора проб атмосферных аэрозолей и распад на различных интервалах времени (в процессе накопления на фильтре, за время от окончания отбора и до начала измерений, и в процессе измерений). Полученные величины соответствовали концентрации этих радионуклидов за последние два часа до момента окончания фильтрования. В общей сложности было отобрано и обработано 1179 проб атмосферных аэрозолей.

Исследована изменчивость концентрации радионуклидов на масштабах времени от синоптического до межгодового. Согласно полученным результатам, максимальные величины концентрации радионуклидов наблюдались в летний месяц, минимальные – в зимний. Максимальные величины превосходили минимальные в 25 раз. Получены количественные оценки влияния метеопараметров на временную изменчивость содержания свинца-214 и висмута-214 в приземном слое атмосферы севастопольского региона. В частности, показано, что на синоптическом масштабе времени изменчивость скорости ветра и относительной влажности воздуха являются доминирующими факторами.



*Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0827-2020-0004 при финансовой поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 20-45-920007.*

**МОДЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ  $^{131}\text{I}$   
В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ  
ВБЛИЗИ АО «НИФХИ ИМ. Л.Я.КАРПОВА»**

*А.А. Бурякова<sup>1,2</sup>, А.А. Удалова<sup>1</sup>, А.И. Крышев<sup>2</sup>, М.Н. Каткова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия*

Среди потенциальных источников появления радиоактивного йода в окружающей среде особый интерес представляет деятельность исследовательских реакторов и радиофармакологического производства. В г. Обнинске изготовление радиофармпрепаратов на основе  $^{131}\text{I}$ , применяемых для диагностики и лечения рака, осуществляется АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Радиоактивный йод является основным дозообразующим нуклидом в выбрасываемой смеси исследовательского реактора НИФХИ. Оказавшись во внешней среде и включаясь в цепи миграции, йод становится источником внешнего и внутреннего облучения населения.

Согласно данным радиационного мониторинга в г. Обнинске [1] во временной динамике наблюдается увеличение величины среднегодового выброса  $^{131}\text{I}$  и количества случаев регистрации радиойода в городе.

Цель настоящей работы заключалась в проведении консервативной оценки дозовой нагрузки на население, проживающее в ближайшем населенном пункте от рассматриваемого источника выброса радиойода - д. Доброе и на территории СНТ «Медик», за последние 5 лет.

Модельный расчет содержания  $^{131}\text{I}$  в окружающей среде выполнялся с использованием стандартной модели рассеяния примеси из источника выброса – гауссовой модели рассеяния. Оценка доз облучения населения осуществлялась по методике МТ 1.2.1.15.1176-2016 [2].

В ходе проведенных расчетов были получены результаты оценки дозовой нагрузки для детского (14-17 лет) и взрослого населения д. Доброе и СНТ «Медик» в 2015-2019 гг. с учетом множественных путей воздействия, представленные в табл. 1. Согласно полученным результатам наиболее высокие суммарные дозы облучения населения в результате выбросов радиойода АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в штатном режиме работы были характерны для территории СНТ «Медик» в 2018 г.

Таблица 1

Дозы облучения населения, проживающего вблизи источника выброса  $^{131}\text{I}$  АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» в 2015-2019 гг.

| Год  | Доза облучения населения, Зв/год |                      |                      |                      |
|------|----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | д. Доброе                        |                      | СНТ «Медик»          |                      |
|      | дети<br>(14-17 лет)              | взрослые             | дети<br>(14-17 лет)  | взрослые             |
| 2015 | $5,72 \cdot 10^{-7}$             | $5,30 \cdot 10^{-7}$ | $9,27 \cdot 10^{-7}$ | $8,58 \cdot 10^{-7}$ |
| 2016 | $1,24 \cdot 10^{-6}$             | $8,72 \cdot 10^{-7}$ | $2,01 \cdot 10^{-6}$ | $1,41 \cdot 10^{-6}$ |
| 2017 | $1,08 \cdot 10^{-6}$             | $9,97 \cdot 10^{-7}$ | $1,75 \cdot 10^{-6}$ | $1,62 \cdot 10^{-6}$ |
| 2018 | $1,48 \cdot 10^{-6}$             | $1,69 \cdot 10^{-6}$ | $2,40 \cdot 10^{-6}$ | $2,74 \cdot 10^{-6}$ |
| 2019 | $8,08 \cdot 10^{-7}$             | $9,23 \cdot 10^{-7}$ | $1,31 \cdot 10^{-6}$ | $1,49 \cdot 10^{-6}$ |

В целом, радиационная обстановка на исследуемой территории безопасна для населения. Полученные величины дозовой нагрузки в период деятельности НИФХИ с 2015 г. по 2019 г. были на три порядка величины ниже квоты предела дозы для населения, выделенной НИФХИ. Однако в связи с активным нарастанием объема производства радиофармпрепаратов необходимо регулярно проводить оценку влияния на население техногенного  $^{131}\text{I}$ , появившегося в окружающей среде вследствие производственной деятельности фармакологического

производства, для выявления степени защиты человека от воздействия факторов среды обитания.

### *Литература*

1 Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015-2018 гг. Ежегодники / Под ред. Шершакова В.М., Булгакова В.Г., Вакуловского С.М. и др. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016-2019.

2 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.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПРИДОННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ В ГЛУБОКОВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ**

*А.А. Василенко, А.П. Елохин*

*Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия*

Анализ радиационных аварий в России и за рубежом убеждает в необходимости разработки дистанционных (бесконтактных для человека) средств оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды [1]. В представленной работе рассматривается средство оценки радиоактивного загрязнения акваторий и их донной поверхности, например, прудов охладителей АЭС или прибрежной области японского моря в регионе японской АЭС «Фукусима-1» и др.

В работе рассматривается метод управления подводным беспилотным аппаратом, осуществляющим радиационный контроль придонных областей глубоководных акваторий (глубиной больше 10 м), и способ построения канала связи между оператором и аппаратом. Радиационный контроль осуществляется стандартным методом с использованием

спектрометрического, дозиметрического оборудования и эхолота, располагающихся на подводном аппарате [2].

Построение канала связи подводного дозиметрического комплекса (ПДК) с объектом, расположенным на земле, осуществляется следующим образом: в воде - путём передачи информации посредством ультразвука, до буферного устройства, плавающего на поверхности акватории, и через него, путём ретрансляции, - оператору на суше по радиоканалу. Передача информации с суши до подводного комплекса осуществляется в обратном порядке (см. рис. 1).

Когда ПДК находится на поверхности акватории, его управление осуществляется по радиоканалу.

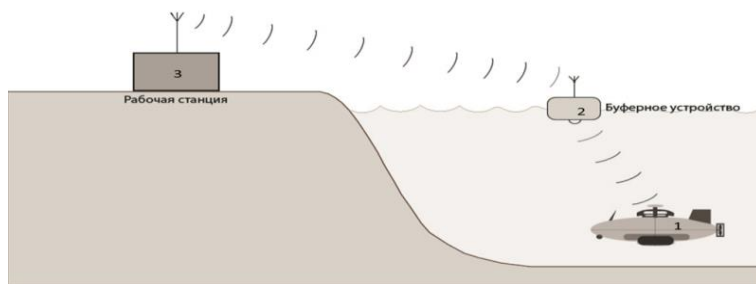


Рис. 1. Принципиальная схема приема и передачи информации ПДК. Обмен информацией ПДК (1) с буферным устройством (ретранслятором) (2), плавающим на поверхности водоёма. Данные с ретранслятора передаются на рабочую станцию оператору по радиоканалу (3)

Автоматизация управления ПДК осуществляется следующим образом: ПДК с  $\gamma$ -спектрометром, интегральным детектором  $\gamma$ -излучения и т.д., т.е. со всем оборудованием на борту, направляют в заданный сектор области акватории, в которой необходимо выполнить сканирование донной поверхности, осуществляют его погружение, затем, используя органы управления, подводят аппарат к заданной точке на заданную высоту от донной поверхности, используя показания эхолота. Измеряемые параметры радиоактивного загрязнения донной поверхности, регистрируемые детектором мощности дозы  $\gamma$ -

излучения и  $\gamma$ -спектрометром, кодируются и передаются оператору. Для наблюдения особенностей донной поверхности используется видеокамера.

### *Литература*

1 Елохин А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды. Монография. / М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.

2 Улин С.Е., Дмитренко В.В., Грачев В.М., Власик К.Ф., Утешев З.М., Ищенко А.Д., Духвалов А.Г., Боярчук К.А., Геча В.Я. Гамма-спектрометры на сжатом ксеноне для обнаружения и идентификации радиоактивных и делящихся материалов // Вопросы электромеханики. – 2010. – Т. 114. – С. 43-50.

## **УТИЛИЗАТОР ОРГАНИЧЕСКОГО МУСОРА С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ТЕПЛА**

*М.В. Вилков, А.В. Ванюшкин, Н.А. Яценко  
НПП «Ресурсосберегающие технологии утилизации»,  
г. Жуков, Россия*

Существенная часть отходов является органическими соединения, которые в природной среде разлагаются столетиями. В то же время медленное разложение сопровождается выбросом в окружающую среду вредных элементов и соединений [1].

Наилучшие доступные технологии переработки и утилизации органического мусора [2]: преобразование мусора и использование получившихся материалов; получение энергии за счет сжигания мусора; захоронение мусора. Захоронение органического мусора возможно лишь в условиях отсутствия альтернативных источников его утилизации. В ряде стран оно запрещено или сопровождается наложением штрафов, но стимулируется его переработка.

В числе разных способов преобразования органического мусора выделяют его термическое разложение в бескислородной среде, чаще называемое пиролизом [3]. Такой метод утилизации позволяет из вредного мусора, коим по сути являются

органические отходы, получить ценные продукты (пиролизное масло, горючий газ, углерод, металлолом и др.).

Для интенсификации процесса в НПП РСТУ при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (Договор №11ГС1С7-15/48697) проводится обоснование использования более эффективного теплоносителя по сравнению с используемым воздухом. Рассматриваются водяной пар, сплав легкоплавких металлов и боратно-нитритный антифриз. Такое техническое решение позволит интенсифицировать процессы теплообмена и, как следствие, обеспечить высокую удельную производительность оборудования.

К настоящему времени создан прототип утилизатора твердого мусора (см. рис.1), проведены пуско-наладочные работы, подтвердившие его работоспособность, разработана программа и методика испытаний для подтверждения технических характеристик.

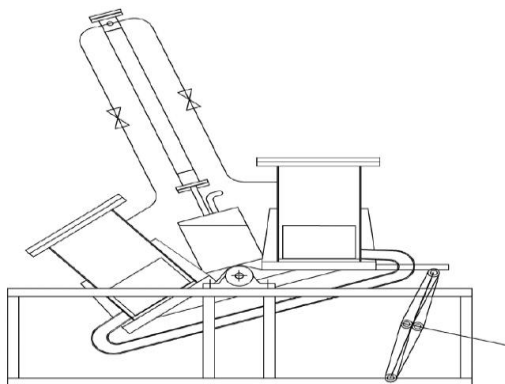


Рис. 1. Схема прототипа утилизатора органического мусора

Как видно из рис.1 прототип состоит из двух реакторов, соединенных трубопроводами по теплоносителю и газу, холодильника жидких продуктов и емкости для их накопления. Вышеперечисленные элементы соединены с балансиром, позволяющим перемещать их в диаметральной плоскости прототипа.

Прототип должен подтвердить следующие технические характеристики: производительность  $\geq 0,5$  кг/ч по сырью; время утилизации одной загрузки  $\leq 2$  ч; ресурс  $\geq 100$  ч; температура утилизации  $\leq 600$  °С; удельное энергопотребление  $\leq 7,2$  МДж/кг; доля непригодного остатка утилизации  $\leq 5$  %.

### *Литература*

1 Шульдякова К. А. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека // Молодой ученый. - 2016. - №20. - С. 472-477.

2 Скворцов П.А, Иванов К.С. Утилизация отработавших автомобильных шин экологические и экономические проблемы. – Тула: Инновационные технологии, 2014. – С. 44-48.

3 Коноваленко А.А., Янчуковская Е.В. Пиролиз как метод утилизации твердых бытовых отходов. / Переработка природного и техногенного сырья. Иркутский национальный исследовательский технический университет. – Иркутск, 2016. – С. 233-238.

## **ОЦЕНКА ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ И РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ ОТ ВЫБРОСОВ НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС**

*И.Я. Газиев, А.И. Крышев  
ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия*

Оценка дозы облучения населения, проживающего в зоне наблюдения НВАЭС, выполнялась по методике [1] по данным о современных выбросах радионуклидов НВАЭС [2].

Результаты расчетов представлены в табл. 1. Представленные оценки являются консервативными, поскольку выполнены для критической группы населения, проживающего в местах ожидаемой максимальной объемной активности радионуклидов в приземном слое воздуха и атмосферных выпадений в соответствии с [1]. Также были рассчитаны радиационные риски от выбросов НВАЭС. Результаты этих расчетов приведены в табл. 1.

В табл.1 для суммы ИРГ приведена консервативная оценка в предположении, что 100% ИРГ составляет  $^{88}\text{Kг}$ .

Таблица 1

Оценка дозы облучения критической группы населения от выбросов  
НВАЭС

| Нуклид                    | ОА в воздухе,<br>Бк/м <sup>3</sup> | Выпадения,<br>Бк/м <sup>2</sup> ·год | Суммарная<br>доза, Зв/год | Суммарный<br>риск, год <sup>-1</sup> |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| $^{137}\text{Cs}$         | 5,45E-08                           | 1,47E-02                             | 4,60E-09                  | $1,02 \cdot 10^{-10}$                |
| $^{134}\text{Cs}$         | 9,07E-09                           | 2,45E-03                             | 5,37E-10                  | $2,02 \cdot 10^{-11}$                |
| $^{60}\text{Co}$          | 3,63E-07                           | 9,78E-02                             | 2,87E-08                  | $1,30 \cdot 10^{-9}$                 |
| $^{131}\text{I}$          | 1,63E-07                           | 1,14E-01                             | 3,60E-10                  | $1,69 \cdot 10^{-10}$                |
| ИРГ                       | 6,81E-02                           | -                                    | 1,98E-07                  | -                                    |
| $^3\text{H}$              | 1,04E-03                           | -                                    | 4,62E-09                  | $1,18 \cdot 10^{-10}$                |
| $^{14}\text{C}$           | 7,71E-05                           | -                                    | 2,40E-08                  | $8,12 \cdot 10^{-11}$                |
| $^{54}\text{Mn}$          | 1,50E-09                           | 4,03E-04                             | 8,68E-12                  | $5,67 \cdot 10^{-13}$                |
| $^{58}\text{Co}$          | 2,72E-10                           | 7,34E-05                             | 4,41E-13                  | $7,78 \cdot 10^{-14}$                |
| $^{65}\text{Zn}$          | 2,72E-10                           | 7,34E-05                             | 1,67E-12                  | $2,54 \cdot 10^{-13}$                |
| $^{110\text{m}}\text{Ag}$ | 1,59E-08                           | 4,28E-03                             | 2,99E-10                  | -                                    |
| $^{124}\text{Sb}$         | 2,72E-10                           | 7,34E-05                             | 7,31E-13                  | -                                    |
| Сумма                     | -                                  | -                                    | 2,61E-07                  | $1,80 \cdot 10^{-9}$                 |

Согласно расчетным оценкам дозы облучения критической группы населения от выбросов НВАЭС составляют 0,26 мкЗв/год, что в 40 раз ниже уровня дозы, соответствующей пренебрежимому радиационному риску. Вследствие того, что расположение реальных населенных пунктов в зоне наблюдения НВАЭС не совпадает с положением критической точки местности, то фактические дозы облучения населения в районе НВАЭС будут еще более низкими. Основной вклад в дозу вносят ИРГ – 76%,  $^{60}\text{Co}$  – 11%,  $^{14}\text{C}$  – 9%,  $^3\text{H}$  – 1,8% и  $^{137}\text{Cs}$  – 1,8%. Вклад остальных радионуклидов не превышает 1%.

Суммарный годовой риск от выбросов НВАЭС даже при консервативной оценке составил  $1,8 \cdot 10^{-9}$ , что намного меньше уровня пренебрежимого риска.

### *Литература*



1. Методика МТ 1.2.1.15.1176—2016. Разработка и установление нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ атомных станций в атмосферный воздух. – М.: АО «Концерн Росэнергоатом», 2016. – 76 с.

2. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году. – Обнинск: НПО «Тайфун», 2019. – 324 с.

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ $\text{Sr}^{90}$ В ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ**

*И.В. Гешель, Н.В. Андреева, Е.В. Сидорова  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В результате аварии на Чернобыльской АЭС в ближней зоне ее воздействия произошло загрязнение сельскохозяйственных угодий  $^{90}\text{Sr}$ , почвенный покров которых представлен преимущественно дерново-подзолистыми почвами легкого гранулометрического состава [1]. Данные почвы характеризуются низкой обеспеченностью элементами минерального питания и, в первую очередь, азотом, вследствие чего, без применения азотных удобрений возделывание сельскохозяйственных культур на этих почвах невозможно.

Эксперимент был проведен в теплице в контролируемых условиях [2]. Внесение нитрата аммония в качестве азотного удобрения в различных дозах привело к прибавке массы соломы и зерна ячменя (табл.1).

Результаты исследования показывают, что с увеличением доз аммиачной селитры происходит возрастание поступления радионуклида в растения. Коэффициент накопления  $\text{Sr}^{90}$  в зерне ячменя увеличился до 1,6 раз, а в соломе – до 2,3 раз, что свидетельствует о необходимости комплексного применения минеральных удобрений (азотных, фосфорных, калийных) на загрязненных территориях для получения продукции растениеводства, соответствующей санитарно-

эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПин 2.3.2.1078-01».

Таблица 1

Влияние различных доз нитрата аммония на урожайность зеленой массы и зерна ячменя и коэффициенты накопления  $^{90}\text{Sr}$

| Доза,<br>мг/кг | Вес соломы,<br>г/сосуд | КН $^{90}\text{Sr}$ в<br>соломе | Вес зерна,<br>г/сосуд | КН $^{90}\text{Sr}$ в<br>зерне |
|----------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 0              | 8,75±1,14              | 10,3±2,08                       | 6,05±0,91             | 1,62±0,24                      |
| 25             | 9,7±1,31               | 9,41±0,71                       | 8,03±1,22             | 0,93±0,04                      |
| 50             | 11,65±0,83             | 13,85±1,86                      | 9,83±0,53             | 1,34±0,08                      |
| 100            | 12,75±1,28             | 16,03±1,07                      | 10,43±0,88            | 1,61±0,29                      |
| 200            | 14,45±0,5              | 23,51±0,66                      | 8,03±1,1              | 2,52±0,64                      |

### *Литература*

1. Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Цыбулько Н.Н., Кашпаров В.А. Панов А.В., Переволоцкий А.Н., Шубина О.А. Особенности формирования радиоактивного загрязнения территории в результате аварийных выбросов Чернобыльской АЭС и динамика изменения радиационной обстановки. В кн.: Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко. – М.: РАН, 2018. – С. 12-40.
2. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного опыта. – М.: Наука, 1969. – 243 с.

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ERICA TOOL 1.2

*Б.М. Дженбаев, Б.К. Калдыбаев, Б.Т. Жолболдиев  
Институт биологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан*

Компьютерные программы в настоящее время широко используются в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Программа Erica tool 1.2 используется для оценки радиационной опасности окружающей среды [1]. Для радиоэкологической оценки с использованием Erica tool 1.2 нами были введены данные удельной активности радионуклидов в почвах хвостохранилища «Дальний» района пгт Мин-Куш [2]. При удельной активности радионуклидов в почве:  $^{238}\text{U}$  - 210,2 Бк/кг,  $^{232}\text{Th}$  - 40,5 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$  - 495,7 Бк/кг программой произведены расчеты поглощенных доз облучения, представлены возможные радиобиологические эффекты. Поглощенная доза для эталонных организмов составила: травянистые растения (13,1 мкГр/ч), кустарники (22,8 мкГр/ч), мхи и лишайники (53,9 мкГр/ч), значения коэффициентов риска больше 1, т.е. превышает норму (рис. 1).

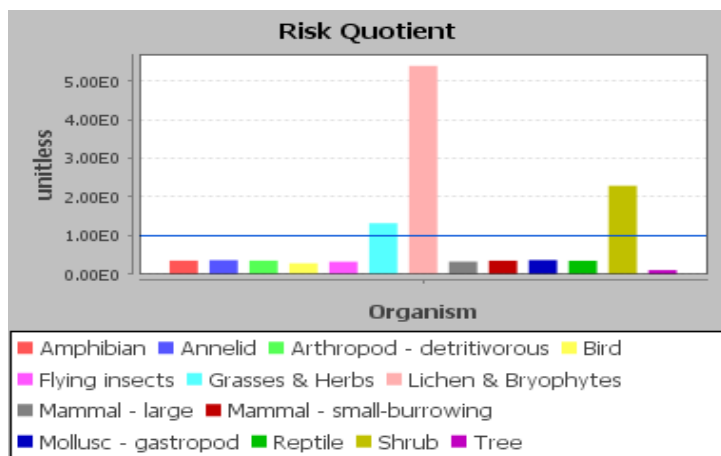


Рис.1. Коэффициенты риска для эталонных организмов

Установлена достоверная корреляционная зависимость между коэффициентом концентрации  $^{226}\text{Ra}$  и поглощенной дозой облучения ( $r=0,96$ ;  $p < 0,05$ ). Согласно базы данных возможных радиобиологических эффектов Erics tool 1,2 у эталонных растений (одуванчик, скерда, ячмень) в пределах поглощённых доз (0-50 мкГр/ч) возможно проявление морфофизиологических отклонений от нормы и незначительное увеличение уровня хромосомных aberrаций. В данных условиях можно судить о хроническом воздействии малых доз радиации на растения, имея большие периоды полураспада, удельная активность данных радионуклидов в почве по истечении времени изменится не значительно, так например через 100 лет удельная активность  $^{238}\text{U}$  составит 203 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$  – 473 Бк/кг (рис. 2).

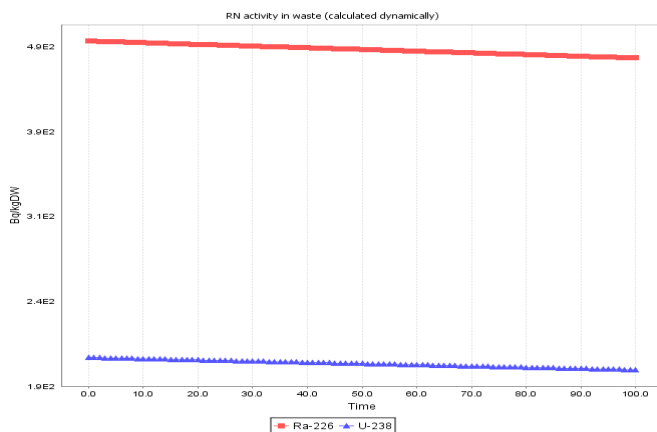


Рис.2. Расчётная удельная активность  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в почве (в динамике 100 лет)

### Литература

- 1 ERICA Assessment Tool // Режим доступа: <https://http://erica-tool.com/erica/>.
- 2 Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К., Кармышева У.Ж., Жумалиев Т.Н. Радиоэкологическая оценка урановых хвостохранилищ Кыргызстана // Исследования живой природы Кыргызстана. – 2018. – №1-2. – С. 69-83.

# РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

*Ю.М. Жукова, Я.Д. Жуков*  
*КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия*

Для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей природной среды под влиянием антропогенной нагрузки при намечаемой хозяйственной деятельности необходимы ряд исследований с целью предотвращения, минимизации или ликвидации вредных и нежелательных экологических и связанных с ними последствий.

При подготовке проектной документации для объектов строительства и реконструкции, инженерно-экологические изыскания (ИЭИ) обеспечивают комплексное изучение природных условий и факторов техногенного воздействия. Задачами ИЭИ является описание существующей экологической ситуации, с целью выработки дальнейших мероприятий рационального и безопасного использования территорий. Общие положения и требования к организации и порядку проведения экологических исследований при намечаемой хозяйственной деятельности изложены в СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» [1].

Таблица 1

Данные радиационной контроля на территории г. Калуги  
и г. Обнинска по результатам ИЭИ

|            | МЭД,<br>мкЗв/час | ППР,<br>мБк/м <sup>2</sup> с | Th-232,<br>Бк/кг | Cs-137,<br>Бк/кг | Ra-226,<br>Бк/кг | Удельная<br>эффективная<br>активность<br>естественных |
|------------|------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------------------------------|
| г. Калуга  | 0,11-<br>0,15    | 10,9-<br>15,3                | 24,67-<br>42,84  | 12,25-<br>19,63  | 15,76-<br>27,17  | 98-150                                                |
| г. Обнинск | 0,12-<br>018     | 28,4-<br>45,27               | 10,4-<br>46,23   | 3,758-<br>9,626  | 7,645-<br>32,99  | 82,6-120                                              |

При проведении радиационного контроля на участках изысканий определяются следующие показатели [2]: мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, плотность потока частиц радона (ППР) с поверхности грунта, определения удельной активности естественных радионуклидов и цезия в почвах и грунтах. Контроль мощности дозы гамма-излучения на исследуемых земельных участках проводится в два этапа:

- на первом этапе проводится поисковая гамма-съемка территории с целью выявления и локализации возможных радиационных аномалий и определения объема дозиметрического контроля при измерениях мощности дозы гамма-излучения;

- на втором этапе проводятся измерения мощности дозы гамма-излучения в контрольных точках, которые по возможности должны располагаться равномерно по территории участка.

Данные радиационного контроля на территории г. Калуги и г. Обнинска по данным инженерно-экологических изысканий на участках работ представлены в табл. 1.

Анализ данных радиационной оценки на различных участках изысканий по результатам инженерно-экологических изысканий показывает значительный разброс значений по г. Обнинску, и относительно близкие значения по г. Калуге.

### *Литература*

1 СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М., Госстрой России, 1997 г.

2 МУ 2.6.1.2398-08. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности Методические указания. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 27 с.

## АУТИЗМ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ

*А.А. Захарова, А.Н. Мялин*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

В наше время, по оценкам Всемирной организации здравоохранения, расстройством аутистического спектра страдает один из 160 детей в мире. Аутизм – это состояние, вызванное нарушением развития головного мозга и характеризующееся сенсорными, когнитивными и социальными проблемами. Причины аутизма – генетические и хромосомные нарушения, влияющими на созревание синаптических связей в головном мозге – с одной стороны, и внешние факторы, совпадающие с периодом закладки мозговых структур в первые 12 недель эмбрионального развития. Генетические факторы в этиологии аутизма очевидны. Однако хромосомные aberrации и моногенные мутации являются причиной меньшей части случаев (около 10 %) [1]. В настоящее время внимание исследователей причин аутизма сосредоточено на экологической концепции появления аутизма. Исследование в этой области, проводившееся в 2014 г. в Университете Южной Калифорнии, США, привело к неожиданным результатам: детей, открытых воздействию взвешенных частиц в экологически неблагоприятных районах, этот недуг может поражать вдвое чаще, особенно в том случае, когда их матери жили в подобных местах во время беременности. [2]. В этом же году, группа ученых Чикагского университета показала значительную связь распространения случаев аутизма с факторами окружающей среды. Пестициды, свинец, пластификаторы рассматривались как факторы возникновения аутизма. Исследование обнаружило, что увеличение на 1% врожденных дефектов, связанных с экологией, определяет темпы роста аутизма на 283 %! [3]. Российские ученые-биологи, рассуждая о влиянии на биологические объекты радиационного излучения, утверждают, что патологическое влияние атомной энергетики, связано с распылением и

попаданием в организм тяжелых металлов, сопровождающих уран. Они вызывают тератогенез, нарушая индивидуальное развитие, связанное с неправильным включением генных комплексов в определенные моменты онтогенеза. Большинство соединений тяжелых металлов, оказывающих токсическое и тератогенное действие, выбрасывает в окружающую среду именно транспорт [4].

Выводы: Урбанизация повышает риск возникновения аутизма. Мозг эмбриона и новорожденного ребенка подвержен влиянию вредных факторов. Границы медико-биологических исследований должны расширяться за счет включения в анализ экологических, демографических и социально-экономических факторов.

### ***Литература:***

1 Ремшмидт Х. Аутизм. Клинические проявления, причины и лечение: Пер. с нем. – М.: Медицина, 2003. – 120 с.

2 Аутизм и экология // Сайт «[Sciencedaily.com/releases](http://www.sciencedaily.com/releases)» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/>

3 Rjevsky A. Public Library of Science // International Society for Computational Biology. – 2014. – V. 8, Iss. 10. – doi:10.1371/JOURNAL.PCBI.1002727.

4 Сапунов В.Б. Экология человека. Учебное пособие. - СПб., изд. РГГМУ, 2007. – 160 с.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯРОО**

*Ю.Н. Зозуль, С.М. Киселев, Т.Н. Лащенкова*

*ФГБУ ГНЦ РФ Федеральный медицинский биофизический  
центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия*

В районе расположения пункта временного хранения отработанного ядерного топлива (ОЯТ) и радиоактивных отходов (РАО) в Приморском крае вдоль автомобильной дороги,



по которой осуществлялась перевозка ОЯТ и РАО, находится населенный пункт, где проживает и ведет хозяйственную деятельность местное население. В целях обеспечения безопасности населения проведена комплексная оценка риска, позволяющая сравнить факторы воздействия разной природы и выявить факторы, представляющие наибольший риск для здоровья человека.

Цель работы - комплексная оценка индивидуального пожизненного риска развития канцерогенных эффектов от воздействия радиационного и химического факторов для населения, проживающего в районе расположения ЯРОО.

В ходе работ проведено радиационное обследование территории населенного пункта с измерением мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на местности и отбор проб питьевой воды, почвы и пищевых продуктов для определения удельной активности техногенных радионуклидов и тяжелых металлов. Отбор и анализ проб проводили в соответствии со стандартными методиками аккредитованного испытательного лабораторного центра ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (аттестат № СARK RU/0001.442063).

Результаты радиационного обследования территории показали, что значение МАЭД не превышает 0,16 мкЗв/ч и соответствует региональному фоновому значению 0,14 мкЗв/ч. Основными техногенными радионуклидами являются  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в количествах, соответствующих фоновому значению (10 Бк/кг и 2 Бк/кг, соответственно).

Анализ содержания тяжелых металлов в почве показал превышение ПДК по свинцу (до 8 ПДК), а также превышение фонового содержания хрома, никеля, меди и марганца в 3-5 раз. Пробы питьевой воды удовлетворяют требованиям ГН 2.1.5.1315-03 для подземных вод, используемых для нецентрализованного водоснабжения, за исключением отдельных скважин, где отмечено присутствие мышьяка на уровне ПДК, что характерно для исследуемой местности.

Для комплексной оценки риска выполнен расчет индивидуального пожизненного канцерогенного риска от

воздействия радиационного фактора окружающей среды и содержания тяжелых металлов в воде и почве. Расчет риска выполнен по модели постоянного проживания с учетом использования подземных вод скважин и колодцев для питьевых и хозяйственных нужд, и употребления в пищу молока и выращенных овощей.

Риск за счет воздействия радиационного фактора, рассчитанный на основе МАЭД на открытой местности, не превышает  $1,7 \times 10^{-6}$ ; на основе удельной активности техногенных радионуклидов в почве и питьевой воде не превышает  $2,4 \times 10^{-7}$ , в молоке и выращиваемых овощах -  $2,9 \times 10^{-7}$ . Суммарный риск возникновения стохастических эффектов воздействия радиационного фактора не превышает  $3 \times 10^{-6}$ , что ниже предела индивидуального пожизненного риска техногенного облучения  $5 \times 10^{-5}$ , регламентируемого НРБ-99/2009, и обусловлен природным облучением.

Риск, обусловленный воздействием химического фактора, рассчитанный по удельному содержанию тяжелых металлов в почве и питьевой воде без учета мышьяка, не превышает  $2 \times 10^{-5}$ , что соответствует верхней границе приемлемого риска для населения, согласно Р. 2.1.10.1920–01, и определен региональными особенностями местности и загрязнением от дороги.

Сравнение результатов расчета индивидуального канцерогенного риска, обусловленного воздействием химического и радиационного фактора, показывает, что на данной территории химический риск на порядок выше риска радиационного.

Значение суммарного канцерогенного риска, обусловленного воздействием химического и радиационного факторов для населения, проживающего в районе расположения ПВХ б. Сысоева, находится на уровне  $2 \times 10^{-5}$ , что соответствует уровню «Низкий» по классификации Всемирной организации здравоохранения.

# **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДОЗИМЕТРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ШАХТЕ-ХРАНИЛИЩЕ РЕАКТОРА ИРТ-МИФИ**

*К.Л. Ибрагим, Ч.М. Муленга, А.А. Званцев, В.А. Камнев  
Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия*

Шахта-хранилище исследовательского реактора ИРТ-МИФИ - это площадка на реакторе, где безопасно в воде хранится облученное ядерное топливо. В шахте установлен специальный канал с дистанционным устройством для спуска и подъема, а также соответствующее дозиметрическое обеспечение для проведения исследований в широком диапазоне доз и мощностей доз гамма-облучения [1]. В облученном топливе после выдержки в несколько лет доминирующим источником гамма-излучения является  $^{137}\text{Cs}$  с периодом полураспада около 30 лет. В настоящий момент именно этот радионуклид дает основной вклад в дозу.

Таблица 1

Зависимость дозы от высоты

| $H$ , см   | $D_1$ , Гр | $D_2$ , Гр |
|------------|------------|------------|
| 58,5       | 415        | 410        |
| <b>60</b>  | 330        | 332        |
| 61,5       | 281        | 290        |
| 68,5       | 230        | 229        |
| <b>70</b>  | 188        | 184        |
| 71,5       | 162        | 157        |
| 78,5       | 101        | 144        |
| <b>80</b>  | 102        | 115        |
| 81,5       | 114        | 106        |
| 98,5       | 65         | 67         |
| <b>100</b> | 58         | 56         |
| 101,5      | 49         | 50         |
| 123,5      | 32         | 29         |
| <b>125</b> | 28         | 28         |
| 126,5      | 27         | 23         |

Ранее было проведено несколько экспериментов с использованием различных детекторов (в основном с ионизационными камерами). Однако в настоящей работе предлагается новая методика измерения гамма-излучения с использованием термолюминесцентных дозиметров (ТЛД). ТЛД известен в течение десятилетий как универсальный прибор для измерения ионизирующего излучения в сочетании с рядом преимуществ, включая малый размер, чувствительность, возможность повторного использования.

Была предложена методика измерения дозы путем размещения дозиметров в держателе образца (обычно в сухой сборке), где они могут опускаться и подниматься на различные уровни в канале облучения. Значение мощности дозы зависит от высоты, на которой располагались дозиметры (максимальная мощность дозы 3,3 мГр/с).

При проведении эксперимента был использован набор ТЛД типа ДТЛ-02, состоящий из трех детекторов LiF. Детекторы в дозиметре расположены с интервалом 1,5 см. Кассеты с дозиметрами фиксировались таким образом, чтобы центр среднего детектора совпадал с меткой высоты (см. табл. 1). На каждой фиксированной высоте располагалось по две кассеты так, чтобы центр среднего детектора находился на указанной высоте. Таким образом в каждой экспериментальной «точке» (эти точки выделены жирным шрифтом в таблице) находилось шесть ТЛД. После экспонирования считывание детекторов осуществлялось на дозиметрической термолюминесцентной установке ДВГ-02ТМ [2].

Из результатов измерений видно, что величина измеряемой дозы уменьшается с увеличением высоты от дна канала. Однако вызывает некоторое недоумение существенный градиент дозы (мощности дозы) по высоте канала даже в пределах одного дозиметра, что можно увидеть из приведенной таблицы. Для подтверждения наличия такого градиента планируется провести дополнительные измерения в канале с применением малогабаритной ионизационной камеры.

## *Литература*

1 Абов Ю.Г. и др. Экспериментальные комплексы исследовательского ядерного реактора ИРТ МИФИ, Монография. – М.: НИЯУ МИФИ, 2013. – 100 с.

2 Комплекс дозиметрический термолуминесцентный «ДОЗА ТЛД». Руководство по эксплуатации ФВКМ.412118.010РЭ. НПП «ДОЗА» ([https://www.doza.ru/anri/archive/95/tld\\_new.pdf](https://www.doza.ru/anri/archive/95/tld_new.pdf))

## **ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ БИОТЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ АО «СХК»**

*Е.И. Карпенко<sup>1</sup>, В.Э. Нуштаева<sup>1</sup>, В.М. Соломатин<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – Акционерное общество «Прорыв», г. Москва, Россия*

Основным критерием оценки воздействия предприятий ЯТЦ на биоту является оценка дозовых нагрузок на референтные организмы [1] в районе рассматриваемого источника ионизирующего излучения. Для расчета доз облучения биоты использовали международное программное средство ERICA Tool [2], на основе данных проведенного радиозэкологического обследования в районе размещения АО «СХК» [3]. Дозовые нагрузки на референтных представителей наземной и водной биоты представлены на рис. 1-2.

Наибольшие дозы облучения среди референтных представителей водной биоты отмечаются для амфибий в результате внутреннего облучения от  $^{90}\text{Sr}$ . Для рыб и водных растений наибольший вклад в дозовую нагрузку вносит  $^{137}\text{Cs}$ .

$^{137}\text{Cs}$  и  $^{240}\text{Pu}$  являются основными дозообразующими радионуклидами для наземных организмов, а  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для водных организмов.

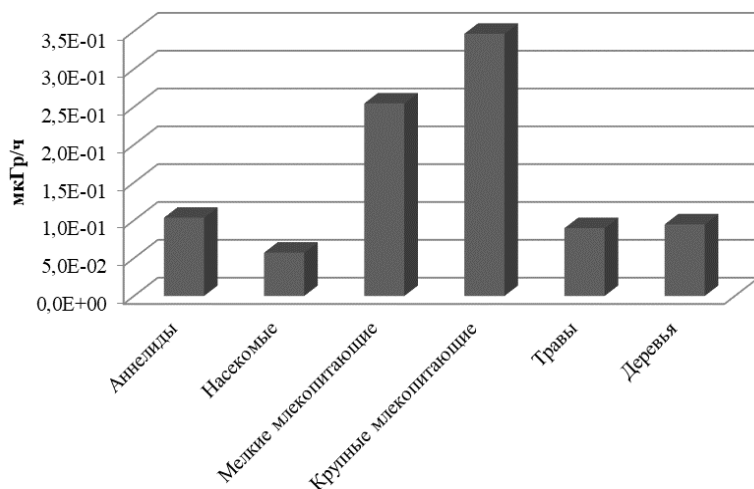


Рис.1 Мощности доз облучения референтных представителей наземной биоты

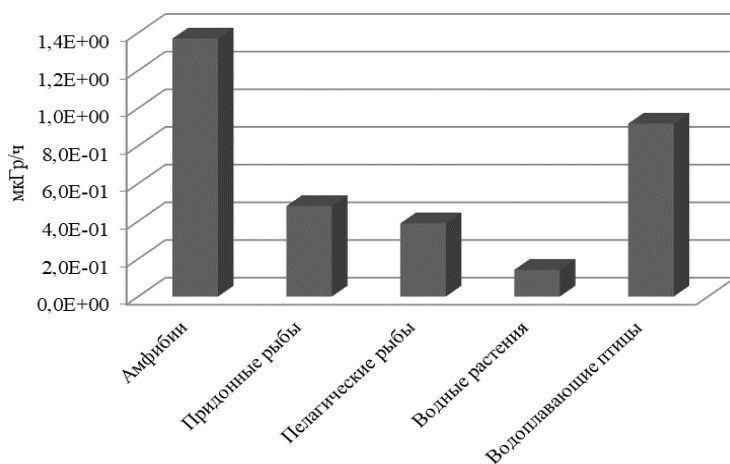


Рис.2 Мощности доз облучения референтных представителей водной биоты. Максимальный вклад в дозу облучения наземной биоты вносят  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{240}\text{Pu}$ . Основной вклад в дозу крупных и мелких млекопитающих вносит  $^{137}\text{Cs}$ .

## *Литература*

1 Environmental Protection - the Concept and Use for Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108 // Annals of the ICRP. – 2008. – V. 38. – N. 4–6.

2 Brown J.E., Alfonso B., Avila R., Beresford N.A., Copplestone D., Hosseini A. New version of the ERICA tool to facilitate impact assessments of radioactivity on wild plants and animals // Journal of Environmental Radioactivity. – 2016. – V. 153. – P. 141–148.

3 Karpenko E.I., Kuznetsov V.K., Isamov N.N., Solomatin V.M., Thompson A.V., Ratnikova L.I. Radioecological survey of terrestrial and aquatic ecosystems in the area of the Siberian group of chemical enterprises // Radiation and Risk. – 2019. – V. 28, No. 3. – P. 63-71.

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА АТОМНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКЕ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ (Б. ЧАЖМА. ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

*С.М. Киселев, Т.Н. Лащенкова, В.В. Шлыгин, Д.В. Исаев,  
С.В. Ахромеев, Ю.Н. Зозуль, Ю.С. Бельский, В.Г. Старинский  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г.Москва  
Россия*

В 1985 г. в б.Чажма (Дальний Восток, Приморский край) при загрузке ядерного топлива на атомную подводную лодку произошла самопроизвольная цепная реакция, сопровождающаяся выбросом радионуклидов и локальным загрязнением морских и наземных экосистем. Осаждение радиоактивного облака привело к локальному загрязнению морской акватории и прилегающего лесного массива с образованием кобальтового радиоактивного следа. Защита населения была организована путем ограничения доступа на загрязненные территории. Спустя 30 лет после аварии, ограждающие конструкции деградировали, обеспечив

свободный доступ населения на загрязненные территории. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеспечением радиационной защиты населения на этих территориях является предметом регулирования ФМБА России и целью этой работы. Актуальной задачей является определение статуса этой территории на данный момент времени, и возможности ее использования для хозяйственной деятельности. Для оценки состояния загрязнения окружающей среды в течение нескольких лет проводилось комплексное радиационное и химическое исследование наземной территории лесного массива радиоактивного следа после аварии в б. Чажма. Результаты исследования радиационной обстановки показали, что на большей части исследуемой территории значения мощности амбиентной дозы гамма-излучения соответствуют региональным фоновым значениям. Однако, в лесном массиве выявлены локальные участки загрязнения, на которых исследуемый показатель превышает фоновые показатели в несколько раз (до 0,6 мкЗв/час). Состав техногенных радионуклидов, сконцентрированных преимущественно в верхнем слое почвы (3-10 см), включает в себя  $^{60}\text{Co}$ , изотопы урана ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ),  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . Основным дозообразующим радионуклидом является  $^{60}\text{Co}$ . По уровню удельной активности радионуклида на локальных участках загрязнения почва не относится к радиоактивным отходам, но в тоже время наблюдаются превышения установленных уровней для неограниченного использования материалов в хозяйственной деятельности в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99/2010.

Величина среднегодовой эффективной дозы облучения населения при сценарии рекреационного использования территории составляет менее 0.1 мЗв/год и не превышают уровней, определяющих необходимость вмешательства для обеспечения радиационной безопасности населения (НРБ 99/2009). Исследование химического загрязнения почвы на территории «Чажменского следа» показало, что загрязнение почв тяжелыми металлами в целом соответствует региональным значениям для аналогичного типа почв исследуемого региона. При этом отмечается стабильное, хотя и не значительное



превышение ПДК по ванадию и свинцу, характерное для Шкотовского района, а также по марганцу, которое превышает аналогичные региональные показатели. Таким образом, сложившуюся в настоящее время радиационно-гигиеническую обстановку на территории «Чажменского следа» можно охарактеризовать как «допустимую», не вызывающую опасения для пребывания человека с радиозоологической точки зрения. Вместе с тем следует продолжить наблюдение на выявленных локальных участках загрязнения в рамках плановых радиационно-гигиенических мероприятий, направленных на контроль состояния территории в постреабилитационный период.

## **РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ УЧАСТКА РЕКИ ИПУТЬ, ПОСТРАДАВШЕГО В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС**

*И.А. Козарь*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

К наиболее опасным видам загрязнения окружающей среды относится радиоактивное загрязнение. Поступление в окружающую среду радиоактивных веществ обусловлено проведением ядерных испытаний, радиационными авариями, захоронением радиоактивных отходов [1]. Поглощение почвами радионуклидов препятствует их передвижению по профилю почв, проникновению в грунтовые воды и, в конечном счёте, определяют их аккумуляцию в верхних почвенных горизонтах. Попадая в почву из разного рода источников, радионуклиды поступают в растения, накапливаются ими и с продуктами растительного и животного происхождения поступают в организм человека, служа источником дополнительного облучения [2]. Данные обстоятельства создают необходимость изучения поведения радиоактивных веществ в системе почва-растение.

Исследования проводились в октябре 2019 г. на участке р. Ипуть Брянской обл., пострадавшей в результате аварии на ЧАЭС. После аварии средняя плотность загрязнения почв сельскохозяйственных угодий цезием-137 в области составляет 2,29 Ки/км<sup>2</sup>, что в 60 раз выше доаварийного уровня, а в Новозыбковском и Красногорском районах – в 300 и 260 раз соответственно.

В табл. 1 представлены AMBIENTНЫЕ эквивалентные дозы на протяжении маршрута на р. Ипуть. Видно, что в период исследования территории естественный радиационный фон, который составляет около 0,2 мкЗв/ч, был превышен в 2-4 раза.

Полученные в ходе экспедиции данные подтверждаются исследованиями отечественных ученых о том, что территория Новозыбковского района остается наиболее загрязненной [5] и по прогнозам до 2030 будет наблюдаться превышение нормы, однако с тенденцией на снижение.

Анализ данных, приведенных в табл.1, показал, что в период времени 2014- 2019 гг, прошедший между экспедициями, не выявил существенного снижения показателей мощности гамма-излучения. Загрязнение несет очаговый характер.

Таблица 1

Значение мощности AMBIENTНЫХ эквивалентных доз на точках  
пробоотбора за 2014-2019 гг.

| Участок маршрута | Мощность AMBIENTНОЙ эквивалентной дозы, мкЗв/ч |             |
|------------------|------------------------------------------------|-------------|
|                  | 2014 г.                                        | 2019 г.     |
| Ущерпье          | 0,12 – 0,15                                    | 0,25 - 0,27 |
| Холевичи         | 0,24 – 0,28                                    | 0,25 - 0,27 |
| Старые Бобовичи  | 0,37 – 0,39                                    | 0,35- 0, 6  |
| Перевоз          | 0,37 – 0,38                                    | 0,3 – 0,4   |
| Вышков           | 0,36 – 0,40                                    | 0,25- 0, 5  |
| Катичи           | 0,33 – 0,36                                    | 0,3 – 0,5   |

## *Литература*

1 Харкевич Л.П. Миграция  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы под влиянием минеральных удобрений и известкования // Бюл. ВИА. – 2001. – № 114. – С.172.

2 Ефремов И.В., Рахимова Н.Н., Янчук Е.Л. Особенности миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва-растение // Вестник ОГУ. – 2005. – №12. – С. 42-46.

3 Гординков Е.В. Прогноз загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственной продукции животноводства на территории Брянской области, подвергшейся воздействию аварии на ЧАЭС // Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии. – 2019. – С. 127-131.

## **УЧЕБНО-ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТЕНАХ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ**

*А.Б. Комиссаров, Г.К. Игнатенко  
«НПП Доза», г. Зеленоград, Россия*

В апреле 2020 г. Учебно-Демонстрационный центр «Доза» отметит свою двухлетнюю работу в стенах Обнинского института атомной энергетики (ИАТЭ). ИАТЭ является одним из специализированных учебных заведений в системе Национального исследовательского ядерного университета (НИЯУ) МИФИ, который готовит специалистов для атомной энергетики и отраслей, связанных с ядерными технологиями. Важным вопросом в подготовке специалистов, для указанных отраслей, является качественное освоение программ по радиационной безопасности. И здесь, помимо огромного научного опыта и ученых Наукограда, нужна лабораторно-исследовательская база с современными приборами и измерительными системами для радиационного мониторинга. Специализированное Научно-производственное предприятие «Доза» (г. Зеленоград, Московская область) является одним из ведущих предприятий в этой отрасли. Предприятие

разрабатывает и изготавливает приборы и системы для дозиметрии в различных отраслях. НПП «Доза» в 2018 г. предложило на базе ИАТЭ создать Учебно-демонстрационный центр «Доза», при этом решался вопрос не только эффективности внедрения и освоения своих разработок, но и вопросы качества подготовки будущих специалистов, которые будут эксплуатировать эти приборы и системы на предприятиях отрасли.

Комплекс с измерительными приборами, рекламными стендами, мультимедийной техникой, рабочими столами был представлен Учебно-демонстрационным центром «Доза». Все, что в нем находится, предназначено для того, чтобы подготовить и дать информацию по обеспечению радиационной безопасности. Причем семинары и лекции проходят не только по тематике дозиметрии, но и по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», где имеется раздел «радиационная безопасность». По сути Центр функционирует как полигон, на котором с помощью приборов и систем проводят практические занятия с моделированием различных радиационных аварий и отработки принятия оптимальных решений для обеспечения радиационной безопасности. Здесь представлены образцы приборов и систем НПП «Доза» для контроля радиационной обстановки на предприятиях, различных отраслей, где используются источники ионизирующего излучения. В учебно-демонстрационном центре ведется постоянный контроль радиационного-гамма фона, это фиксируется соответствующей световой индикацией и цифровым табло. Работа учебно-демонстрационного центра осуществляется в соответствии с разработанной инновационной программой повышения качества подготовки. Очень эффективно проходят практические занятия на «загрязненных» территориях с дозиметрическими приборами НПП «Доза». Двухлетний опыт работы центра показал его эффективность в учебном процессе и учитывая темпы внедрения в различные отрасли ионизирующих источников излучения подобные центры могут быть рекомендованы для его тиражирования в технических вузах.

## *Литература*

1 Аппаратура радиационного контроля. Каталог оборудования радиационного контроля, 2019. НПП «Доза».

2 Нурлыбаев А. К., Мартынюк Ю.Н., Гинзбург Д. Аппаратурное, метрологическое и методическое обеспечение измерений направленных эквивалентов доз. // АНРИ. – 2017. – №2.

## **ДИНАМИКА СТАТИСТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО ВБЛИЗИ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Э.П. Коровкина, А.П. Бирюков, М.Г. Арчегова  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва  
Россия*

В наших исследованиях проведен анализ динамики заболеваемости злокачественными образованиями (ЗНО) среди работников радиационно опасных предприятий и населения, проживающего вблизи объектов атомной промышленности и ядерной энергетики за период 2012-2018гг. в сравнении с аналогичными данными по ЛПУ ФМБА России и РФ в целом [1]. Отмечен рост заболеваемости ЗНО как в ЗАТО ФМБА, так и по всем ЛПУ ФМБА и РФ в целом за 2012-2018 гг. Среднегодовой темп прироста заболеваемости ЗНО составил: ЗАТО - 4,2%, ФМБА - 2,9%, РФ - 2,7% (табл.1).

Как видно из табл.1, заболеваемость ЗНО (на 100 000) среди населения ЗАТО за период 2012–2018 гг. составила 412,4-526,5 (соответственно), была выше таковой в целом по ФМБА России (328,4,6-390,1) и близка к показателям по РФ (367,4-425,5).

Что касается повозрастных показателей заболеваний ЗНО изучаемого контингента, можно отметить, что наибольшее число случаев ЗНО наблюдается в группах старших возрастов: 40-59 лет- 23,3– 26,6%; 60-85 лет- 72,2–68,3% (рис.1).

Таблица 1

Динамика заболеваемости ЗНО (на 100 000) работников предприятий и населения, проживающего вблизи объектов атомной промышленности и ядерной энергетики (ЗАТО) в сравнении с ФМБА и РФ за 2012-2018 гг.

| Контингент | Годы  |       |       |       |       |       |       | темпы прироста, % |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
|            | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |                   |
| ЗАТО       | 412,4 | 436,3 | 486,4 | 458,1 | 450,2 | 496,8 | 526,5 | 4,2               |
| ФМБА       | 328,4 | 325,0 | 355,5 | 345,8 | 359,6 | 375,1 | 390,1 | 2,9               |
| РФ         | 367,3 | 373,4 | 388   | 402,6 | 408,6 | 420,3 | 425,5 | 2,7               |

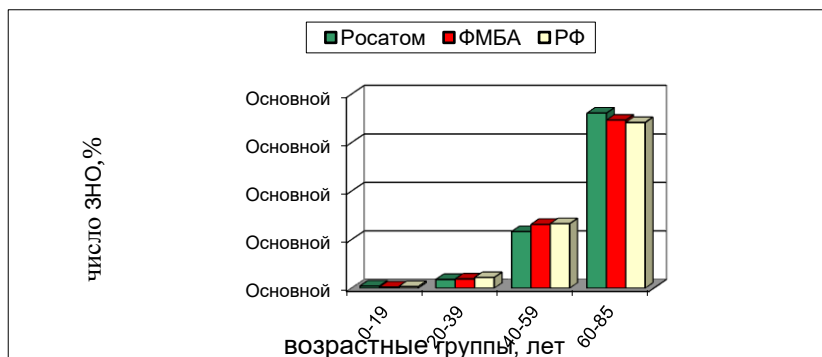


Рис.1 Количество ЗНО по возрастным группам, % (2018г)

### *Литература*

1 Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) – М: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ России. – 2018.– 250 с.

# ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*В.В. Костерев*

*Национальный исследовательский ядерный  
университет «МИФИ», г. Москва, Россия*

Задачи корректной оценки риска транспортировки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) находятся среди приоритетных задач. Оценивались индивидуальный эквивалент дозы и риск в зависимости от расстояния от аварийного контейнера с ОЯТ.

Проведен анализ статистики аварийных ситуаций при перевозке опасных грузов и моделей аварийных ситуаций. Рассматривалась концептуальная модель последовательности событий (воздействий на вагон-контейнер) которые могут, в конечном итоге, привести к выходу радиоактивности из упаковок с ОЯТ. Выход заметного количества отработавшего топлива в окружающую среду возможен только при исключительно неблагоприятных ситуациях. Для их возникновения необходимо сочетание двух обстоятельств: возникновение тяжелой механической аварии с нарушением всех степеней герметичности контейнера и последующий интенсивный пожар. Вероятность вовлечения вагона-контейнера в пожар в результате столкновения или схода с рельсов для маршрута Нововоронежская АЭС – ПО «Маяк» оценена как  $3.8 \times 10^{-9}$ . Индивидуальный риск рассчитывался по формуле

$$R = P \times r_{\text{Нр}} \times H_{\text{р}},$$

где

$P$  – вероятность возникновения аварии,

$H_{\text{р}}$  – индивидуальный эквивалент дозы,

$r_{\text{Нр}}$  – коэффициент риска [1].

В табл. 1 приводятся значения активности для отдельных радионуклидов при разгерметизации транспортного контейнера,

для которых проводились оценки индивидуального эквивалента дозы [2].

Таблица 1

Значения активности радионуклидов при разгерметизации  
транспортного контейнера

| Радионуклид     | Kr-85 | Rh-106 | Cs-134 | Ba-137m | Ce-144 | Pr-144 | Eu-154 | Eu-155 |
|-----------------|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Активность, ТБк | 10.0  | 0.2    | 0.7    | 0.6     | 0.2    | 0.2    | 0.6    | 3.0    |

В табл. 2 приведены значения индивидуального эквивалента дозы  $H_p$  и риска  $R$  для двух суток в зависимости от расстояния  $L$  до аварийного контейнера.

Таблица 2

Индивидуальный эквивалент дозы и риск в зависимости от  
расстояния

| $L, \text{ м}$    | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| $H_p, \text{ Зв}$ | 0.48 | 0.12 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| $R, 10^{-11}$     | 10.4 | 2.6  | 1.1  | 0.6  | 0.4  | 0.2  |

Полученные результаты могут являться одним из вариантов прогноза радиационной обстановки в случае аварийной ситуации с ОЯТ для принятия адекватных решений [1].

### *Литература*

- 1 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) // И. К. Романович [и др.]. – М.: СанПиН, 2009. – №47. – 225 с.
- 2 Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов НП-053-04 / А. М. Агапова [и др.]. // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – 2004. – №5. – 53 с.



## **РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ВОКРУГ СМОЛЕНСКОЙ АЭС ПЕРЕД ВВОДОМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СИСТЕМЫ ОСМРО**

*Е.И. Кострюков<sup>1</sup>, В.А. Рожкова<sup>2</sup>, Б.И. Сынзыныс<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – Смоленская АЭС, Концерн Росэнергоатом, г. Десногорск,  
Россия*

Широкое распространение на территории Российской Федерации в последние годы получила система АСКРО (автоматизированная система контроля радиационной обстановки). В ее задачу входит оценка мощности так называемого амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма – облучения в воздухе. С января 2020 г. В Госкорпорации «Росэнергоатом» посчитали целесообразным разработать и внедрить на предприятиях отрасли собственную отраслевую систему мониторинга радиационной обстановки (ОСМРО).

В задачу ОСМРО входит более детальный контроль радиационной обстановки в Зоне Наблюдения и в Санитарно-Защитной зоне Смоленской АЭС, включая гамма-и бета-радиоактивность. хорошей практикой последних лет во многих странах мира стало предварительное определение естественной радиоактивности на данной местности перед вводом в эксплуатацию нового объекта или новой системы контроля радиационной обстановки.

Целью данной работы является характеристика радиационной обстановки в Зоне Наблюдения Смоленской АЭС по данным Лаборатории внешней дозиметрии САЭС.

На САЭС функционирует три энергоблока с уранграфитовыми канальными реакторами РБМК-1000 одноконтурного типа общей проектной электрической мощностью 3 000 МВт. Санитарно Защитная Зона САЭС представляет собой круг с радиусом 3 км, размер Зоны Наблюдения для первой и второй очереди АЭС определен кругом с радиусом 30 км (центр – ось вентиляционной трубы

главного корпуса). Площадь Зоны Наблюдения – 2798 км, на которой проживает 125,9 тыс. человек в городах и 21,2 тыс. человек в сельской местности.

Регламентируемые радионуклиды для выбросов в атмосферу (Бк/год):  $^3\text{H} - 7,86 \cdot 10^9$  (допустимый  $1,18 \cdot 10^{15}$ ),  $^{60}\text{Co} - 5,96 \cdot 10^7$  ( $2,50 \cdot 10^9$ ),  $^{131}\text{I} - 9,99 \cdot 10^7$  ( $9,3 \cdot 10^{10}$ ),  $^{134}\text{Cs} - 1,17 \cdot 10^7$  ( $1,40 \cdot 10^9$ ),  $^{137}\text{Cs} - 1,77 \cdot 10^7$  ( $4,00 \cdot 10^9$ ).

Сточные воды Смоленской АЭС содержали в 2018 г. следующие радионуклиды (Бк/год)  $^3\text{H} - 3,25 \cdot 10^{11}$  (допустимый  $- 3,12 \cdot 10^{13}$ ),  $^{54}\text{Mg} - 4,42 \cdot 10^6$  ( $1,69 \cdot 10^{10}$ ) и другие. В 2018 г. значения всех годовых выбросов не превышали установленных нормативов, это также справедливо для сброса сточных вод, в общую активность которых наибольший вклад вносил тритий, хотя сама по себе величина активности трития составляет 1% от допустимого. В свою очередь активности остальных нормируемых нуклидов ниже МДА, а расчетные величины сбросов составляют менее 0,07% от допустимых значений.

### *Литература*

1 Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году. Ежегодник. Составитель Каткова М.Н. Росгидромет, 2018 г.

## **СОЗДАНИЕ АТЛАСА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В 30 КМ ЗОНЕ СХК**

*В.В. Кречетников, И.Е. Титов, Е.И. Карпенко,  
Е.О. Кречетникова*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В соответствии с проектом «Прорыв» на территории Сибирского химического комбината (г. Северск Томской области) ведется строительство и планируется ввод в эксплуатацию опытно-демонстрационного экспериментального комплекса (ОДЭК). В результате предшествующей деятельности

АО «СХК» в окружающей среде, помимо захоронений РАО, в зоне наблюдения сохраняется остаточное количество радионуклидов, распределение которых по природным и сельскохозяйственным объектам должно учитываться при введении в эксплуатацию новых предприятий ядерного топливного цикла. Для обеспечения экологической безопасности населения и окружающей среды при строительстве новых ядерных объектов на территории АО «СХК» необходимо обобщить имеющийся массив данных по радиоэкологической обстановке, дополнительных к контрольным точкам измерений состава и содержания радионуклидов в пробах окружающей среды, описание характеристик ведения сельскохозяйственного производства в личных и общественных хозяйствах, подробное описание лесных биоценозов с привязкой к географическим координатам.

Результатом проведенных работ является атлас радиоэкологической обстановки в 30-км зоне АО «СХК», включающий следующую информацию: содержание радионуклидов и химических веществ в компонентах аграрных, лесных и водных экосистем; результаты оценок доз облучения биоты и населения; агрохимические характеристики почв сельскохозяйственных предприятий, расположенных в районе размещения ОДЭК.

Результаты текущих работ в дальнейшем будут использованы для:

- обоснования экологической безопасности вновь вводимых в эксплуатацию ядерных объектов на площадке АО «СХК»;
- информационного обеспечения органов управления Томской области и поддержки принятия решений по мерам обеспечения радиационной безопасности населения, а также руководством АО «СХК» для защиты населения в соответствии с Законами Российской Федерации.

## **РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, КОТОРЫЕ ИМЕЮТ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АЛЬФА РАДИОНУКЛИДАМИ**

*Т.Н. Лащенкова<sup>13</sup>, А.Б. Майзик<sup>12</sup>, И.Л. Пепелов<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup> – ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,  
г. Москва Россия*

*<sup>2</sup> – АО "Высокотехнологический научно-исследовательский  
институт неорганических материалов имени академика  
А.А. Бочвара", Москва, Россия*

*<sup>3</sup> – Российский университет Дружбы Народов, Москва, Россия*

При выводе из эксплуатации ядерных и радиационно опасных объектов используются разные технологии дезактивации, использующие физические и химические методы удаления. Дезактивация таких объектов, как здания и сооружения имеет свои особенности, является важной задачей в атомной отрасли. Особенно остро стоит проблема дезактивации поверхностей помещений, которые имеют загрязнения  $\alpha$ -излучающими радионуклидами.

Дезактивация таких объектов, как здания и сооружения, направлена на очистку строительных конструкций, бетонных и кирпичных поверхностей сухим методом, приводит к уменьшению объема радиоактивных отходов для изоляции, который с экономической точки зрения является наиболее приемлемым для таких объектов. Существующие технологии, как правило, предполагают образование большого объема аэрозольных отходов, загрязненных альфа-излучающими радионуклидами, критическим органом для которых являются легкие. Для соблюдения требований радиационной безопасности при таких работах и организации эффективной защиты персонала требуется оптимальные технологические решения для очистки воздушной среды, которые будут определять экономическую эффективность применения методов дезактивации на практике.

Решение этой важнейшей радиоэкологической проблемы является актуальной задачей, требует решения, важность не вызывает сомнения и является целью данной работы.

Метод сухой очистки струей воздуха с последующим пылеотсасыванием заключается в следующем. На первой стадии струей воздуха с поверхности удаляется радиоактивное загрязнение в виде мелких частиц и структурированных масс, всё загрязнение переводится во взвешенное и аэрозольное состояние. Для повышения эффективности и интенсификации процесса вводят порошок, обладающий абразивными свойствами, в качестве которого применяется песок, карборунд и др. Вторая стадия – очистка воздушной массы, которая находится во взвешенном состоянии.

Для осаждения аэрозолей провели исследование, в процессе которого выявили, что в воздухе появляются тонкодисперсные фракции пыли, с размером аэрозольных частиц менее 10 мкм, которые плохо улавливаются СИЗ и задерживаются в легких, это является опасным для здоровья персонала. Эти мелкие фракции пыли не задерживаются промышленными пылесосами, практически не оседают за счет гравитационных эффектов. Расчеты показали, что частицы плутония микронных размеров несут на себе активность порядка  $n(1-10)$  Бк, они ассоциированы с частицами материала значительно меньшей плотности. Далее выявили зависимость скорости седиментации от размера частиц воды. Для частиц диаметром менее 20 мкм скорость оседания оценивается менее 1 см/с, это означает, что вертикальная составляющая их перемещения уже не является доминирующей и при интенсивном движении в таких помещениях конвекционные потоки вносят более существенный вклад. Исследования показали, что наибольшая эффективность пылеподавления достигается распыление водного аэрозоля с размером капель от 100 до 400 мкм. Далее для осаждения водного аэрозоля использовали следующий прием, на горизонтальную поверхность наносили слой кварцевого песка с определенным размером частиц, это приводит к смешиванию тонкодисперсной аэрозольной фракции с более тяжелыми частицами песка, которые оседали на поверхность песка.

Эти мероприятия позволили существенно понизить содержание мелкой фракции микронных размеров до допустимого содержания и существенно повысить эффективность дезактивации.

## **ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА ДАЛАТА (ВЬЕТНАМ) И ОБНИНСКА (РОССИЯ) ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ОКСИД ТРИТИЯ**

*Ле Фам Тхи, О.А. Момот, Б.И. Сынзыныс  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Тритий – радиоактивный изотоп водорода, он имеет как естественное, так и техногенное происхождение [1].

В частности, он образуется на предприятиях ядерной энергетики, широко используется в промышленности и научных лабораториях. В основном он депонируется в водной среде в воде оксида трития НТО и попадает в источники питьевого водоснабжения.

**Целью работы** было определение дозы внутреннего облучения и оценка индивидуального радиационного риска для жителей г. Далат (Вьетнам) и г. Обнинск (Россия), в которых функционируют национальные ядерные центры.

В национальном исследовательском ядерном центре в Далате работает легководный реактор для производства радиоактивных изотопов медицинского назначения и для исследовательских целей. Однако, данные по тритию в Далате очень низкие, в диапазоне 1-3 TU (1 TU = 0,118 Бк/л). Причина в том, что реактор Далата имеет очень низкую мощность (500 кВт) и использует только легкую воду (H<sub>2</sub>O) для теплоносителя и замедления, с использованием низкообогащенного уранового топлива, составляющего 19,75%. Другие регионы Вьетнама (морская вода, речная вода) содержат в своей воде до 5 TU самого различного происхождения.

Образующийся при работе реактора тритий, а также тритий естественного происхождения в конечном итоге попадает в воду, образуя окись трития. Содержание трития в питьевой воде г. Далата определяли на жидкостном с цинтиляционным спектрометре TriCarb 3170 TR/L .

1. С помощью формулы [1] определяем поглощенную дозу облучения:

$$D_{\beta} = 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\bar{E}_{\beta} \cdot A_v \cdot V \cdot f \cdot T_{eff}}{m} \cdot \left( t + \frac{T_{eff}}{0,693} \cdot e^{\frac{-0,693 \cdot t}{T_{eff}}} - \frac{T_{eff}}{0,693} \right)$$

где:  $\bar{E}_{\beta}$  – средняя энергия  $\beta$ -излучения [МэВ], (5,71 кэВ); t- время поступления [сутки], (1 год);  $A_v$  – объемная активность трития [Бк/л]; V – скорость поступления питьевой воды [л/день], (2л/день); f – коэффициент перехода в критический орган ( для трития – 1);  $T_{эфф}$  – эффективный период полувыведения [сут.], равный 9,98 сут.); m – масса тела человека [г], (70 кг).

2. Расчет риска опасных заболеваний [1]

Радиационный риск рассчитывается по формуле:

$$r_i = E_i \cdot r_E$$

где:  $r_i$  - индивидуальный пожизненный риск [чел<sup>-1</sup>];  $E_i$  - эффективная доза [Зв];  $r_E$  - коэффициент пожизненного риска [чел<sup>-1</sup>.Зв<sup>-1</sup>] , в нашем случае  $r_E = 7,3 \cdot 10^{-2}$  чел<sup>-1</sup>.Зв<sup>-1</sup>.

В табл. 1 представлены результаты вычисления дозы облучения и риска для здоровья человека.

Таблица 1  
Доза облучения и радиационный риск от трития для жителей Далата и Обнинска

|                  | $A_v$ , (Бк/л) | $D_{\beta}$ , (рад)   | E, (Зв)               | $r$ , (чел <sup>-1</sup> ) |
|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|
| Для Далата       | 0,12           | $0,014 \cdot 10^{-5}$ | $0,035 \cdot 10^{-7}$ | $0,026 \cdot 10^{-8}$      |
| Для Вьетнама     | 0,60           | $0,070 \cdot 10^{-5}$ | $0,175 \cdot 10^{-7}$ | $0,128 \cdot 10^{-8}$      |
| Для Обнинска     | 10,60          | $1,210 \cdot 10^{-5}$ | $3,025 \cdot 10^{-7}$ | $2,208 \cdot 10^{-8}$      |
| Нормативы МАГАТЭ |                |                       |                       | $5,0 \cdot 10^{-5}$        |

Как следует из представленных в таблице данных, величина индивидуального пожизненного риска от употребления

питьевой воды, содержащей тритий для жителей Обнинска значительно превышает таковую для жителей Далата и всего Вьетнама. Но в то же время это на 2-3 порядка меньше риска, который МАГАТЭ считает приемлемым.

### ***Литература***

1 Synzynys B.I., Momot O.A., Mirzeabosov O.A. et. al. Radiological problems of tritium/in 13 youth scientific and practical conference “Future of atomic energy-AtomFuture 2017”. KnE Engineering, page 249-260. DOI 10.18502/keg/v3i13.1624.

## **НОВЫЙ ПОДХОД ИНДИКАЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РИСКА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

*В.Е. Лукьянов<sup>1</sup>, В.В. Исакевич<sup>3,2</sup>, Д.В. Исакевич<sup>3</sup> Л.В. Грунская<sup>2</sup>,*

*<sup>1</sup> – Управление Россельхознадзора по Владимирской области, г. Владимир, Россия*

*<sup>2</sup> – Владимирский государственный университет им. А.Н. и Н.Г.Столетовых, г. Владимир, Россия*

*<sup>3</sup> – ООО «Собственный вектор», г. Владимир, Россия*

Разработанный новый подход [1] может использоваться при построении комплексов для оперативной оценки изменений и прогнозирования рисков сильных землетрясений, например, по данным наблюдений объемной концентрации радона с датчиков, расположенных в сейсмически опасном районе. Также может быть использован в областях практической деятельности, где возникает задача наблюдения за некоторой совокупностью временных рядов с целью выявления аномального поведения объекта, например, при выявлении предвестников опасных природных явлений и аномального поведения технических объектов с целью предотвращения техногенных катастроф.

Для реализации подхода авторы использовали метод, основанный на айгеноскопии [2] временных рядов, в сочетании с методом, базирующимся на байесовский оценках вероятности «Индикатор риска» [3]. Совместное использование данных



методов с реализацией позволяет выделять точки аномального поведения во временных рядах и оценивать максимально возможное повышение вероятности возникновения критического (аномального) поведения системы. Конструкция разработанного подхода устойчива к изменению числа наблюдаемых временных рядов.

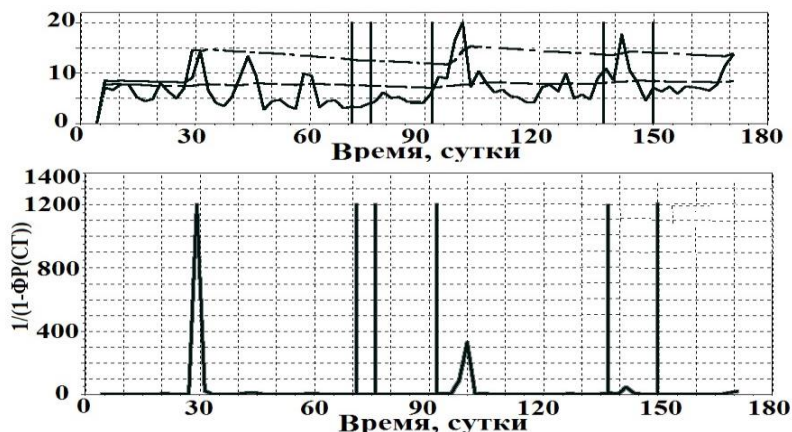


Рис. 1. Результат обработки временного ряда

На рис.1 показан результат обработки временного ряда с использованием разработанного подхода индикации изменения риска сильных землетрясений. Как видно из рис. 1, наблюдаются значительные аномалии в точках близких к 30 и 100 суткам с начала обработки, вертикальными линиями показаны моменты землетрясений.

### *Литература*

1 Патент РФ № 190531. Устройство индикации изменения риска сильных землетрясений по результатам многоканально наблюдения с перерывами / Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Лукьянов В.Е., Грунская Л.В., Фирстов П.П., Макаров Е.О. // Полезная модель.

2 Патент РФ № 116242. Анализатор собственных векторов и компонент сигнала / Грунская Л.В., Исакевич Д.В., Исакевич В.В. // Полезная модель.

3 Патент РФ № 159604. Индикатор риска / Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Лукьянов В.Е. // Полезная модель.

## **ОЦЕНКА ДОЗ ПРИ БРАХИТЕРАПИИ ОРГАНОВ ГОЛОВЫ И ШЕИ ИСТОЧНИКОМ $^{252}\text{Cf}$**

*И.М. Меджидов, М.А. Басова, Ю.А. Кураченко  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Лечение злокачественных новообразований органов головы и шеи является актуальной проблемой во всем мире. Метод внутритканевой терапии при помощи штырьковых источников  $^{252}\text{Cf}$  позволяет уничтожить злокачественные клетки в области головы и шеи.

Деление и распад нуклида сопровождается испусканием нейтронов,  $\alpha$ -частиц,  $\beta$ -частиц, рентгеновского и  $\gamma$ -излучений [1]. Период полураспада равен 2,645 год. При проведении внутритканевой терапии основной вклад в дозу приходится от нейтронного и гамма излучений. Значение средней энергии нейтронов находится в интервале 2,10 – 2,37 МэВ. Средняя энергия  $\gamma$ -излучения составляет 1 МэВ [1].

Методика внутритканевой терапии органов головы и шеи выполняется при помощи Парижской системы планирования [2]. Согласно этой системе, радиоактивные препараты распределяются в одной плоскости, либо в двух параллельных плоскостях. Источники должны находиться в тканях параллельно друг другу и на равных расстояниях. Использовались следующие схемы размещения штырьковых источников: треугольник, квадрат, 2 квадрат и эллипс. При строгом соблюдении правил системы гарантируется подведении однородной средней дозы во всем объеме мишени. Перепад дозы не превышает  $\pm 10\%$ .

В Медицинском Радиологическом Научном Центре им. А.Ф. Цыба в период с января 2018 г. по май 2018 г. методом внутритканевой терапии было пролечено 10 пациентов. Для 6-ти пациентов была выбрана схема эллипс, для остальных 4-х – 2 квадрат. Доза, выбранная врачом по нейтронной компоненте, варьировалась от 8 до 9 Гр. Как было сказано выше, основной вклад приходится именно по нейтронной и гамма составляющей, но при планировании и определении терапевтической дозы берется в расчет только нейтронная составляющая.

В данной работе были рассчитаны основные параметры  $\gamma$  компоненты, а именно: мощность дозы, мощность дозы в опорной точке и суммарная доза, пришедшая на опухоль по  $\gamma$  составляющей (табл. 1). При терапевтической дозе 8 Гр по нейтронной компоненте, приходится около 4-5 Гр по  $\gamma$  составляющей.

Таблица 1

Основные параметры  $\gamma$  составляющей для некоторых случаев

| № | Схема     | Время облучения,<br>$t_{\text{обл.}}$ (час) | Мощность<br>дозы, $\dot{D}_{\gamma}$ , ( $\frac{\text{сГр}}{\text{ч}}$ ) | Доза, $D_{\gamma}$ ,<br>(Гр) |
|---|-----------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 2 квадрат | 34,59                                       | 14,81                                                                    | 5,12                         |
| 2 | 2 квадрат | 48,93                                       | 11,64                                                                    | 5,69                         |
| 3 | Эллипс    | 31,83                                       | 15,04                                                                    | 4,78                         |

Для дальнейшей оценки  $\gamma$ -излучения была поставлена задача моделирования сценария внутритканевой терапии при помощи транспортного кода – MCNP [3]. В качестве объекта прецизионного облучения был выбран антропоморфный фантом – «MIRD Humans» [4]. В ходе исследования планируется оценить вклад нейтронного и гамма излучений в область опухоли, а также оценить дозу на критические органы и ткани.

### ***Литература***

1 Втюрин Б.М., Иванов В.Н., Коноплянников А.Г. Эффекты нейтронного и гамма-излучений источников на основе  $^{252}\text{Cf}$  // Энергоатомиздат, 1986. – 128 с.

2 Втюрин Б.М., Иванов В.Н., Иванова Л.Ф., Абдулкадыров С.А. Методика внутритканевой лучевой терапии опухолей радиоактивными препаратами  $^{60}\text{Co}$  и  $^{252}\text{Cf}$  способом последовательного ручного введения интрататов и источников излучения // Методические рекомендации. – 1982. – 31 с.

3 X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987; 2003. – P. 334.

4 Tim Goorley // MCNP Medical Physics Database, LA-UR-07-2777, California, Los Alamos National Laboratory. 2007. – P. 14.

## **УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ**

*О.А. Мерзлова*

*ГНУ «НИЭИ Минэкономики Республики Беларусь»,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Особенность рекультивации сельскохозяйственных земель, выведенных из оборота вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, состоит в необходимости радиационной защиты персонала при проведении культуртехнических работ.

В процессе удаления древесно-кустарниковой растительности (ДКР) образуется большое количество древесных остатков (ДО). Рассмотрим особенности выбора способа их утилизации с позиций радиационной безопасности.

Естественное разложение – наиболее экологичный и потенциально менее дозоформирующий способ. При нем не происходит распыления почвенных частиц для ингаляционного поступления, контакт работников ограничивается сгребанием валов спецтехникой. Важен контроль загрязнения ДО. При загрязнении коры для редкой ДКР до  $5 \cdot 10^{-7}$  Ки/кг и для густой  $2 \cdot 10^{-6}$  Ки/кг формируются открытые валы, при превышении данных величин валы следует прикрыть грунтом [1].

При запашке кустарника происходит одновременная очистка поверхности и утилизация ДКР. Вовлекаемая в почвенно-

гумусовый оборот древесины увеличивает контаминацию почв, но ее загрязнение сопоставимо с загрязнением участка, на котором она произрастала. Аналогичный эффект дает перемешивание ДО с почвой при фрезеровании. Захоронение ДКР осуществляется в траншеи на глубину до 2-3 м. Для исключения перемещения радионуклидов на песчаных грунтах подготавливает подушка из торфа, связной супеси, глины. После захоронения ДО дополнительные дозы облучения на персонал исключаются.

В перечисленных случаях условия работы бульдозеристов при ликвидации ДО по степени воздействия  $\gamma$ -излучения сопоставимы с условиями проведения уборочных работ для механизаторов. По экспериментальным данным в условиях МЭД 0,4-0,5 мЗв/ч, загрязнении участка  $^{137}\text{Cs}$  – 840-990 кБк/м<sup>2</sup>,  $^{90}\text{Sr}$  – 75-90 кБк/м<sup>2</sup>,  $^{241}\text{Am}$  – 2,2-8,9 кБк/м<sup>2</sup>,  $^{239+240}\text{Pu}$  – 2,2-3,2 кБк/м<sup>2</sup>,  $^{238}\text{Pu}$  – 0,8-1,2 кБк/м<sup>2</sup> с учетом 70 часов работы на самых пылеобразующих операциях суммарная годовая эффективная доза будет достигать  $3 \cdot 10^{-2}$  мЗв в год [2]. При этом вклад трансурановых элементов на порядок выше, чем  $^{137}\text{Cs}$ . Для сравнения, аналогичные затраты рабочего времени необходимы при корчевке и захоронении ДКР на участке площадью 20-25 га.

Сжигание ДО сопряжено с получением дополнительной дозы облучения за счет ингаляционного поступления. Их оценка в схожих условиях – при тушении пожаров суммарной продолжительностью 55 часов прогнозирует увеличению дозы внутреннего облучения на 16 мкЗв [3] или 0,29 мкЗв/час. При этом ожидаемые годовые дозы не превысят 0,1 мЗв/год. Важно отметить, что вклад трансурановых элементов в ожидаемую дозу внутреннего облучения составляет около 60%, присутствие которых характерно лишь для небольшой части земель. Данный способ утилизации ДО экологически неблагоприятен и требует соблюдения правил пожарной безопасности.

Обобщая сказанное можно предположить, что с позиций радиационной защиты персонала, наименьшие дополнительные дозы  $\gamma$ -излучения будут получены при запашке и фрезеровании ДКР, наибольшие при сжигании ДО.

### *Литература*

1 Лихацевич А. П., Голченко М. Г., Михайлов Г. И. Сельскохозяйственные мелиорации. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.

2 Подоляк А.Г. и др. Дозы облучения работников при проведении сельскохозяйственных операций на загрязнённой радионуклидами ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{238,239+240}\text{Pu}$ ) территории // Радиация и риск. – 2014. – Т. 23. – № 2. – С. 85-94.

3 Буздалкин К.Н., Бортновский В.Н. Ингаляционное поступление трансурановых элементов в организм при чрезвычайных ситуациях в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2019. – № 3. – С. 59-65.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕГО ВЫБРОСА РАДИОАКТИВНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС**

*М. Мехди<sup>1</sup>, М.П Панин<sup>1</sup>, Д.А. Припачкин<sup>1</sup>, В. Mohammedi<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> - Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия

<sup>2</sup> - Биренский ядерный исследовательский центр, (CRNB) Алжир

Авария на Чернобыльской АЭС с реактором РБМК привела к выбросу радиоактивных продуктов в атмосферу, сопровождавшемуся активным выделением тепла вследствие горения активной зоны. Имеющиеся результаты прямых измерений выброса крайне ограничены, а эксперименты в аэродинамической трубе, моделирующие рассеяние примеси в таких специальных условиях, отсутствуют. Численное моделирование представляется перспективным средством для оценки характера выброса: распределения температуры, высоты подъема факела и распределения концентрации примесей в ближней зоне.

В настоящей работе методами вычислительной гидродинамики с помощью пакета Ansys Fluent 19.1 проведено моделирование в местном масштабе (1,5 км по ветру от АЭС) истечения газов из аварийного ректора. Моделировались выбросы в течение третьего этапа аварии, когда температура активной зоны была наивысшей и оценивалась в 2000 К [1].

Целью работы являлась оценка распределения температуры и концентрации радиоактивной примеси в факеле выброса и вокруг него и определение, таким образом, первоначальной высоты заброса примеси в атмосферу.

Область моделирования составляла 1.5 км по направлению ветра, 600 м в поперечнике и 1.5 км по вертикали. Источник тепла, представляющий собой расплавленную активную зону реактора с горящим графитом, располагался на расстоянии 300 м от точки входа по направлению ветра. Вычисления выполнены для скорости ветра 1 м/с. Полученное значение высоты факела (около 400 м) в целом хорошо согласуется с измерениями распределения концентрации радиоактивности, проведенными на самолете [2].

### *Литература*

1 Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience report of the Chernobyl forum expert group 'environment'// International Atomic Energy Agency Vienna, 2006.

2 Ю. А. Израиль Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий.// СПб.: Гидрометеиздат: Прогресс-погода, 1996. - 355 с.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АО «ИРМ»**

*А.Ф. Михайлова<sup>1,2</sup>, О.Л. Ташлыков<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГАОУ ВО УрФУ имени первого Президента России Б.Н.*

*Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

*<sup>2</sup> – АО «ИРМ», г. Заречный, Россия*

В основе современной системы радиологической защиты лежат три основных принципа - обоснования, нормирования и оптимизации. Несмотря на то, что наибольший эффект в снижении дозовых нагрузок персонала при выполнении радиационно-опасных работ дает использование автоматизированных и роботизированных устройств и комплексов, пристальное внимание должно быть уделено оптимизации радиационной защиты по всем возможным направлениям [1]. При этом важным условием дальнейшей оптимизации радиационной защиты персонала и реализации комплекса мероприятий, направленных на управление индивидуальными дозами и рисками [2], является эффективная реализация принципа нормирования.

В 1998 г. в соответствии с «Планом мероприятий по переходу на НРБ-96 в СФНИКИЭТ» началась разработка программного обеспечения (ПО) «База данных по ИДК» (БД ИДК) для автоматизации учета доз облучения персонала и оперативного получения информации по дозам облучения руководителями подразделений с целью анализа дозовых нагрузок и планирования работ. БД введена в эксплуатацию 01.12.1999 г. За время работы в нее вносились изменения, расширились ее содержание и функционал (например, введен контроль объемных активностей радионуклидов в воздухе). В настоящее время, в рамках реализации ПСР-проекта «Оптимизация процесса текущего дозиметрического контроля» остро встал вопрос о совершенствовании существующей БД ИДК [3].



Целью создания новой базы данных ИДК АО «ИРМ» является устранение существующих недостатков действующего ПО «База данных по ИДК». Новая база данных дозиметрического контроля (БД ДК) будет состоять из трех обособленных блоков (рис. 1):

- индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК);
- контроль объемных активностей (ОА);
- дозиметрический контроль рабочих мест (ДКРМ).



Рис. 1. Структурная схема базы данных дозиметрического контроля

### *Литература*

1 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.

2 Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Моделирование процесса управления индивидуальными радиационными рисками персонала / Физика. Технологии. Инновации. ФТИ - 2019. Тезисы докладов VI Международной молодежной научной конференции.– Екатеринбург: УрФУ, 2019. – С. 895-896.

3 Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Совершенствование системы автоматизированного сбора, хранения и обработки

данных индивидуального дозиметрического контроля персонала АО «ИРМ» // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Материаловедение и новые материалы. – 2019. – Вып. 5(101). – С. 64-73.

## **НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ У ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ ПАРКИНСОНА, РАБОТАЮЩИХ НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ**

*А.Д. Михайлова, О.А. Тихонова  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,  
г. Москва, Россия*

Болезнь Паркинсона – хроническое неуклонно прогрессирующее заболевание ЦНС с дегенерацией нигростриарных нейронов и нарушением функции базальных ганглиев. Основными синдромами является гипокинезия, тремор покоя, ригидность, постуральная неустойчивость [1]. Среди немоторных проявлений особую роль играют когнитивные и эмоциональные нарушения [2].

Набор пациентов осуществлялся на базе ФНЦ экстрапирамидных заболеваний и психического здоровья, неврологического профпатологического отделения с кабинетом клинической нейрофизиологии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

В наш центр поступают пациенты из городов, в которых находятся АЭС. Были обследованы пациенты с болезнью Паркинсона (соответствующие критериям диагностики Movement Disorders 2015 г.), чья профессиональная деятельность связана с работой на АЭС, а также пациенты, не работающие на атомных станциях. Двигательную активность пациентов оценивали, используя унифицированную шкалу болезни Паркинсона (MDS-UPDRS), когнитивные функции – с помощью монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCa), уровень тревоги и депрессии оценивался с помощью

госпитальной шкалы тревоги и депрессии. Тяжесть заболевания у всех пациентов по шкале Hoehn-Yahr была второй.

По данным шкалы MoCA, когнитивные нарушения легкой степени выраженности диагностированы в основной группе – у 28%, в группе контроля – у 60%. На первый план у всех пациентов выходит снижение функций зрительной памяти (запоминание, отсроченное воспроизведение), нарушение кинетического и кинестетического праксиса. У пациентов основной группы не было выявлено тревоги и депрессии, а среди пациентов второй группы субклинический уровень тревоги составлял 20%, клинически выраженная тревога наблюдалась у 10%; субклиническая депрессия была выявлена у 30%, а клиническая – у 15%, что требовало подбора антидепрессентов.

В табл.1 представлены данные по двигательной и когнитивной шкалам обеих групп пациентов.

Таблица 1

Показатели двигательных и когнитивных нарушений у пациентов с болезнью Паркинсона

| Группа испытуемых                                                                           | Баллы по шкале MoCa | Баллы по шкале UPDRS |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Болезнь Паркинсона<br>(профессиональный труд не связан с работой на атомных станциях), n=25 | 25±2                | 54±9                 |
| Болезнь Паркинсона<br>(пациенты, работающие на атомных станциях – основная группа), n=7     | 27±2                | 53±3                 |

Таким образом, можно сделать вывод о том, пациенты, имеющие высшее образование, и чья профессиональная деятельность связана с умственным трудом, имеют более высокие показатели когнитивных функций. Отсутствие тревоги и депрессии также можно связать с профессиональными особенностями данной группы пациентов.

## *Литература*

1 Федорова Н.В. Болезнь Паркинсона: диагностика и лечение // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2016. - №1. - С. 13-17.

2 Быков Ю.Н., Бендер Т.Б., Васильев Ю.Н., Калягин А.Н., Максикова Т.М. Влияние стимулирующего когнитивно-моторного тренинга на нейропсихологический статус и качество жизни у пациентов с болезнью Паркинсона // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2018. – Т. 10(4). – С. 65-70.

## **ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА НАСЕЛЕНИЕ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯТЦ РОССИИ**

*Нгуен Ван Тай, О.А. Момот*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

**Введение.** В результате работы предприятий атомной промышленности и крупных радиационных аварий в окружающую среду были привнесены долгоживущие техногенные радионуклиды. В результате окружающая среда определенных территорий имеет дополнительное радиационное воздействие. На территории Российской Федерации есть ряд регионов с контролируемой радиационной обстановкой. К числу таких территорий относятся производственное объединение «Маяк», ФГУП Горно-химический комбинат (ГХК), атомные электростанции и др. Поэтому мониторинг радиационной обстановки в районе объектов осуществляют регулярно для контроля состояния объектов окружающей среды.

**Цель работы.** Оценка и сравнение доз облучения населения для жителей в зоне наблюдения (ЗН) ПО «Маяк», ГХК, Ленинградской АЭС. Для оценки использовали данные из [1-3] и методику, описанную в [4].

**Результаты исследований.** В табл. 1 указаны дозы облучения жителей населенных пунктов ЗН ПО «Маяк», ГХК, и Ленинградской АЭС, обусловленные техногенным

радионуклидным загрязнением (внешнее облучение –  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ; внутреннее облучение –  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238,239,240}\text{Pu}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ).

**Выводы.** По результатам расчета среднегодовые дозы техногенного облучения жителей в зоне наблюдения исследуемых объектов ЯТЦ (ПО «Маяк», ГХК, ЛАЭС) оказались ниже допустимого дозового предела для населения согласно НРБ-99/2009 (1 мЗв/год) и составили 66,6, 49,5 и 76,2 мкЗв в год соответственно. Наибольшее значение дозы внутреннего облучения характерно для ЗН Ленинградской АЭС, что связано с высокой удельной активностью радионуклидов в питьевой воде и в продуктах питания. На ПО Маяк и ГХК внутреннее облучение для населения почти одинаковое. Внешнее облучение населения в ЗН ПО «Маяк» наибольшее, что обусловлено техногенным загрязнением почвы в результате аварий в 1957 и 1967 гг. Также можно отметить, что наибольший вклад в дозу облучения от техногенных источников на население вносит внутреннее облучение, которое составляет более 66% от общей дозы техногенного облучения для всех объектов.

Таблица 1

Дозы облучения жителей зоны наблюдения объектов ЯТЦ за счет техногенного радиоактивного загрязнения

| Вид облучения        | Среднегодовая доза, мкЗв/год |          |      |
|----------------------|------------------------------|----------|------|
|                      | ПО «Маяк»                    | ФГУП ГХК | ЛАЭС |
| Внешнее облучение    | 22,6                         | 5,8      | 11,2 |
| Внутреннее облучение | 44,0                         | 43,7     | 65,0 |
| Всего                | 66,6                         | 49,5     | 76,2 |

### *Литература*

1. Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году». – Обнинск, 2019. – С. 213-220.

2. Отчет по экологической безопасности ФГУП "ПО "Маяк" за 2018 год / Госкорпорация "Росатом"; ФГУП "ПО "Маяк". – Озерск: РИЦ ВРБ; Типография ФГУП "ПО "Маяк", 2019. – 44 с.

3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2018 году». – Красноярск, 2019. – С. 39-48.

4. 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)

5. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

## **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВО ВЬЕТНАМЕ**

*Нгуен Чук Фыонг, О.А. Момот  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Основными источниками искусственных радиоизотопов в окружающей среде являются испытание ядерного оружия, отходы ядерных установок (в т.ч. сбросы, выбросы радиоактивных веществ), захоронение радиоактивных отходов и глобальные радиационные аварии. Радиоактивные изотопы попадают в окружающую среду из вышеупомянутых основных источников, вызывая их распространение в различных масштабах. Наиболее короткоживущие радионуклиды быстро распадаются. До наших дней сохранилось лишь несколько долгоживущих радиоактивных ядер, из которых <sup>137</sup>Cs представляет особый интерес, т.к. он также является хорошим индикатором для изучения процессов переноса радиоактивных загрязнений в окружающей среде.

Целью данной работы являлся анализ временной динамики содержания техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды во Вьетнаме. Для анализа использовали данные по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в почве, воздухе, полученные из Национального доклада Вьетнама за 2017 г. [1] и статьи [2].

Основываясь на результатах мониторинга радиационной обстановки в Далате и сравнение их с уровнями фона, установленными до запуска реактора IVV9, можно отметить следующее: работа Далатского ядерного реактора не привела к каким-либо существенным изменениям радиационных параметров окружающей среды. Радиоизотопы  $^{137}\text{Cs}$  были зарегистрированы на небольшом уровне, полностью обусловленные глобальными выпадениями.

В за изучаемый период (1985-2017 гг.) в результате мониторинга было своевременно выявлено и оценено 2 аномалии искусственной радиоактивности в воздушной среде:

- аномалии, связанные с чернобыльским инцидентом (май-июнь 1986 г.);
- аномалии, связанные с инцидентом на Фукусиме-I (март - апрель 2011 г.).

Таблица 1

Изменение объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе г. Далат

| Дата                                                         | 01/85  | 06/86 | 01/89 | 04/11 | 01/17 |
|--------------------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Объемная активность $^{137}\text{Cs}$ ,<br>Бк/м <sup>3</sup> | ≤ 0,01 | 1,3   | 0,47  | 35,7  | 0,01  |

По сравнению с показателями, наблюдавшимися в Далате в 1986 г. из-за влияния аварии на Чернобыльской АЭС, максимальные значения активности  $^{137}\text{Cs}$  аэрозолей в период с марта по апрель 2011 г. превышают приблизительно 20 раз. Максимальная зарегистрированная активность во Вьетнаме меньше допустимого значения ДОО<sub>нас</sub>=2,7·10<sup>-1</sup> Бк/м<sup>3</sup> (по НРБ-99/2009).

Если сравнивать другие компоненты окружающей среды (поверхностные воды, атмосфера, литосфера), то верхний слой почвы по-прежнему является самым большим накопителем радиоактивных веществ. Плотность выпадения  $^{137}\text{Cs}$

увеличивается к северу и варьирует от 178 Бк/м<sup>2</sup> до 1920 Бк/м<sup>2</sup>. Районы с высоким уровнем осадков в северной и центральной частях страны получили значительные поступления <sup>137</sup>Cs, превышающие 600 Бк/м<sup>2</sup>, что существенно меньше допустимого значения ( $3,7 \cdot 10^4$  Бк/м<sup>2</sup>).

Таким образом, аварии на ЧАЭС и АЭС Фукусима-I практически не оставили заметных радиоактивных следов в компонентах природных систем во Вьетнаме.

### *Литература*

1. BÁO CÁO QUỐC GIA Về công tác quản lý nhà nước trong lĩnh vực an toàn bức xạ và hạt nhân năm 2017. – Bộ khoa học và công nghệ, Cục an toàn bức xạ và hạt nhân, 2018. – 197 с.

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ <sup>241</sup>Am ПОЧВЫ И МЕСТНЫХ ПРОДУКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ БРАГИНСКОГО РАЙОНА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ**

*Е.К. Нилова<sup>1</sup>, В.Н. Бортновский<sup>2</sup>, А.Н. Никитин<sup>3</sup>,  
С.А. Тагай<sup>3</sup>, Н.В. Дударева<sup>3</sup>, Л.В. Жукова<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>– ГНТУ «Центр по ядерной и радиационной безопасности»

*МЧС Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь*

<sup>2</sup>– УО «Гомельский государственный медицинский  
университет», г. Гомель, Беларусь

<sup>3</sup>– ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,  
г. Гомель, Беларусь

Чернобыльские выпадения, в отличие от глобального радиационного фона, до сих пор характеризуются достаточно высокими локальными уровнями загрязнения долгоживущими радионуклидами. Из пяти административных областей Республики Беларусь самой пострадавшей оказалась Гомельская область, 70% территории которой подверглось радиоактивному загрязнению. В трех южных районах области – Брагинском, Хойникском и Наровлянском в составе загрязнения присутствуют также и



долгоживущие трансурановые элементы (ТУЭ) – изотопы  $^{238, 239, 240, 241}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ .

В современный период плотность поверхностного загрязнения территории черныбыльским  $^{137}\text{Cs}$  уменьшилась более чем в 2 раза. В то же время  $^{241}\text{Am}$  ( $T_{1/2} = 432,2$  лет) является единственным радионуклидом черныбыльских выпадений, содержание которого возрастает в результате распада  $\beta$ -излучающего  $^{241}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 14,3$  лет). Также, как и изотопы  $^{238, 239, 240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  является  $\alpha$ -излучателем. Лидирующая роль  $^{241}\text{Am}$  в составе современного черныбыльского загрязнения  $\alpha$ -излучающими ТУЭ и продолжительный период полураспада с испусканием высокоэнергетических  $\alpha$ -частиц ( $E_{\alpha} \geq 5\text{МэВ}$ ) определяет возрастающую значимость этого радионуклида при возможном его вовлечении в цепочки, ведущие непосредственно к человеку. Поэтому в настоящее время актуальным является уточнение содержания  $^{241}\text{Am}$  относительно  $^{137}\text{Cs}$  в почве и продуктах питания, а также оценка вклада каждого из радионуклидов в дозы облучения населения, проживающего в загрязненных районах. Социальными группами населения, подверженными наибольшему воздействию радиоактивного загрязнения, являются лица, работающие на открытом воздухе (ингаляционный путь поступления) и/или потребляющие местные пищевые продукты (пероральный путь поступления).

Исследования по уточнению современных уровней загрязнения  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  почвы и продуктов питания частных подворий 28 населенных пунктов (н.п.) на территории радиоактивного загрязнения Брагинского района Гомельской области выполнены в период 2017-2018 гг. Показатели содержания  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в почве отдельных н.п. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Удельная активность и плотность поверхностного загрязнения почвы  
на частных подворьях Брагинского района

| н.п.   | кол-во<br>проб | <sup>241</sup> Am |                    |       |                    | <sup>137</sup> Cs |                    |       |                    |
|--------|----------------|-------------------|--------------------|-------|--------------------|-------------------|--------------------|-------|--------------------|
|        |                | мин.              |                    | макс. |                    | мин.              |                    | макс. |                    |
|        |                | Бк/кг             | кБк/м <sup>2</sup> | Бк/кг | кБк/м <sup>2</sup> | Бк/кг             | кБк/м <sup>2</sup> | Бк/кг | кБк/м <sup>2</sup> |
| Брагин | 11             | 5,0               | 0,9                | 14,5  | 2,8                | 825               | 251                | 2992  | 560                |
| Соболи | 8              | 6,5               | 1,4                | 16,3  | 3,6                | 529               | 116                | 1630  | 296                |
| Гдень  | 6              | <1,2              | <0,3               | 4,0   | 1,1                | 82                | 19                 | 249   | 53                 |

Максимальная удельная активность <sup>241</sup>Am в местных продуктах на уровне 10-30 мБк/кг установлена в пробах листовой зелени, при этом активность <sup>137</sup>Cs в данных образцах составила 3-12 Бк/кг, что на три числовых порядка величины превышает содержание <sup>241</sup>Am.

Консервативная оценка ожидаемых доз внутреннего облучения местных жителей показала, что в суммарной дозе от <sup>241</sup>Am преобладает ингаляционная составляющая, тогда как в дозе от <sup>137</sup>Cs доминирует вклад пищевой цепочки. При выполнении пылеобразующих работ в н.п. Соболи, где отмечены максимальные уровни содержания <sup>241</sup>Am в почве, доза от ингаляции данным радионуклидом может достигать  $3,3 \times 10^{-2}$  мЗв/год (3% от контрольного дозового предела для населения – 1 мЗв/год), в то время как ожидаемая годовая доза от сопутствующего <sup>137</sup>Cs при ингаляционном пути поступления составляет  $1,0 \times 10^{-3}$  мЗв/год или 0,1% от дозового предела.

## ОСОБЕННОСТИ РАССЛЕДОВАНИЯ ПРЕСТУПЛЕНИЙ С РАССЕИВАНИЕМ ЯРМ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*А.И. Нитрян<sup>1</sup>, В.А. Стебельков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Техничко-криминалистический центр судебных экспертиз  
Генерального инспектората полиции МВД Республики Молдова,  
г. Кишинёв, Республика Молдова*

*<sup>2</sup> – НП «Лаборатория анализа микрочастиц», г. Москва, Россия*

Преступления или инциденты с ЯРМ, которые могут рассматриваться и расследуются, как преступления, происходят не часто. Несмотря на тысячи инцидентов, собранных в базе данных МАГАТЭ, случаев, к расследованию которых пришлось привлекать ресурс ядерной криминалистики не так уж и много. Например, в республике Молдова за последние восемь лет были зарегистрированы всего пять преступлений с незаконным оборотом или с использованием ЯРМ [1]. Но по своим последствиям преступления или инциденты с ЯРМ могут оказаться значимыми и иметь широкий общественный резонанс [2], [3]. Более того, необходимо учитывать, что вероятность таких преступлений и провокаций со временем может нарастать из-за расширяющейся разрешенной деятельности с ЯРМ (энергетика, медицина, научные исследования и т.д.), из-за региональных конфликтов, увеличивающих риск потери контроля над ЯРМ и захвата их преступными организациями, из-за развития информационных технологий, облегчающих доступ к информации о ЯРМ и т.д. [1].

Анализ инцидентов, произошедших в разных странах, а также результаты учений, проводимых Международной технической рабочей группой по ядерной криминалистике (ITWG), показывают, что расследование таких преступлений часто требует значительного аналитического ресурса, а также объединения усилий экспертов-криминалистов и специалистов по ЯРМ. Особенность такого объединения заключается в том, что эксперты в области традиционной криминалистики не имеют опыта работы с радиоактивными веществами и ядерными материалами, а специалисты в области ЯРМ, как правило, не

имеют ни образования, ни элементов культуры выполнения судебных экспертиз. Поэтому при расследовании таких инцидентов непривычные сложности возникают для правоохранительных органов, отвечающих за результаты расследования, с самого начала расследования, с осмотра места происшествия, и продолжаются на протяжении всего расследования, вплоть до рассмотрения дела в суде.

На месте инцидента вход в зону радиоактивного загрязнения и выход из неё осуществляются по правилам, установленным для специалистов, работающих с ЯРМ. Эти правила установлены законодательством и обязательны для всех, в том числе, и для не привыкших к ним сотрудников правоохранительных органов.

Отбор проб, которые в последствие могут стать вещественными доказательствами, также может быть эффективным при координировании этого отбора со специалистами по ЯРМ, которые лучше знают, на каких поверхностях могут осесть искомые следовые количества ЯРМ и как их следует отбирать. При этом специалисты по ЯРМ не знают правил, установленных национальными УПК и необходимых для соблюдения процессуальных правил.

Анализ следовых количеств рассеянного ЯРМ, как правило, сводится к анализу микрочастиц ЯРМ. Правоохранительные структуры, обычно, не имеют необходимого опыта всестороннего анализа микрочастиц. Тем более, у них нет опыта анализа микрочастиц ЯРМ. Это также обуславливает необходимость кооперации со специалистами, имеющими опыт исследования следовых количеств, в частности, микрочастиц ЯРМ.

Таким образом, расследование преступлений с рассеиванием ЯРМ в окружающей среде требует налаживания межведомственного взаимодействия следственных органов, экспертов-криминалистов и специалистов по ЯРМ, в частности, специалистов по анализу следовых количеств ЯРМ.

## *Литература*

1 Nitrean A. Development of interagency cooperation for nuclear forensics examinations in Moldova. IAEA TECDOC-1896. – IAEA, Vienna, 2020. – P. 56-57.

2 Медведев Ж.А. Полоний в Лондоне. По следам расследования Скотленд-Ярда// М.: «Молодая гвардия», 2008. – 192 с.

3 Уйба В.В., Квачева Ю.Е., Стебельков В.А. и др. Плутониевая версия смерти Ясира Арафата: Результаты российских исследований // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – Т. 60. – № 3. – С. 41-49.

## **ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ РЕФЕРЕНТНЫХ ОРГАНИЗМОВ БИОТЫ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС**

*В.Э. Нуштаева, С.И. Спиридонов, Е.И. Карпенко,  
С.Н. Нуштаев, Д.Н. Курбаков*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

При планировании строительства радиационно-опасного объекта необходимо определить дозы облучения биоты на основе данных радиоэкологического обследования территории, прилегающей к объекту; а также оценить дозовые нагрузки, которые будут сформированы атмосферными радиоактивными выбросами и жидкими сбросами радионуклидов в водную среду в результате эксплуатации объекта.

Целью настоящей работы является оценка доз облучения референтных организмов биоты [1] от существующего облучения природными и техногенными радионуклидами для сравнения с ожидаемыми дозами от Балтийской АЭС (БтАЭС).

Площадка строительства БтАЭС находится в Калининградской области, на приграничной территории с Польшей, Литвой и Белоруссией, в пределах водосборного бассейна Балтийского моря.

Уровни хронического облучения техногенными радионуклидами ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) представителей наземных экосистем находятся в интервале  $2,5 \cdot 10^{-3} - 2,3 \cdot 10^{-2}$  мГр/ч. Основным дозообразующим радионуклидом для всех наземных организмов является  $^{137}\text{Cs}$ . Наибольшая мощность дозы характерна для млекопитающих. Суммарные дозы водных организмов от техногенных радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) находятся в диапазоне  $8,8 \cdot 10^{-4} - 4,9 \cdot 10^{-3}$  мГр/ч. Основными дозообразующими радионуклидами для всех водных организмов являются  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Наибольшие уровни хронического облучения гидробионтов характерны для водоплавающих птиц.

Суммарные дозы облучения от рассматриваемых радионуклидов природного происхождения ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^3\text{H}$ ) оцененные для наземных и водных организмов находятся в диапазонах  $5,3 \cdot 10^{-2} - 2,5 \cdot 10^{-1}$  и  $5,8 \cdot 10^{-2} - 2,7 \cdot 10^{-1}$  мГр/ч соответственно. Превалирующий вклад в дозовые нагрузки на биоту вносит облучение от естественных радионуклидов  $^{40}\text{K}$  и  $^{226}\text{Ra}$ .

Следует отметить, что выбросы и сбросы БТАЭС будут вносить незначительный вклад в суммарные дозовые нагрузки на наземную и водную биоту. Вклад БТАЭС в суммарные дозы облучения референтных организмов ожидается менее 1% [2, 3].

Дозы облучения биоты, рассчитанные на основе данных радиоэкологического обследования и данных о выбросах и сбросах Балтийской АЭС, значительно ниже пороговых уровней облучения [1]. Следовательно, у представителей природных экосистем не следует ожидать негативных радиационных эффектов.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение №18-19-00016).*

### ***Литература***

1 ICRP. Environmental Protection - the Concept and Use for Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108 // Annals of the ICRP. – 2008. – V. 38. – N 4–6.

2 Нуштаева В.Э., Михайлова Р.А., Нуштаев С.Н., Кречетников В.В., Курбаков Д.Н., Спиридонов С.И.

Долгосрочный прогноз воздействия штатных атмосферных выбросов Балтийской АЭС на природные экосистемы / Проблемы устойчивого развития и эколого-экономической безопасности регионов: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2019. – С.68-70.

3 Нуштаева В.Э., Нуштаев С.Н., Карпенко Е.И., Спиридонов С.И. Прогноз доз облучения биоты в результате газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов Балтийской АЭС / Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии: сборник докладов международной молодежной конференции. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – С. 176-178.

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ Г. ОБНИНСКА В 2009-2018 гг.**

*А.В. Олейник, А.А. Зубачева, М.Н. Каткова  
ФГБУ «НПО «ТАЙФУН», г. Обнинск, Россия*

На территории г. Обнинска расположены несколько радиационно-опасных объектов (РОО), которые в результате своей производственной деятельности, оказывают влияние на радиационную обстановку, производя газо-аэрозольные выбросы радионуклидов в атмосферу. ФГБУ «НПО «Тайфун» осуществляет мониторинг радиационной обстановки на территории г. Обнинска за пределами санитарно-защитных зон РОО. Локальный мониторинг в санитарно-защитных зонах РОО и в зонах наблюдения проводят отделы радиационной безопасности и радиационного контроля предприятий.

При проведении наблюдений за атмосферным воздухом в г. Обнинске особое внимание уделяется техногенным радионуклидам глобального распространения  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ , а также специфическим радионуклидам, содержащимся в газо-аэрозольных выбросах местных РОО – радиоизотопам йода, включая  $^{131}\text{I}$ .

В последние годы отмечается увеличение количества случаев регистрации  $^{131}\text{I}$  в городе. Также отмечено увеличение

его среднегодовой концентрации. Первое заметное увеличение произошло в 2015 г. Среднегодовая концентрация  $^{131}\text{I}$  в атмосфере г. Обнинска увеличилось на порядок по сравнению с предыдущим периодом наблюдений 2009-2014 гг. и составила  $4,8 \cdot 10^{-4}$  Бк/м<sup>3</sup> [1].

Характерное увеличение среднегодовых концентраций и количества случаев его появления объясняется наращиванием мощностей производства радиофармпрепаратов в филиале НИФХИ и, как следствие, к увеличению выброса радиойода в окружающую среду.

В период 2009-2018 годов в г. Обнинске было зарегистрировано несколько случаев превышения содержания радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  над фоновыми значениями. Отмеченные случаи повлияли на значение среднегодовых концентраций этих радионуклидов в атмосферном воздухе г.Обнинска.

Заметное увеличение среднегодовой объемной активности в 2013 и 2015 гг. (в 10 раз и почти в 11,6 раз) было зафиксировано для отношения радионуклидов плутония ( $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ ) [2].

В период 15-16 октября 2013 г. было зарегистрировано повышенное значение максимально разовой объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  –  $6300 \cdot 10^{-7}$  Бк/м<sup>3</sup>, что в 1060 раз выше фонового значения.

В этот же год зафиксировано высокое содержание  $^{90}\text{Sr}$  в приземном слое атмосферы. Среднегодовая объемная активность превышала более чем в 7 раз аналогичные значения за весь рассматриваемый период и составила  $7,94 \cdot 10^{-7}$  Бк/м<sup>3</sup> [2].

Причиной повышенных, по сравнению с фоновыми, концентраций рассматриваемых выше радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ , а также  $^{131}\text{I}$  в атмосферном воздухе г.Обнинска в 2009-2018 гг. является производственная деятельность местных РОО. При этом, следует отметить, что наблюдаемые повышенные уровни содержания техногенных радионуклидов в г. Обнинске были заметно ниже существующих нормативов допустимой объемной активности для населения, приведенных в НРБ-99/2009.



## *Литература*

1 Ежегодник «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2017 году» – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2018. – 376 с.

2 Агеева Н.В., Ким В.М., и др. Многолетние наблюдения за содержанием  $^{131}\text{I}$  в приземном слое атмосферы г. Обнинска Калужской области // Радиация и риск. – 2015. – Т.24. – №1. – С. 96-107.

## **РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ ПРИ ЗАПРОЕКТНОЙ АВАРИИ С ПАДЕНИЕМ САМОЛЁТА НА ПЗРО**

*С.А. Олейников, А.В. Соболев*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

В большинстве стран с атомной энергетикой в соответствии с общепризнанной концепцией обращения с радиоактивными отходами эксплуатируются или проектируются сооружения для конечной изоляции (захоронения) кондиционированных РАО, возникающих на объектах атомной энергии. Мировой опыт захоронения короткоживущих низко- и среднеактивных отходов представлен сооружениями приповерхностного типа (ПЗРО): наземными и заглубленными.

ПЗРО должен соответствовать целому ряду обязательных требований, одним из которых является снижение рисков выхода радионуклидов за пределы объекта и полное исключение возможности проявления негативных воздействий на биосферу и среду обитания человека. Для этого ПЗРО оснащаются инженерными барьерами безопасности, к которым относится упаковка РАО, ее отдельные элементы (форма РАО, контейнер), инженерные конструкции ПЗРО и их отдельные части и элементы, в том числе строительные конструкции сооружений, буферные материалы, подстилающие и покрывающие экраны из грунта и прочих строительных материалов.

При проектировании ПЗРО должны быть выявлены все прогнозируемые внутренние и внешние опасности природного и техногенного происхождения, которые могут оказать влияние на обеспечение ядерной и радиационной безопасности. Падение самолета на ПЗРО – одно из наиболее опасных внешних воздействий техногенного происхождения и выбивает один из барьеров безопасности.

В рамках данной работы был проведён анализ воздействия проектной аварии с падением самолёта на ПЗРО. Одной из основных проблем является способ учета физических параметров самолета в расчетной модели при выполнении анализа падения самолета на строительные конструкции. Здесь нет однозначности, поскольку разные нормативные документы разных стран дают разные рекомендации. Поэтому в рамках исследований, представленных в данной работе, рассмотрены два наиболее распространенных способа имитации самолета и его удара в строительные конструкции.

Моделирование удара самолёта в ПЗРО проводилось с помощью программного комплекса ANSYS LS-Dyna.

Первый способ обусловлен рекомендациями МАГАТЭ [1]: пятно контакта самолёта составляет  $7 \text{ м}^2$  и нагрузка, действующая на поверхность, задана графиком зависимости силы от времени, время удара составляет 0,07 секунды. На основании этих рекомендаций была построена модель в виде диска из абсолютно жесткого материала площадью  $7 \text{ м}^2$ .

Второй способ расчёта заключается в построении условной модели самолёта, обладающей геометрическими параметрами реального самолёта, массовыми характеристиками и задания ему начальных условий согласно рекомендациям МАГАТЭ, а именно угол падения по нормали и скорость 215 м/с. Основное предназначение создаваемой модели самолёта – передача нагрузки на конструкцию, подвергающуюся удару.

Основным параметром для исследований была выбрана кинетическая энергия, поглощённая строительными конструкциями. Из результатов расчёта видно, что при использовании условной модели самолёта с реалистичными параметрами она даёт более оптимистичную картину. Также

стоит отметить, что при такой расчётной модели самолёта его кинетическая энергия переходит не только в энергию разражения преграды, но и в энергию разрушения самого самолёта, что носит более реалистичный характер и соответствует зарубежным исследованиям [2].

Исходя из полученных данных, можно сказать, что для дальнейших расчётов возможного выхода радиоактивных веществ из ПЗРО при запроектной аварии с падением самолёта следует использовать реалистичную расчётную модель самолёта.

### *Литература*

1 External Human-Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series. Safety Guide No. NS-G 3.1 / International Atomic Energy Agency. Vienna, 2002.

2 Sagano T., Tsubota Y., Kasai Y. et al. Full-Scale Aircraft Test for Calculation of Impact Force // Nucl. Engng. and Des. – 1993. – V. 140. – P. 373–385.

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

*С.А. Олейников, А.В. Соболев*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

В развивающихся странах для увеличения производственных мощностей требуется большое количество дешевой электроэнергии, что вызывает спрос на строительство атомных энергоблоков. В странах, где атомная энергетика используется уже довольно давно, появляется спрос на строительство объектов ядерного топливного цикла, которые позволят перерабатывать и хранить большое количество накопившихся ядерных отходов.

Объекты ядерного топливного цикла являются объектами повышенной опасности, поэтому в процессе их проектирования,

130

строительства и анализа безопасности возникает необходимость учитывать широкий спектр нагрузок и воздействий, в том числе экстремальных динамических воздействий, характеризующихся малой вероятностью возникновения [1]. К таким воздействиям относится широкий спектр событий негативного природного или техногенного воздействия, а также человеческий фактор. Одним из техногенных воздействий малой вероятности является падение/удар летящего объекта (самолет, ракета, беспилотный аппарат, объект поднятый ураганом, перемещаемый груз). Такое событие может привести к разражению защитной оболочки (строительных конструкций) оборудования работающего с радиоактивными или химическими веществами и их выбросу в окружающую среду и загрязнению прилегающих территорий.

Проектными решениями для объектов ядерного топливного цикла зачастую используется концепция жесткой монолитной оболочки [2]. Для обеспечения безопасности используют толстостенные железобетонные конструкции (оболочки, монолитные плиты), которые обладают высокой массой, стоимостью создания и обслуживания. Необходимость создания жесткой монолитной оболочки обусловлена потребностью в защите ядерно-опасной технологии (оборудования работающего с ядерным топливом, самого ядерного топлива, оборудования непосредственно определяющего безопасность технологии) от внешних воздействий и в меньшей степени потребностью в обеспечении дополнительного барьера безопасности на пути выхода опасных веществ в окружающую среду. Последнее поясняется не критичностью потребности создания дополнительного барьера безопасности, а тем, что жесткость монолитной оболочки (толщина, бетон высокой прочности и т.п.) определяется преимущественно защитой от внешних воздействий, а не требованиями к удержанию избыточного давления под оболочкой в случае аварии.

Одним из недостатков такого подхода к защите от внешних воздействий является полная передача импульса ударной нагрузки на жесткую оболочку и формирование колебательного процесса оболочки с огромными ускорениями [3]. Это приводит к необходимости создания оборудования, способного

выдержать такие инерционные ускорения, и, соответственно, к увеличению сложности и стоимости этого оборудования. В случае внешних воздействий другого происхождения (взрыв на площадке, сейсмическое воздействие) жесткая оболочка аналогично приводит к формированию огромных ответных ускорений и потребности в оборудовании, способном их выдерживать.

Приведенные аспекты формируют потребность в инженерных решениях, которые решили бы данные проблемы монолитных конструкций. Таким инженерным решением могли бы стать демпфирующие, разрушающиеся конструкции из полого железобетона. Идея такой конструкции заключается в том, что в процессе взаимодействия энергия удара расходовалась бы не на вызов колебаний конструкции, а на её последовательное разрушение. Рационально распределив соотношение между жёсткими и разрушаемыми элементами, возможно, добиться лучших показателей по материалоёмкости и безопасности таких оболочек. За счёт использования полых конструкций может быть снижена материалоёмкость и масса оболочки, что также снизит их цену.

### *Литература*

1 Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. / под общ. ред. В. А. Котляревского, А. В. Забегаяева. - Уч. пос. в 6-ти томах. - М.: Изд-во АСВ, 1995-2003. - Том 1. - С. 168-183.

2 Нормы строительного проектирования атомных станций с реакторами различного типа: ПиНАЭ 5.6 / Минатомэнерго РФ. – 1986.

3 Новожилов Ю.В., Михалюк Д.С., Феоктистова Л.Ю. Расчет нагрузки на здания ядерного острова АЭС при ударе воздушного судна // Вычислительная механика сплошных сред. – 2018. – Т.11. – №3. – С.288-301.

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТОВ

*П.С. Орловский, М.А. Шалухова  
Белорусско-Российский университет,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

При разработке программ, предназначенных для оценки риска радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной, лесной продукции и биопродукции водоемов, серьёзной проблемой является несоответствие фактических распределений стандартным, что показано не только для почв и сельхозпродукции, но и для воды, донных отложений водоемов и других объектов, например, в зоне деятельности ПО «Маяк»[1-4].

Цель работы – оценить целесообразность использования статистических методов для нормального и логнормального распределений при оценке риска радиоактивного загрязнения продуктов. Для анализа нами использованы данные Т.И. Чегеровой о распределении содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах Могилевской области [5]. В табл. 1 показаны параметры частотных распределений. Из таблицы следует, что вероятность отбора проб с низким уровнем загрязнения наиболее высока.

Таблица 1  
Характер частотных распределений активности  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах в  
Могилевской области

| Продукция         | Всего карманов | Карман с наибольшей частотой | Наибольшая частота, % |
|-------------------|----------------|------------------------------|-----------------------|
| Молоко            | 22             | 1                            | 54                    |
| Молочные продукты | 11             | 1                            | 76                    |
| Мясо              | 22             | 1                            | 44                    |
| Грибы             | 10             | 1                            | 80                    |
| Картофель         | 9              | 2                            | 88                    |
| Овощи             | 18             | 1                            | 43                    |
| Фрукты, ягоды     | 15             | 1                            | 71                    |

При случайном или систематическом отборе частота загрязненных проб отражает соотношение площадей территорий с соответствующими уровнями загрязнения. Неоднородность выпадений и неоднородность ландшафта являются характерными для определенной местности и инцидента, поэтому никак не могут быть описаны методами для случайных процессов. Можно предположить, что в ряде случаев, при исследовании радиационной обстановки, предпочтение при отборе проб отдавалось наиболее загрязненным участкам, что приводило к распределениям, внешне сходным с нормальным или логнормальным, которые были описаны в литературе.

Мы предлагаем на основе существующих баз данных разработать эмпирические распределения для конкретных участков территории, рассчитать для них аппроксимирующие кривые и использовать уравнения этих кривых для прогнозирования уровней загрязнения на этих участках.

### *Литература*

1 Казачёнок Н.Н. Геоэкология техногенных радиоактивных изотопов. – Могилев, Изд-во БРУ, 2017. – 283 с.

2 Казачёнок Н.Н. Анализ неоднородности радиоактивного загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции в личных хозяйствах// Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных ресурсосберегающих технологий в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. Том 1. – Рязань: Изд-во РГАУ им. П.А. Костычева, 2017. – С. 181-185

3. Казачёнок Н.Н., Попова И.Я. Динамика радиоактивного загрязнения абиотических компонентов водных экосистем различных типов на Южном Урале / Вода: химия и экология. – 2016. – №9. – С. 9–19.

4. Попова И.Я., Казачёнок Н.Н. Проблемы статистической обработки данных обследования радиоактивного загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции / АНРИ. – 2015. – № 3. – С. 15-19.

5. Чегерова Т.И. Провести анализ адекватности существующих методик дозовых нагрузок с учетом

неопределенностей статистической и нестатистической природы исходных данных. Отчет о НИР. – Бел НИИ экологической и профессиональной патологии. – Могилев, 2000. – 43 с.

## **МЕТОДОЛОГИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЧВЕННО-РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИИ**

*А.В. Панов<sup>1</sup>, Н.Н. Цыбулько<sup>2</sup>, И.Е. Титов<sup>1</sup>, В.В. Кречетников<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – Институт почвоведения и агрохимии НАН Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

Представлена методология почвенно-радиоэкологического районирования сельскохозяйственных земель, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В основу ранжирования сельскохозяйственных угодий положен учет состава и степени загрязнения почв радионуклидами, а также компонентного состава и удельного веса почв, их свойств (генетическая принадлежность, гранулометрический состав, гидроморфизм, степень эродированности) и уровень плодородия (табл. 1). Обосновано выделение в качестве типологической единицы классификации сельскохозяйственных земель административного района и разработан алгоритм районирования загрязненных радионуклидами территорий, включающий 7 этапов.

На основе комплексной оценки радиологических и почвенных факторов проведено ранжирование сельскохозяйственных земель на территории Беларуси и России, в наибольшей степени подвергшихся воздействию от аварии на ЧАЭС. В Республике Беларусь выделено 4, а в России 3 группы районов по степени радиоэкологической напряженности.



В Беларуси первую группу с низкой степенью напряженности территории представляют 29 районов шести областей. Во вторую группу со средней степенью напряженности включены 9 районов четырех областей. Третью группу с высокой степенью напряженности составляют 11 районов трех областей и четвертую группу с очень высокой степенью радиоэкологической напряженности территории – 8 районов Гомельской области.

Таблица 1

Балльная оценочная шкала почвенно-радиоэкологического  
районирования сельскохозяйственных земель

| Показатель                                                                                                                                                                                      | Диапазон показателя, % | Балл |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------|
| 1. Удельный вес земель, с плотностью загрязнения $^{137}\text{Cs}$ 37-1480 кБк/м <sup>2</sup>                                                                                                   | Отсутствуют            | 0    |
|                                                                                                                                                                                                 | < 10                   | 1    |
|                                                                                                                                                                                                 | 11-25                  | 2    |
|                                                                                                                                                                                                 | 26-50                  | 3    |
|                                                                                                                                                                                                 | Более 51               | 4    |
| 3. Удельный вес земель, с плотностью загрязнения $^{137}\text{Cs}$ 185-1480 кБк/м <sup>2</sup><br>4. Удельный вес земель, с плотностью загрязнения $^{90}\text{Sr}$ 11,1-111 кБк/м <sup>2</sup> | Отсутствуют            | 0    |
|                                                                                                                                                                                                 | < 1,0                  | 1    |
|                                                                                                                                                                                                 | 1,1-5,0                | 2    |
|                                                                                                                                                                                                 | 5,1-10,0               | 3    |
|                                                                                                                                                                                                 | > 10,1                 | 4    |
| 5. Удельный вес почв, характеризующихся высокими параметрами перехода радионуклидов в растения, %                                                                                               | Отсутствуют            | 0    |
|                                                                                                                                                                                                 | до 5,0                 | 1    |
|                                                                                                                                                                                                 | 5,1-10,0               | 2    |
|                                                                                                                                                                                                 | 10,1-15,0              | 3    |
|                                                                                                                                                                                                 | > 15,1                 | 4    |

В России в группу с низкой степенью радиоэкологической напряженности вошел Болховский район Орловской области (суммарный балл – 4). В группу со средней степенью вошли 3 района Калужской области: Жиздринский и Хвастовичский (7), Ульяновский (8) и Плавский район Тульской области (8). В группу с высокой степенью экологической напряженности вошли юго-западные районы Брянской области: Красногорский

(9), Гордеевский и Злынковский (11), а также Клинецовский и Новозыбковский (с суммарными баллами – 12).

Показано, что оптимизация системы радиационной защиты населения и поэтапный переход территорий радиоактивного загрязнения от ситуации аварийного облучения к ситуации существующего послеаварийного облучения должны осуществляться дифференцированно, в зависимости от группы районов.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №18-516-00006) и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант №Б18Р-133).*

## **ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ПРИРОДНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ**

*Т.В. Переволоцкая, А.Н. Переволоцкий  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

На настоящий момент разработана концепция референтных организмов, предложен системный подход в отношении принципов защиты биоты, очерчен круг вопросов для дальнейших исследований [1, 2]. Одним из них является отсутствие дозиметрической модели для сосны обыкновенной, как одного из наиболее радиочувствительных видов [1]. Целью настоящего исследования являлась разработка миграционно-дозиметрической модели для оценки дозы от гамма- и бета-излучения сосновых насаждений при аварийных радиоактивных выпадениях. На начальном этапе разработки модели авторами был принят ряд допущений с учетом закономерностей распространения радиоактивной примеси в атмосфере при кратковременном поступлении, функционирования лесных экосистем с перераспределением радиоактивных веществ между их основными компонентами и формирования дозовых полей

ионизирующих излучения в лесных насаждениях [3]. С применением методов математического моделирования и принятых допущений разработана модель, которая включает в себя два миграционных и один дозиметрический расчетные блоки (рис. 1). Выполненные модельные расчеты мощности поглощенной дозы на примере сосновых насаждений свидетельствуют, что за первые сутки аварийного радиоактивного выброса вклад в суммарный дозовый показатель в середине кроны определяют радионуклиды, задержанные ее поверхностью (до 80%) и до 60% на высоте 1 м от поверхности почвы. К концу вегетационного периода основной вклад в суммарную мощность поглощенной дозы определяет напочвенный покров (лесная подстилка): около 50% для середины кроны дерева и 60% на высоте 1 м от поверхности почвы.



Рис. 1 Общая структура миграционно-дозиметрической модели для оценки дозы от гамма- и бета- излучения хвойных древесных растений при аварийных радиоактивных выпадениях

## *Литература*

1 ICRP 2008. Environmental protection – the concept and use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. // Ann. ICRP. – 2008. – V. 38(4–6).

2 Bréchnignac F. et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium // J. Environ Radioact. – 2016. – P. 158-159.

3 Modeling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems. A literature review: Report of the Forest Working Group of the Biosphere Modelling and Assessment (BIOMASS) Programme. – Viena: IAEA, 2002. – 127 p.

## **ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ КАНЬОНА НЕЙТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НГ-14**

*А.А. Пичкунова<sup>1</sup>, А.А. Лычагин<sup>2</sup>, С.Н. Корякин<sup>2</sup>, Е.И. Казаков<sup>2</sup>,  
Е.В. Корякина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Радиационное поле, создаваемое источниками нейтронов, является смешанным по составу и характеристикам частиц. Особенностью радиационных полей, создаваемых нейтронными генераторами, предназначенными для радиобиологических исследований и лучевой терапии, является их высокая интенсивность. Портативный нейтронный генератор непрерывного действия НГ-14 (ВНИИА им. Духова), расположенный в МРНЦ им. А.Ф. Цыба является источником нейтронов высокой интенсивности, удовлетворяющей требованиям радиобиологов [1]. Выход нейтронов из мишени генератора составляет  $1 \cdot 10^{10}$  н/с в телесный угол  $4\pi$ , что в дозовом эквиваленте на расстоянии 1 м составляет примерно

180 Гр/час. Поэтому очевидна необходимость защиты персонала установки от переоблучения в процессе работы генератора.

Исследование проводили на рабочих местах персонала (пульт управления, точка А1; блок медицинской подготовки, точки А2 и А4 (во время работы установки персонал отсутствует)), а также в смежных помещениях и территориях (А3, А5–А7) до и во время работы установки. В качестве детекторов излучений использовали дозиметры-радиометры ДКС-96 с разными комплектациями: с блоком детектирования для измерения мощности дозы нейтронного излучения БДМН-96 с переносным замедлителем нейтронов и блоком БДМГ-96 для измерения мощности дозы гамма-излучения.

Усредненные по трем повторным измерениям значения мощностей дозы гамма- и нейтронного излучений в разных точках в помещениях каньона генератора НГ-14 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений мощностей доз гамма- и нейтронного излучений в разных точках каньона НГ-14

| № точки | При работающем генераторе |              |                  | НРБ-99/2009         |                     |
|---------|---------------------------|--------------|------------------|---------------------|---------------------|
|         | $\gamma$ ,<br>мкЗв/ч      | n,<br>мкЗв/ч | Сумма,<br>мкЗв/ч | Группа А,<br>мкЗв/ч | Группа Б,<br>мкЗв/ч |
| А1      | 0,46                      | 2,51         | 2,97             | 12                  | 4                   |
| А2      | 4,86                      | 341,00       | 345,86           | 12                  | 4                   |
| А3      | 0,12                      | 0,00         | 0,12             | 1                   | 1                   |
| А4      | 2,42                      | 38,20        | 40,62            | 12                  | 4                   |
| А5      | 0,29                      | 0,43         | 0,72             | 1                   | 1                   |
| А6      | 0,88                      | 0,48         | 1,36             | 1                   | 1                   |
| А7      | 1,03                      | 2,40         | 3,43             | 1                   | 1                   |

Как видно из представленных в табл. 1 данных в точках А1, А3 и А5 сумма мощностей доз гамма- и нейтронного излучений не превышает нормы радиационной безопасности. В блоке медицинской подготовки (А2 и А4) при работающем генераторе сумма мощностей доз превышает нормы радиационной безопасности в точке А2 в 29 раз для группы А и в 86 раз для группы Б, в 3 раза в точке А4 для группы А и в 10 раз для

группы Б. В смежных помещениях также наблюдается превышение норм радиационной безопасности. Эти данные свидетельствуют о том, что в данном помещении необходимо улучшить радиационную защиту в точках А2, А4, А6 и А7 и ограничить время пребывания персонала.

### ***Литература***

1 Лычагин А.А., Корякина Е.В., Ульяненко С.Е. Дозиметрия смешанных гамма-нейтронных радиационных полей на малогабаритных генераторах импульсного и непрерывного нейтронного излучения // Медицинская физика. – 2015. – № 3. – С. 15–23.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТРИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К БЫВШЕМУ ХРАНИЛИЩУ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

*М.С. Подлуцкий<sup>1</sup>, С.Н. Лукашенко<sup>1</sup>,  
А.В. Томсон<sup>1</sup>, А.А. Удалова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

**Введение.** Источником трития ( $^3\text{H}$ ) на территории, прилегающей к бывшему хранилищу РАО, могут являться подземные воды, загрязненные в результате разгерметизации рядом расположенного старого хранилища радиоактивных отходов [1]. В 1998 г. по данным контроля активности грунтовых вод в наблюдательных скважинах была обнаружена утечка радионуклидов из емкости, предназначенной для хранения твердых радиоактивных отходов.

**Материалы и методы.** Отбор проб почвы и растительности был выполнен в 14 точках (ПХ1/РХ1-ПХ14/РХ14), расположенных в низине территории, прилегающей к бывшему хранилищу РАО, а также в 10 точках (ПХ3/1/РХ3/1-

ПХ3/5/РХ3/5 и ПХ8/1/РХ8/1-ПХ8/5/РХ8/5), расположенных по профилю на данной местности (рис. 1). Отбор проб почвы проводили с помощью почвенного бура. Размер площадки, с которой производился отбор – 0,25 м<sup>2</sup>.



Рис. 1. Схема отбора проб почвы и растительности на территории, прилегающей к бывшему хранилищу РАО (желтый прямоугольник)

В качестве растительности отбирали кустарниковые растения, которые срезали секаторными ножницами, «дробили» на равные части и помещали в полиэтиленовые пакеты.

Почвенную влагу выделяли путем возгонки при температуре 100-150 °С. Полученные образцы фильтровали с использованием фильтров «Белая лента» с дополнительной прокладкой из активированного угля для очистки от возможных остаточных органических примесей.

Аналитические образцы для определения органически связанного трития (ОСТ) получали путем разложения измельченных проб растительности в концентрированной  $\text{HNO}_3$  в герметичных автоклавах с последующей нейтрализацией и перегонкой.

Полученные образцы почвы и растительности смешивали с жидкосцинтилляционным коктейлем Ultima Gold. Определение содержания трития проводили с использованием жидкосцинтилляционного спектрометра Tri-Carb 4810 TR.

**Результаты.** Концентрации трития в большинстве точек находятся ниже предела обнаружения используемой методики (7 Бк/л). Наименьший уровень удельной активности  $^3\text{H}$  составил  $8,2 \pm 4,6$  Бк/л (ПХ8/3), наибольший –  $45 \pm 10$  Бк/л (ПХ3/2). Соотнесение результатов со значениями удельной активности

$^{90}\text{Sr}$ , полученных в 2017 г., показало, что эти точки расположены на участках с высокими уровнями содержания  $^{90}\text{Sr}$ .

Содержание ОСТ в растительности варьировалось в диапазоне от  $8,6 \pm 5,24$  (PX14) до  $57 \pm 10$  Бк/кг (PX8/2). Максимальный уровень ОСТ был отмечен в низине за территорией хранилища, где отмечается [2] нарастание градиента концентрации  $^{90}\text{Sr}$ .

Полученные в этой работе результаты были использованы для локализации возможных участков глубинного распределения  $^3\text{H}$ .

### *Литература*

1 Курбаков Д.Н., Лукашенко С.Н., Томсон А.В. Радиационно-экологическое исследование зоны влияния хранилища РАО в г. Обнинск // Будущее атомной энергетики – AtomFuture 2019. – 2020. - №2. – С. 16-17.

2 Вайзер В.И., Козьмин Г.В., Васильева А.Н., Бахвалов А.В. Радиационно-экологическая обстановка в районе размещения Обнинского регионального хранилища радиоактивных отходов // Радиация и риск. - 2012. - №3. - С. 97-104.

## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА ПО ОБЛУЧЕНИЮ И КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ**

*М.Г. Помясова, О.В. Тхорик, Е.И. Карпенко  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В развитие пищевой промышленности внедряются более эффективные и экологически безопасные методы обработки, среди которых перспективными являются радиационные технологии (РТ). На мировом рынке обрабатывается примерно 1,3 млн т сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции ионизирующим излучением [1]. Применение РТ в мясной продукции необходимы для:



- подавления патогенных микроорганизмов и уменьшения микробной обсеменённости и инактивации личинок паразитов;
- увеличения срока хранения без нарушения органолептических свойств [1].

Международной комиссией ФАО/ВОЗ был принят свод пищевых законодательств *«Кодекс Алиментариус»*. Согласно этому кодексу источниками излучения для облучения продуктов питания могут быть:

- $\gamma$ -излучение радионуклидов  $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ;
- рентгеновские трубки с энергией фотонов  $\leq 5$  МэВ
- электронные ускорители с энергией электронов  $\leq 10$  МэВ [2]

Цель работы – оценить современное состояние отечественной нормативно-правовой базы в области облучения мясной продукции.

В мире существуют нормативные документы, используемые при контроле облучения в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. В РФ ведется разработка внутригосударственных (ГОСТ Р) и межгосударственных стандартов, для мясной продукции. Все межгосударственные стандарты в России соответствуют зарубежным аналогам:

- 1) ГОСТ ISO 14470-2014 идентичен ASTM F-1356-08;
- 2) ГОСТ 33825-2016 идентичен ASTM E 2449-05;
- 3) ГОСТ 14470-2014 идентичен международному стандарту ISO 14470:2011;
- 4) ГОСТ 34131-2017 разработан на основе Европейского комитета по стандартизации (CEN). Метод газовой хроматографии и масс-спектрометрического анализа.

По мясной продукции внутригосударственным стандартом является ГОСТ Р 52529-2006. Этот стандарт разработан с учетом основных нормативных положений Европейского стандарта EN 1786:1996..

В РФ не утвержден стандарт по упаковочным материалам для облученных продуктов (имеется Международный стандарт ASTM F 1640-2009).

Упаковочный материал является важным и необходимым элементом для хранения и увеличения сроков годности

продуктов питания, что является одной из основных задач применения радиационных технологий в пищевой промышленности. Таким образом, существует острая необходимость в разработке и внедрении отечественного стандарта, регулирующего выбор упаковочных материалов при облучении мясной продукции.

### *Литература*

1 Радиационные методы в переработке сельскохозяйственных культур: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

2 Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. – М.: Весь Мир, 2007. – 21 с.

3 ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов». – М.: Стандартиформ, 2016. – 12 с.

4 ГОСТ Р 52529-2006 Мясо и мясные продукты. Метод Электронного парамагнитного резонанса для выявления радиационно-обработанных мясных и мясoproductов, содержащих костную ткань. Издание (март 2006 г.) с Поправкой (ИУС 11-2007). – М.: изд. Стандартиформ, 2006. – 8 с.

5 ГОСТ 34131-2017 «Мясо и мясные продукты. Метод обнаружения облученных продуктов газовой хроматографией». – М., изд. Стандартиформ, 2017. – 9 с.

# **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗЕРНЕ ПШЕНИЦЫ (TRITICUM AESTIVUM) СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В РАЙОНЕ ПЛАНИРУЕМОГО РАЗМЕЩЕНИЯ БАЛТИЙСКОЙ АЭС**

*А.В. Саруханов, Д.В. Крыленкин, Е.В. Сидорова, Д.Н.Курбаков,  
Е.О. Кречетникова*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Необходимость ускорения темпов экономического развития страны определяет увеличение потребности различных отраслей народного хозяйства в энергообеспеченности, что может быть решено за счет расширения существующих АЭС. Атомные электростанции являются «чистыми» производствами в плане загрязнения окружающей среды, однако попадание радионуклидов и тяжелых металлов в окружающую среду в процессе эксплуатации является неизбежным.

Целью данной работы являлось оценить риски загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами на территориях, примыкающих к будущей Балтийской АЭС. Данные по содержанию тяжёлых металлов в пшенице (*Triticum aestivum*) полученные в результате этих мониторингов и результаты их статистической обработки предоставлены в табл. 1 [1].

Таким образом, после анализа данных о содержании тяжёлых металлов в пшенице (*Triticum aestivum*) на земельных угодьях в 50-км зоне вокруг строительной площадки будущей Балтийской АЭС за 2014 и 2015 гг. и сравнения их с уровнями представленными в нормативных документах [2], можно сделать вывод, что полученные значения не превышают ориентировочно допустимых концентраций, изложенных в соответствующем нормативном документе. Следовательно, можно утверждать, что земельные угодья в исследуемой зоне около Балтийской АЭС на момент проведения мониторинга соответствуют нормативам по показателю «содержание тяжелых металлов в растениях» и могут быть использованы без ограничений в сельском хозяйстве.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и металлоидов в пшенице, мг/кг сухой массы (статистический анализ данных)\*

|                     | As   | Cd                   | Cu   | Fe   | Hg    | Pb    | W    | Zn   |
|---------------------|------|----------------------|------|------|-------|-------|------|------|
| MEAN                | 0,93 | 0,03                 | 2,2  | 28,9 | 0,007 | 0,12  | 0,96 | 9,7  |
| MEDIAN              | 0,83 | 0,03                 | 2,3  | 27,7 | 0,007 | 0,12  | 0,92 | 9,4  |
| SD                  | 0,46 | 0,02                 | 0,85 | 11,7 | 0,004 | 0,05  | 0,59 | 4,6  |
| MIN                 | 0,07 | 0,01                 | 0,6  | 14,1 | 0,002 | 0,02  | 0,02 | 2,53 |
| MAX                 | 1,91 | 0,08                 | 4,4  | 82,6 | 0,019 | 0,24  | 2,3  | 22,8 |
| 25th%               | 0,63 | 0,02                 | 1,5  | 20,6 | 0,004 | 0,08  | 0,56 | 6,63 |
| 75th%               | 1,29 | 0,04                 | 2,7  | 33,0 | 0,01  | 0,15  | 1,32 | 12,9 |
| W <sub>0,05</sub>   | 0,97 | 0,89                 | 0,98 | 0,81 | 0,91  | 0,98  | 0,96 | 0,97 |
| p                   | 0,25 | $0,5 \times 10^{-3}$ | 0,56 | -    | 0,002 | 0,51  | 0,19 | 0,21 |
| ( <sub>0,05</sub> ) | 0,07 | 0,002                | 0,13 | 1,8  | 0,029 | 0,008 | 0,09 | 0,68 |

\*- количество точек отбора, n = 44, табличное значение критерия Шапиро-Вилка ( $W_{\text{табл.}} = 0,944$ )

### *Литература*

1.Анисимов В.С., Крыленкин Д.В., Саруханов А.В., Губарева О.С., Фригидов Р.А. База данных по содержанию тяжелых металлов в почве и растениях в районах расположения АЭС, прототип 2019 г.

2.Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09. – Москва, 2009. – С. 1–6.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ДЕТСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДОЗИМЕТРИИ**

*В.Г. Старинский, Ю.С.Бельских, В.В Шлыгин,  
С.М. Киселев  
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России,  
г. Москва Россия*

Обеспечение радиационной защиты населения при воздействии радона является важной гигиенической проблемой. Сложность определения нормируемой величины, которая представлена в формате среднегодового значения ЭРОА радона, обусловлена высокой суточной и сезонной вариабельностью концентрации радиоактивного газа в помещениях. Достоверные значения нормируемого параметра могут быть определены с применением интегральных методов дозиметрии с применением пленочных трековых дозиметров. В качестве объектов исследования радона были выбраны детские дошкольные и образовательные учреждения г. Большой Камень (Приморский Край, ДВФО). В период 2018-2019гг. проведено скрининговое радоновое обследование всех (26) ДОУ г. Большой Камень с применением интегрального трекового метода с использованием камер РЭИ-4 комплекта ТРЕК-РЭИ 1М. Результаты радоновых измерений показали, что среднегодовые уровни ЭРОА радона в эксплуатируемых помещениях первых этажей ДОУ варьируют от  $<10$  до  $220 \text{ Бк/м}^3$  (сред. геом. –  $47 \text{ Бк/м}^3$ ). Для сравнения следует отметить, что ЭРОА радона в воздухе эксплуатируемых жилых помещений г. Большой Камень (рандомизированная выборка) находятся в диапазоне  $<10$  до  $59 \text{ Бк/м}^3$  (сред. геом. –  $<10 \text{ Бк/м}^3$ ). Полученные данные подчеркивают приоритетность надзора за состоянием радонобезопасности ДОУ, как потенциальных объектов повышенного риска при облучении населения природными источниками излучения. Таким образом, существенным преимуществом применения интегрального метода является возможность достоверно охарактеризовать

сооружения по степени радоноопасности за относительно короткий период времени (один год), что позволит в дальнейшем оптимизировать объем контроля ДОУ. Вместе с этим, при оценке доз облучения данные по среднегодовым значениям ЭРОА радона, полученные с применением методов интегральной дозиметрии, надо применять с осторожностью, поскольку экспозиция исследуемых контингентов радоном ограничена временем их нахождения в исследуемых помещениях. Нами были проведены исследования суточной вариабельности содержания радона в выборочных помещениях ДОУ в режиме их штатной эксплуатации с применением радоновых мониторов Radon Scout. Показано, что среднесуточные оценки объемной активности радона, как правило, выше аналогичных показателей на период пребывания детей в ДОУ, причем их выраженность сильно варьирует в зависимости от исследуемых помещений (ЭРОА<sub>среднесут.</sub>/ЭРОА период пребывания в саду – от 1 до 4). Поэтому для оценки доз облучения целесообразным является применение интегральных радоновых экспозиметров с возможностью ограничения времени экспозиции. Внедрение их в практику радонового мониторинга позволит реалистично оценивать дозы облучения населения от радиоактивного газа.

## **О ВКЛАДЕ ТРИТИЯ В ДОЗУ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ И ПЕРСОНАЛА**

*Е.Д. Стругов, И.А. Ширманов, А.Д. Лёзов,  
Т.В. Шпаковская, Д.К. Ильина, О.Л. Ташлыков  
ФГАОУ ВО УрФУ имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина, г. Екатеринбург, г. Екатеринбург, Россия*

Тритий – сверхтяжелый радиоактивный изотоп водорода, с периодом полураспада 12,32 лет, он существует в составе тритиевой воды, в виде газа, а также в составе любых органических и неорганических соединений, содержащих водород. Несмотря на малую энергию распада в 18,59 кэВ, где

на испускание бета-частицы приходится в среднем 5,68 кэВ, тритий представляет радиационную опасность при вдыхании, употреблении с пищей.

Основной источник трития на Земле – испытания термоядерного оружия. В 1970-х годах активность этого искусственного изотопа во много раз превышала активность естественного. После прекращения ядерных испытаний содержание трития в водоемах уменьшается.

Второй источник трития – АЭС, где он образуется при делении  $^{235}\text{U}$  и в результате  $(n, \gamma)$  -,  $(n, \alpha)$  -,  $(n, p)$  - и  $(n, T)$ -реакций в материалах активной зоны [1]. Тритий выносится в окружающую среду вместе с газообразными и жидкими отходами. Из-за неплотности технологических контуров, существуют и другие источники проникновения трития в окружающую среду (например, бассейны выдержки отработавшего ядерного топлива).

В мире ведется мониторинг выбросов трития [2], особенно в странах, эксплуатирующие тяжеловодные реакторы (Канада, Румыния). Так, на АЭС Чернаводэ, (Румыния), ведется тщательный контроль за внутренним облучением персонала, так как основная доля облучения формируется за счет насыщенной тритием тяжелой воды. В целях оптимизации внутренних доз из-за ДТО вводятся дополнительные административные меры. Например, при превышении концентрации ДТО в моче (допустимого уровня), требуется ежедневное взятие проб и субъект не допускается в зону с загрязнением воздуха тритием до тех пор, пока концентрация не понизится; установлен контрольный уровень дозы 0,03 мЗв для использования респираторных защитных средств, даже когда мощность дозы излучения от трития не превышает обязательный для защиты уровень 0,05 мЗв/час.

На АЭС с 2016 г. работает система точного определения скорости утечки тяжелой воды за счет использования трития в системе мониторинга воздуха (Tritium in Air Monitoring System). Использование этой системы повышает показатели безопасности за счет обеспечения быстрого и точного определения места утечки; надежной оценки и прогнозирования

изменения скорости утечки; оценки воздействия на персонал во время ремонта; способность дифференцировать различные поля трития [3].

В целях очистки воды от трития в ряде стран разработан метод, основанный на химическом изотопном обмене водорода с водой – так называемый CECE-процесс (combined electrolysis and catalytic exchange). Для его проведения требуется специальный катализатор, обладающий свойством гидрофобности. Такой катализатор был разработан в 70-х годах прошлого века сначала в Канаде, а затем во многих других странах, включая Россию. В Канаде CECE-технология применяется для изотопной очистки тяжеловодного теплоносителя реактора CANDU. В России с 1995 г. в ПИЯФ им. Б. Константинова (Гатчина) работает опытно-промышленная установка детритизации тяжеловодных отходов, в которой до сих пор без замены используется российский катализатор. В обоих случаях использование этой технологии оправдано целью – поддержанием необходимых ядерно-физических свойств теплоносителя либо получением достаточно дорогостоящей кондиционной тяжелой воды.

### *Литература*

1 Егоров Ю.А. Основы радиационной безопасности атомных электростанций. – М.: Энергоиздат, 1982.

2 Курындин А.В. Эволюция системы нормирования выбросов и сбросов РА веществ в окружающую среду в РФ <http://nsrus.ru/files/65NP/ppt/prfei270619/Kuryndin.pdf>

3 Occupational Exposures at Nuclear Power Plants Twenty-Six Annual Report of the ISOE Programme, 2016 <http://www.isoe-network.net/publications/pub-resources/pub-annual-reports/4062-isoe-annual-report-2016/file.html> (дата посещения 10.03.2020)



## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ 30-КМ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС**

*И.Е. Титов, В.В. Кречетников, Н.Н. Исамов, В.К. Кузнецов,  
А.В. Панов*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В рамках внедрения геоинформационных систем в практику радиационно-экологического мониторинга радиационно-опасных объектов для территории 30-км зоны наблюдения Ростовской АЭС (РАЭС) разработан ГИС проект радиационно-экологического мониторинга наземных экосистем с использованием обобщенной за 18-летний период информации о составе и содержании радионуклидов и тяжелых металлов в почве, растительности и сельскохозяйственной продукции. ГИС проект разработан на основе наблюдений на созданной в 2001 г. сети радиационно-экологического мониторинга, включающей 7 контрольных участков и 2 контрольных пункта, а также экспедиционного обследования аграрных и природных экосистем, расположенных в 3, 5, 10 и 30-км зонах РАЭС [1].

ГИС проект создан в среде ArcMap 10.5, входящей в состав пакета ArcGis. Все географические данные приведены к единой системе координат - WGS84 [2]. Для создания ГИС проекта разработаны: электронные карты размещения контрольных участков и контрольных пунктов сети радиационно-экологического мониторинга наземных экосистем; распределения значений удельной активности техногенных ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) и естественных ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) радионуклидов в объектах окружающей среды; распределения значений мощности амбиентного эквивалента дозы; содержания тяжелых металлов 1-3 классов опасности (Cd, Zn, Pb, Co, Cu, Ni, Mo, Cr, Mn, Fe) в почвах региона РАЭС. Созданный ГИС проект используется для сбора, хранения и анализа результатов обследования с целью оценки потенциального влияния

выбросов и сбросов Ростовской АЭС на человека и окружающую среду.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00016).*

### ***Литература***

1 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. – С. 54-65.

2 NIMA Technical Report TR8350.2 [Electronic resource] // NGA: DoD World Geodetic System 1984: Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. – URL: [http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350\\_2.html](http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html) (date of access 12.10.2011).

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА СИНЕРГИЗМА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ДРУГИМИ АГЕНТАМИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА**

*М.С. Толкаева*

*МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Синергическое взаимодействие физических и химических агентов естественного и антропогенного происхождения с последующим воздействием на живые организмы и биосферу является реальностью современного мира. В этом случае сумма действий двух факторов в отдельности не аналогична результату при их одновременном влиянии. Подобные эффекты могут восприниматься как положительными для противоопухолевой терапии, так и отрицательными для экологии, приводя к более тяжёлым последствиям при многофакторных взаимодействиях.

Различными авторами [1, 2] были получены данные, доказывающие существование синергизма и подтверждающие ранее выявленные закономерности его проявления после одновременного комбинированного действия различных физических факторов окружающей среды и химических соединений. Были опубликованы экспериментальные данные [1, 2] о взаимодействии радона и табачного дыма на организм человека, микроволнового излучения и температуры на кроликов Шиншилла, ионизирующего излучения и гипертермии на клетки млекопитающих и других комбинаций физических и химических агентов на дрожжевые клетки.

Совокупность представленных различными авторами данных [1, 2] свидетельствует о том, что ингибирование процессов восстановления клеток, проявляющееся в снижении скорости и объема восстановления, не является причиной синергизма. Синергическое взаимодействие обусловлено образованием дополнительных эффективных повреждений за счёт взаимодействия некоторых субповреждений, неэффективных при раздельном применении агентов [1, 2].

Теоретическая модель синергизма позволяет произвести интерпретацию полученных результатов. При постоянной концентрации химического агента и низкой интенсивности физического агента количество эффективных повреждений и субповреждений, образованных под действием химического агента, велико, так как их образование обусловлено его длительным действием. При увеличении интенсивности физического агента увеличивается и количество продуцируемых им повреждений и субповреждений, что приводит к увеличению синергического эффекта. Это увеличение продолжается до тех пор, пока не будет достигнут максимальный синергетический эффект. Последующее увеличение интенсивности физического агента приводит к уменьшению продолжительности действия химического агента и, соответственно, к уменьшению образованных им субповреждений. Это свидетельствует о существовании оптимального соотношения агентов, при котором наблюдается максимальный синергизм, а также о наличие диапазона, внутри которого он наблюдается.

## *Литература*

1 Петин В.Г., Жураковская Г.П., Комарова Л.Н. Радиобиологические основы синергического взаимодействия в биосфере. – М.: ГЕОС, 2012. – 219 с.

2 Petin V.G., Kim J.K. Synergistic Interaction and Cell Responses to Environmental Factors. – New York: Nova Sciences Publisher. 2016. – 337 p.

## **ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИИ ВО ВРЕМЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТРО**

*В.В. Фомичев, Д.А. Пахолик, Н.В. Кузнецов, О.Ю. Кочнов  
АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», г. Обнинск, Россия*

Согласно ФЗ №170 "Об использовании атомной энергии" радиоактивными отходами (РАО) являются не подлежащие дальнейшему использованию материалы и вещества, а также оборудование, изделия (в том числе отработавшие источники ионизирующего излучения), содержание радионуклидов в которых превышает уровни, установленные в соответствии с критериями, установленными Правительством Российской Федерации. Важнейшим этапом деятельности по обращению с РАО является транспортировка их от места образования до места переработки и длительного хранения. Одним из самых практичных видов транспорта, применяемых для перевозки РАО, является грузовой автомобиль.

Радиационная безопасность при перевозке РАО автомобильным транспортом обеспечивается использованием транспортных упаковочных комплектов, например, железобетонных контейнеров для низкоактивных, среднеактивных и высокоактивных отходов, имеющие следующие характеристики:

- габариты - 1670x1670x1375 мм;
- средняя плотность бетона – 2,6 т/м<sup>3</sup>;
- толщина стенок – 110 мм;

Несмотря на применение специальных контейнеров для перевозки РАО, всегда существует вероятность аварийных ситуаций, связанных с опрокидыванием автомобиля. В связи с этим необходим план мероприятий (действий, работ), направленных на минимизацию облучения персонала при ликвидации последствий аварии. Для разработки плана мероприятий требуется выполнить оценку мощности эквивалентной дозы (МЭД) от просыпи РАО при возможной аварии.

В работе рассмотрена аварийная ситуация, связанная с опрокидыванием контейнера с РАО во время транспортирования, выполнены расчеты МЭД на расстояниях 0.1м, 0.5м, 1м, 2м, 5м, 10м от просыпи 50% РАО из контейнера. Расчет МЭД проводился с использованием компьютерной программы MicroShield. Радиационным источником являются РАО 2 класса, в виде твердых радиоактивных отходов (ТРО), с активностью  $6 \cdot 10^{11}$  Бк, в которую основной вклад вносит  $\text{Cs}^{137}$ .

Схема моделирования радиационной обстановки просыпи из контейнера с ТРО с помощью программного средства MicroShield приведена на рис. 1.

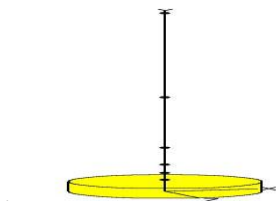


Рис. 1 Схема моделирования радиационной обстановки

### ***Литература***

1 СанПин 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009).

2 НП-053-16. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов.

3 Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности, изд. 2. – Москва: Атомиздат, 1977.

4 Постановление Правительства РФ от 19.10.2012 N 1069 (ред. от 04.02.2015) "О критериях отнесения твердых, жидких и

156

газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов".

## **ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ПРИ АВИАПЕРЕВОЗКЕ ТУК 145/С С ОТВС РЕАКТОРА DNRR ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА В ДАЛАТЕ (ВЬЕТНАМ)**

*Хоа Нгуен Тхи, Б.И Сынзыныс  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

3 июля 2013 г. осуществлен ввоз в Россию 106 ОТВС с высоким обогащением исследовательского реактора Института ядерных исследований г.Далат (Вьетнам). Топливо направлено на переработку на ФГУП «ПО «Маяк» (Челябинская область). Перевозку выполняли с помощью ТУК 145/С (ТУК - транспортный упаковочный комплект, упаковка типа С в соответствии с классификацией правил безопасности перевозки радиоактивных материалов, МАГАТЭ), на воздушном транспорте. Целью данной работы является оценка техногенного риска при авиаперевозке ТУК-145/С с ОТВС реактора DNRR (Dalat Nuclear Research Reactor) исследовательского центра в Далате.

Исследовательский реактор в Далате – это водо–водяной реактор бассейного типа с мощности 500 кВт. Топливо используется тип ВВР – М2 в виде труб и включает обогащение U-235 - 36 %. В 2013 г., после выгорания в течение 27 лет (и выдержки в бассейне до 6 лет) 106 ОТВС содержит: сумма массы урана :10734,1 г; U-235: 3380,02 г (31,48%); Pu-239: 38,65 г; суммарная активность облученного топлива:  $2,93 \cdot 10^{14}$  Бк.

При перевозке ТУК – 145/С рассмотрим дерево событий, которые могут произойти при перевозке ТУКа воздушным транспортом. На рис. 1 приведено дерево событий

(чрезвычайных ситуаций) при авиаперевозке ОЯТ по маршруту: Далат – Челябинск. При нормальных условиях перевозки воздушным транспортом ОТВС в ТУК-145/С обеспечивается безопасность и сопровождающего груз персонала, и населения.

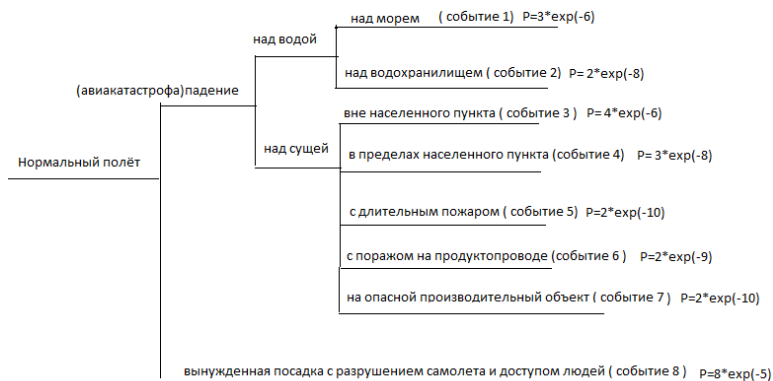


Рис 1. Дерево возможных событий при авиаперевозке упаковок ТУК-145/С с ОТВС реактора DNRR

При анализе чрезвычайных ситуаций установлено, что не существует вероятных событий ( $P > 1 \cdot 10^{-7}$ ), которые могут быть расценены по международной шкале ядерных событий INES (International Nuclear Event Scale) как аварии. Вероятные события (1, 3, 8) расцениваются как инциденты, а события с наиболее тяжелыми последствиями (4-7) маловероятны. Событие 2 и маловероятно, и не имеет серьезных последствий. Таким образом, перевозить ТУК-145/С с ОТВС из реактора DNRR в Россию очень безопасно: 3 июля 2013 г. полёт воздушного судна Ан-124-100 российской авиакомпании действительно прошёл успешно.

### *Литература*

1. Транспортирование ОЯТ по воздуху: обоснование безопасности [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2010/04/29/10751?page=1745>

2. Komarov S., Kashkivov S., Nguyen Nhi Dien, Moses S.D. Removal of research reactor spent fuel from Dalat nuclear research institute to Russia for reprocessing. – San Francisco, USA, 2013.

## **ОБЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ «ГОРЯЧИМИ» РАДИОАКТИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

*С.Г. Шаповалов<sup>1</sup>, Э.Н. Денисова<sup>1</sup>, А.С. Снегирев<sup>1</sup>, М.А. Басова<sup>2</sup>,  
Г.В. Козьмин<sup>1</sup>, Н.Н. Исамов<sup>1</sup>, Ю.А. Кураченко<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Впервые представлена дозиметрическая картина облучения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) моногастричных животных (крысы, морские свинки, свиньи) «горячими» радиоактивными частицами (РЧ). Образование РЧ может происходить при ядерных и радиационных авариях, ядерных взрывах, применении «грязных» бомб, вследствие радиоактивных выбросов и сбросов предприятий атомной промышленности, а также при производстве сырья и материалов с повышенным содержанием естественных радионуклидов. В зависимости от условий образования размеры РЧ могут составлять от 0,01 до сотен мкм [1].

Целью настоящего исследования являлось изучение особенностей формирования поглощённых доз «горячими» РЧ при пероральном поступлении в организм моногастричных животных (крысы, морские свинки, свиньи), которые обладают пищеварительным трактом сходным по строению с ЖКТ человека.

Изучение биологического действия «горячих» радиоактивных частиц проводили на лабораторных грызунах обоего пола - крысах породы Вистар массой 200–300 г, беспородных морских свинок массой 400–600 г и свиньях



русской белой породы возрастом 2–2.5 месяца и массой от 25 до 30 кг, благополучных по инфекционным и инвазионным заболеваниям. В экспериментах использовали РЧ с размерами 80–160 мкм, содержащие в силикатной матрице после нейтронной активации  $^{165}\text{Dy}$  (42%),  $^{142}\text{Pr}$  (45%) и  $^{90}\text{Y}$  (13%).

Оценку поглощённых доз, вызывающих радиационное язвенное поражение ЖКТ, проводили поэтапно, выполняя следующие процедуры:

- Определяли средние поглощённые дозы  $\beta$ -облучения слизистой оболочки исходя из предположения о гомогенном распределении РЧ в содержимом и  $2\pi$ -геометрии облучения. В расчётах использовали предложенные камерные модели транспорта РЧ в ЖКТ животных. Оценивали соотношения расчётных и средних измеренных величин поглощённых доз.

- Выполняли оценку поглощённых доз в областях концентрирования РЧ по данным автордиографии и/или прямых измерений мощностей поглощённых доз на внутренней поверхности слизистой оболочки после убоя животных. Проводили оценку неравномерности облучения слизистой оболочки ( $D_{\max}/D_{\min}$ ) и максимально возможной кратности превышения средних уровней облучения ( $D_{\max}/D_{\text{средн.}}$ ).

- Проводили сравнение дозиметрических параметров с патологоанатомической картиной язвенно-некротического поражения слизистой оболочки с оценкой диапазонов поглощённых доз, вызывающих те или иные поражения слизистой оболочки.

При формировании в желудке и толстом кишечнике поросят средних поглощённых доз от 10 Гр и более тяжёлому поражению были подвержены все отделы ЖКТ. При гистологическом исследовании во всех отделах желудочно-кишечного тракта находили глубокие расстройства кровообращения и дегенеративно-некробиотические изменения. Начиная с 3-х суток вплоть до 2 месяцев наблюдений у животных наблюдали глубокие атрофические и некротические изменения стенок кишечной трубки на всем ее протяжении. Язвенное поражение желудка и кишечника, гипоплазия лимфоидных органов и дистрофические процессы в

паренхиматозных органах имели решающее значение в патогенезе и неблагоприятном исходе лучевой болезни. В очагах язвенного поражения максимальные дозы  $\beta$ -облучения могли превышать средние значения от 3 до 10 раз.

### *Литература*

1 Kozmin G.V., Fesenko S.V., Snegirev A.S., Sanzharova N.I., Kurachenko Yu.A. Environmental behaviour of radioactive particles: Transfer to animals // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. 213.

## **ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС С БЫСТРЫМИ НАТРИЕВЫМИ РЕАКТОРАМИ**

*Е.В. Шарифьянов, О.Л. Ташлыков*

*ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина», г. Екатеринбург, Россия*

Реактор БН-800 (2015), разработанный на базе БН-600 и имеющий улучшенные технико-экономические показатели и характеристики безопасности, является необходимым этапом в создании серийного реактора на быстрых нейтронах.

40 лет надежно и безопасно эксплуатируется самый мощный в мире энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-600 на Белоярской АЭС, являющийся одним из наиболее экологически чистых реакторов в мире [1].

Для энергоблока с реактором БН-600, а также БН-800, достигнуты одни из наиболее низких уровней доз облучения в мире. Программой оптимизации радиационной защиты (2020-2024), принятой АО «Концерн Росэнергоатом», к 2024 г. для энергоблоков БН-600 и БН-800 установлены целевые показатели по максимальной индивидуальной дозе – 10 мЗв/год и коллективной – 0,3 чел·Зв/(блок·год).

На рис. 1 представлены расчетные уровни дозовых затрат при нормальной эксплуатации энергоблока с реактором БН-800.

При этом предполагалось, что удельная радиоактивность натрия первого контура по  $^{137}\text{Cs}$  соответствует уровню, длительное время поддерживаемому на энергоблоке БН-600 [2]. Работы на оборудовании первого контура проводятся на остановленном реакторе после распада  $^{24}\text{Na}$  [3], на оборудовании второго контура могут проводиться при работающем реакторе, на оборудовании системы охлаждения барабана отработавших сборок (БОС), тракта перегрузки топлива и системы отмывки ТВС могут проводиться как на работающем, так и на остановленном реакторе.

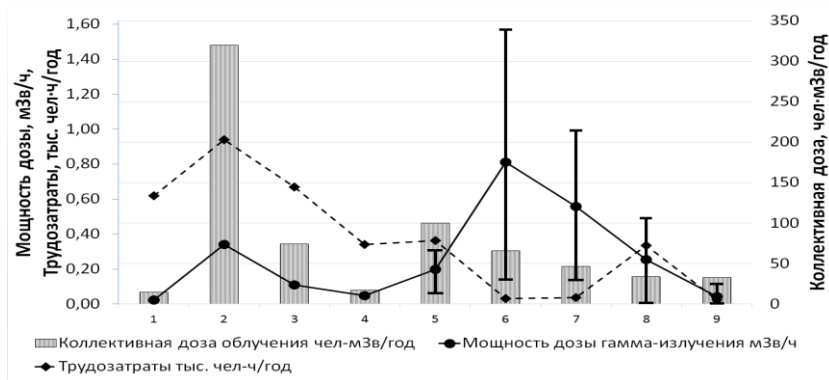


Рис. 1. Дозы облучения персонала: 1 – эксплуатация; 2 – ремонтные работы на вспомогательном натриевом оборудовании первого контура; 3 – на оборудовании системы охлаждения БОС; 4 – газовой системы первого контура; 5 – тракта перегрузки топлива и системы обмывки ТВС; 6 – замена и ремонт оборудования, извлеченного из реактора; 7 – дефектоскопия; 8 – защитная камера; 9 – экспериментальные работы.

Коллективная доза облучения персонала реакторной установки БН-800 находится на уровне величин облучения персонала БН-600. Определяющий вклад (~80%) в додозатраты вносят ремонтные работы, вклад дефектоскопии составляет 6,4%. Дозозатраты при обращении со свежим топливом по опыту эксплуатации БН-600 не превышают 0,5% от коллективной дозы.

### *Литература*

1 Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Экологическое прогнозирование в ядерной энергетике XXI века // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2015. – № 8-9 (172-173). – С. 50-58.

2 Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Булатов В.И., Шастин А.Г. О проблеме снижения дозовых затрат персонала АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – №1. – С.55-60.

3 Ташлыков О.Л., Наумов А.А., Щеклеин С.Е. Моделирование процесса замораживания натрия в трубопроводах с целью оптимизации ремонта реакторных установок на быстрых нейтронах // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 21-26.

## **ПРИМЕНЕНИЕ GIS-ТЕХНОЛОГИЙ В РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*А.В. Щур, О.В. Валько, О.И. Федосеев  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев,  
Республика Беларусь,*

Развитие ядерных технологий всегда сопровождается повышением риска инцидентов с выбросом в окружающую среду зачастую весьма широкой номенклатуры радионуклидов с различными видами распада и периодами полураспада. Соответственно эти нуклиды имеют различную опасность для здоровья населения, проживающего в зоне покрытия аварийным следом.

С целью обеспечения оперативной и достаточной информированности населения о радиационной ситуации на загрязненной территории и избегания паники, следует использовать интерактивные карты, на которые оперативно наносится информация с GPS привязкой о выпадении различных видов радионуклидов. Кроме того, на эту же карту в виде дополнительных слоев, возможно, наносить информацию о создаваемой радиоактивными выпадениями коллективной, и, если есть возможность оперативного обследования населения на

спектрометрах излучения человека и раздачи индивидуальных дозиметров, то и текущем уровне индивидуальных дозовых нагрузок [1-3].

На основании проведенных в Беларуси исследований индивидуальных дозовых нагрузок на население, создаваемых инкорпорированным с пищевыми продуктами  $^{137}\text{Cs}$  на территории радиоактивно загрязненных районов Могилевской области, нами предложена картосхема средних уровней индивидуальной дозы внутреннего облучения (рис. 1). На данной карте серые точки показывают населенные пункты со средней дозой внутреннего облучения от инкорпорированного с пищевыми продуктами  $^{137}\text{Cs}$  до 0,1 мЗв/год, черные точки – до 0,2 мЗв/год.



Рис. 1. Картосхема средних индивидуальных дозовых нагрузок на население, создаваемых инкорпорированным с пищевыми продуктами  $^{137}\text{Cs}$  на территории радиоактивно загрязненных районов Могилевской области

В связи со строительством АЭС в Беларуси, для информирования населения о радиационной ситуации на территориях, прилегающих к электростанции, считаем целесообразным создание подобных онлайн-карт с оперативным обновлением информации по основным нуклидам. В Беларуси выпускается радиометрическое оборудование с GPS и ГЛОНАС привязкой, что позволит оперативно обновлять информацию на подобном сайте.

## *Литература*

1. Барашенко В.В., Щур А.В., Ланенков Е.Н. Создание банка данных по основным радиологическим аспектам на территории Могилевской области / Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы VI Межд. Науч.-практич. конф. – Гомель, 2004. – С. 20-21.

2. Агеева Т.Н., Щур А.В. Оценка обеспечения безопасности населения в зонах радиоактивного загрязнения Могилевской области / Безопасность в чрезвычайных ситуациях : сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. 21-22 апреля 2017 г. – СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. – С. 18-22.

3. Щур А.В., Гуменюк В.И., Орловский П.С., Федосеев О.И. Модель распределения индивидуальных дозовых нагрузок от  $^{137}\text{Cs}$ , полученных в результате чернобыльской катастрофы / Неделя науки Санкт-Петербургского политехнического ун-та : материалы научного форума с международным участием. Высшая школа техносферной безопасности. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 31-33.

## СЕКЦИЯ 4. БИОТЕСТИРОВАНИЕ И БИОИНДИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### WATER QUALITY OF THE LOWER SECTION OF THE DON RIVER ACCORDING TO THE ALGOINDICATION (P-IBI)

Murooj Abbas Buhlool AL-Ghizzi<sup>1</sup>, E.N Bakaeva<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> – Southern Federal University, Academy of Biology and  
Biotechnology, Institute of Earth Sciences, Rostov-on-Don, Russia<sup>1</sup>

<sup>2</sup> – Water Problems Institute RAS, Hydrochemical department,  
Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup> – Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

The Index of Biological Integrity (IBI) has been proven to be an important assessment tool for evaluating resource quality [2]. The purpose of the research assessment of the Don River status using the phytoplankton index of biological integrity and have developed of scoring criteria of the Don River (P-IBI). Phytoplankton metrics used for this analysis included: phytoplankton density, phytoplankton biomass, richness index, Relative Abundance for: *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Euglenaphyceae*. Metric raw data were converted into metric scores after being subjected to a scale of thresholds of 3, 5 and 10 [1]. The development of these thresholds was performed according to Yearbook [4, 5, 6] based on the existing historical data and professional judgment. Thus, a threshold of 10 was given for metrics that have values equal or near to reference condition, the 5 was given to those of medium conditions and 3 to those of worst conditions. The final index scores were grouped in four rating categories of “Excellent”, “Good”, “Fair”, “Poor” and “Very Poor” [3]. A value close to 82 indicates that streams biology is equivalent to what would be found in a natural condition. A value close to 56 indicates a poor biological status within the ecosystem. It was collected the values of the metric scores and hit in ten then divided by the number of metric scores to ensure that the resulting number did not skip number 100 in any case.

Generally values of P-IBI were lower in summer in comparison to autumn. This might be because of the decrease in population of diatoms, and the increase in percentage of *Cyanophyceae* and biomass during summer season. P-IBI index data for the river Don obtained for the first time. Studies have shown that Using only metrics for assessment purposes is difficult to understand, but the using P-IBI gives an objective assessment and a clear picture about water quality Don river. P-IBI water quality of the Don River was spatially characterized by uniformly poor quality.

### **References**

1 Astin L.E. Developing Biological Indicators from Diverse Data: the Potomac Basin-Wild index of Benthic Integrity(B-IBI). The application of Phytoplankton Index of Biological Integrity (P-IBI) on the Euphrates River (Euphrates Mid-Iraq). // Ecological Indicators. – 2007. – V. 7(4). – P. 895-908.

2 Gammon J.R., Simon T.P. Variation in a Great River index of biotic integrity over a 20 year period. // Hydrobiologia. – 2000. V. 422-423. – P. 291-304.

3 McCormick F.H., Hughes R.H., Kaufmann P.R., Peck D.V., Stoddard J.L., Herlihy A.T. Development of an index of biotic integrity for the Mid-Atlantic Highlands Region. // Transactions of the American Fisheries Society. – 2001. – V. 130. – P. 857-877.

4 Yearbook of surface water quality according to hydrobiological indicators in the territory of the North Caucasus UGKS in 1987 (Lower Don). – Rostov-on-Don, 1988. – Ex. N. 1.

5 Yearbook of surface water quality according to hydrobiological indicators in the territory of the North Caucasus UGKS in 1985 (Lower Don). – Rostov-on-Don, 1986. – Ex. N. 1.



# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА БИОТЕСТИРОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОМОВ С ПОМОЩЬЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫХ: LEMNA MINOR И SPIRODELLA POLYRRHIZA

А.А. Артамонова, Р.О. Шаталова, Д.А. Балдов.,  
М.М. Рассказова, Б.И. Сынзыныс

Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Представлены экспериментальные данные по оценке воздействия острого гамма-облучения на показатели роста и характер повреждений фрондов *Lemna minor* и *Spirodella polyrrhiza*. Актуальность исследования определяется необходимостью выявления радиочувствительных видов для их использования в качестве референтных видов. Выявленные различия ответных реакции двух видов рясковых позволяют использовать показатели их роста для оценки степени радиационного загрязнения территории.

**Целью** работы была сравнение радиочувствительности двух видов рясковых: *Lemna minor* и *Spirodela polyrrhiza* после гамма-облучения в диапазоне доз 10-50 Гр.

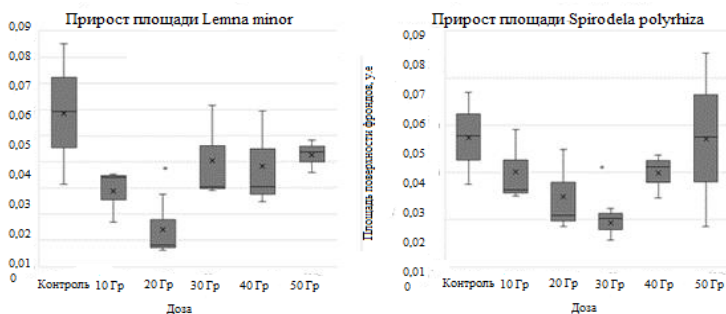


Рис.1. Изменение площади поверхности фрондов в зависимости от дозы облучения

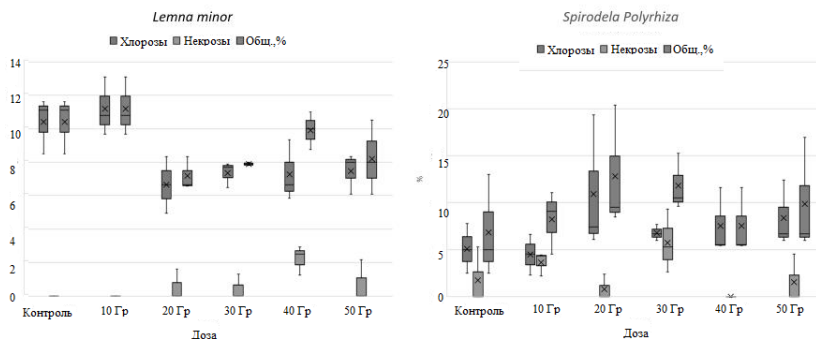


Рис.2. Возникновение морфологических повреждений в зависимости от дозы облучения

В ходе работы рассматривались следующие параметры: удельная скорость роста, площадь листовых пластинок, общее число повреждений (хлорозов и некрозов) у двух видов семейства рясковых (после гамма-облучения в разных дозах).

**Заключение.** следует разные показатели: для *Lemna minor* L. – удельную скорость роста, для *Spirodella polyrrhiza* L. – изменение общей поверхности фрондов. Зависимости между процентом повреждённых фрондов и дозой облучения у видов ряски и многокоренника не выявлено.

### Литература

1. OECD Guidelines for the testing chemicals. *Lemna* sp. Growth Inhibition Test. Organization for Economic Co-operation and Development. – Paris, 2006. – 22 p.
2. ГОСТ 32426-2013. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. – Испытание ряски на угнетение роста, 2013. – С. 1-32.
3. Боднарь И.С., Юшкова Е.А., Зайнуллин В.Г. Влияние гамма-излучения на морфометрические характеристики ряски малой (*Lemna minor* L.) // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56. – №6. – С. 617-622.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЕЙСТВИЯ КАДМИЯ И ЛИТИЯ НА ДРОЖЖЕВЫЕ КЛЕТКИ

*А.А. Афонин, Е.Р. Ляпунова*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

В настоящее время использование аккумуляторов частое явление как в повседневной жизни – в телефонах, ноутбуках, фотоаппаратах, наушниках и других персональных устройствах, так и в медицине, сельском хозяйстве и транспорте. Помимо кислотных широко используются литий-ионные (Li-Ion), литий-полимерные (Li-Pol) и никель-кадмиевые (Ni-Cd) аккумуляторы, содержащие в составе электродов кадмий и литий. В большинстве случаев израсходовавшие свой ресурс аккумуляторы утилизируются как бытовые отходы. Их не перерабатывают, а захоранивают на полигоне с тоннами других отходов. В большей степени тяжелые металлы накапливаются в почве в виде прочных органоминеральных комплексов, способных к изменению физико-химических и биологических свойств почв, проявляя токсическое действие по отношению к компонентам биоты и, как следствие, тормозя процессы, происходящие в почве (аммонификация, нитрификация и т.д.). В связи с этим представляет интерес изучение влияния этих металлов на микроорганизмы.

Объектом исследования в данной работе являются дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae* диплоидный штамм XS800. Для культивирования использовали модифицированную среду Сабуро следующего состава: дистиллированная вода – 600 мл, агар – 20 г, глюкоза – 40 г; пептон – 10 г, дрожжевой экстракт – 5 г. Основываясь на гигиенических нормативах ГН 2.1.7.2042-06, ОДК кадмия в почве была принята за 1,5 мг/кг [2]. В связи с отсутствием ПДК лития в почве, было решено использовать значение ПДК для водных объектов. Основываясь на гигиенических нормативах ГН 2.1.5.1315-03, ПДК лития была принята за 0,03 мг/л [1]. Подсчет выживаемости проводился методом макроколоний после трех суток инкубации

при 30°C в трех повторностях. В каждой повторности анализировалось до 300 макроколоний. Достоверность различий определяли с помощью критерия Крамера-Уэлча.

Выживаемость клеток относительно контроля при получасовом воздействии кадмия снижается до 5,11%, а при воздействии в течение одного и полутора часов – до 2,96% и 1,08% соответственно. Среднетоксичное время воздействия составило 7,3 мин. Полученные данные хорошо сочетаются с данными, представленными другими авторами по токсичности кадмия [3, 4].

Воздействие лития менее губительно по сравнению с кадмием: при тридцатиминутном воздействии наблюдается сохранение больше половины особей, а именно 52,96%. Дальнейшее воздействие в течение 60 и 90 мин снижает показатель выживаемости до 43,55% и 26,34% соответственно. Среднетоксичное время действия ионов лития составило 39,7 мин.

### *Литература*

1 ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – Взамен ГН 2.1.5.689-98; введ. 27.04.2003. – Москва: Минздрав России, 2003. – С.59.

2 ГН 2.1.7. 2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Взамен ГН 2.1.7.2042-06; введ. 01.07.2009. – Москва: Федеральный центр Роспотребнадзора, 2009. – 6 с.

3 Богачева А.С., Шилов В.В., Полозова Е.В. Чувствительность цианобактерий *Synechocystis* sp. к токсическому действию солей тяжелых металлов // Актуальные проблемы токсикологии и радиобиологии: Тезисы докладов Российской научной конференции с международным участием. – Санкт-Петербург, 2011. – 26 с.

4 Маячкина, Н.В. и др. Изменение токсичности почв, загрязненных кадмием в полевом модельном опыте / Маячкина Н.В., Дроздова И. В., Бакина Л.Г., Поляк Ю.М. // Материалы I

Всероссийской междисциплинарной научно-практической конференции. – Симферополь, 2017. – С. 161-166.

## **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА КАЧЕСТВО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Г. КАЗАНИ МЕТОДОМ БИОИНДИКАЦИИ**

*А. И. Аюпова, Е.А. Минакова  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный  
университет», г. Казань, Россия*

Одним из перспективных подходов для интегральной характеристики качества среды является оценка состояния живых организмов по стабильности развития. Применение организмов, реагирующих на загрязнение среды обитания изменением признаков, позволяет существенно сократить или даже исключить применение дорогостоящих и трудоемких физико-химических методов анализа. Биоиндикаторы интегрируют биологически значимые эффекты загрязнения. Оценка состояния живых существ в природных популяциях представляется принципиально важной задачей, как для теории, так и для практики. В практическом плане такая оценка важна для мониторинга качества среды [1]. В основу данного исследования положена методология оценка качества среды, разработанная авторским коллективом ученых под руководством В.М. Захарова

Объектом исследования для определения степени нарушения стабильности развития выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth.), дерево семейства Березовые (*Betulaceae*). Отбор материала проводился в 2019 г. В продолжение работ по оценке качества среды городов Республики Татарстан [2-4], в настоящей работе была проведена оценка качества окружающей среды придорожных территорий. Были заложены 10 площадок на придорожных участках, которые располагаются в зоне воздействия выбросов автотранспорта.

По рассчитанным показателям ФА можно сделать вывод о том, что во всех исследуемых точках придорожных полос

города Казань интегральный показатель флуктуирующей асимметрии превышает величину условной нормы, а состояние среды варьирует в пределах от начального отклонения от нормы до критического состояния. Так, начальное отклонение от нормы наблюдается в Ново-Савинском районе (Поликлиника №7) значение ФА 0,042, а критическое состояние среды в Приволжском и Вахитовском районах значение ФА 0,055.

### *Литература:*

1 Захаров, В.М. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях / В.М. Захаров, Н.П. Жданова, Е.Ф. Кирик, Ф.Н. Шкиль // Онтогенез. – 2001. – Т.32, № 6. – С. 421.

2 Минакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г., Биктемирова Э.И. Оценка качества городской среды промышленного города с использованием методов фитомониторинга (на примере г. Нижнекамск) // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 16. – С. 283-287.

3 Минакова Е.А., Шлычков А.П., Никитина Е.В., Минлебаева Р.А. Оценка состояния воздушного бассейна урбосистемы г. Казань с применением методов биоиндикации // Научно-методический информационный журнал «Вестник НЦ БЖД». – 2014. – № 1 (19). – С. 110-115.

4 Минакова Е.А., Галеева А.З. Биоиндикационный подход к оценке антропогенной трансформации придорожных полос урбосистемы г. Казань / Материалы Всероссийской науч.-практич. конф., посвящ. памяти профессора А. И. Золотухина Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем: (г. Балашов, 12-13 ноября 2015 г.). – Саратов: Саратовский источник, 2015. – С. 178-180.

## **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ УРБООКОСИСТЕМ МЕТОДАМИ ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ**

*Е.А. Батраченко  
ФГБОУ ВО "Курский государственный университет",  
г. Курск, Россия*

В целях обеспечения комфортности проживания населения в городской среде необходимость изучения современных процессов, происходящих на урбанизированных территориях, неуклонно возрастает. Оценка комфортности проживания населения на городском уровне представляет большой научный и практический интерес. Одним из интенсивных антропогенных факторов в городе является автомобильный транспорт. Влияние автотранспорта на растительность городских экосистем сводится к общему угнетению и повреждению растений, проявляющемся в ослаблении роста и развития, появлению хлорозов, некрозов, повреждению кроны дерева в целом и, в частности, листовой пластины. Одним из доступных и информативных методов диагностики влияния загрязнения воздуха на состояние городских экосистем является лишеноиндикация [2, 3]. В период 2019-2020 г.г. производились биоиндикационные исследования загрязнения атмосферного воздуха (на основе лишеноиндикации) на территории г. Курска. Данный вид нагрузки неоднородно распределяется по территории города: наиболее высокая нагрузка в центральном округе и соответственно комфортность проживания на прилегающих жилых территориях к дорожно-транспортной сети на ул. Ленина, К. Маркса, Дзержинского, 50 лет Октября будет снижена вследствие многопланового воздействия автотранспорта. Изучение изменения видового состава и проективного покрытия лишенофлоры на стволах деревьев на расстоянии 1-4 метров, 5-10 метров и более 10 метров от дороги позволило выявить определенные закономерности.

Анализ изменения видового состава лишенофлоры при удалении от автодорог на различное расстояние позволил сделать следующие выводы: в качестве организмов –

индикаторов нами использовались некоторые виды накипных и листоватых лишайников (*Solorina crocca*, *Hypogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Cladonia coniocraea*, *Amandinea punctata*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Caloplaca holocarpa*), преуалирующими из которых на территории города Курска являются *Xanthoria parietina* и *Cladonia coniocraea*. Данные виды встречаются в 100% случаев, но степень их проективного покрытия на стволах деревьев в зависимости от приближения-удаления от автодорог различна.

Таблица 1

Оценка влияния автотранспорта на растительность и лишайнофлору в  
Центральном районе города Курска

| Название<br>улиц  | Визуальная оценка<br>состояния лишайнофлоры |        |        | Шкала витальности<br>состояния растительности |        |        |
|-------------------|---------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------------------|--------|--------|
|                   | 1-4 м                                       | 5-10 м | > 10 м | 1-4 м                                         | 5-10 м | > 10 м |
| Ленина            | +                                           | +      | 3      | 1                                             | 2      | 3      |
| Радищева          | 1                                           | 2      | 3      | 1                                             | 2      | 3      |
| К. Маркса         | +                                           | 2      | 3      | 1                                             | 2      | 3      |
| К. Зеленко        | 2                                           | 3      | 5      | 2                                             | 3      | 4      |
| 50 лет<br>Октября | +                                           | 2      | 3      | 2                                             | 3      | 3      |
| Пучковка          | 2                                           | 3      | 4      | 3                                             | 3      | 4      |

\*Визуальная оценка состояния лишайнофлоры производилась нами с помощью шкалы Брауна-Бланке, где: + – встречается редко, степень покрытия ничтожна. 1 – индивидуумов много, степень покрытия мала или особи разрежены, но площадь покрытия большая. 2 – индивидуумов много, степень проективного покрытия не менее 10%, но не более 25%. 3 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 25-50%. 4 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 50-75%. 5 – степень покрытия более 75%, число особей любое. Шкала витальности состояния растительности, представляет собой сводку данных, где: 1 – сильно угнетенная растительность с признаками частичного или полного некротического отмирания, 2 – средняя степень угнетенности растений с широким проявлением хлорозов и некрозов, повреждением кроны, 3 – средняя степень угнетенности растений с местным проявлением хлорозов и некрозов, 4 – слабая степень угнетенности, проявляющаяся в местном проявлении хлорозов, 5 – абсолютно здоровая растительность.



Анализ автомобильной нагрузки позволяет сделать вывод о загрязнении атмосферного воздуха и депонирующих сред. Видовое разнообразие лишайников увеличивается в зависимости от удаленности от автодорог. Причем, среди видов, растущих вдоль автодорог преобладают *Hypogymnia physodes* и *Cladonia coniocraea*. С увеличением расстояния от дороги видовое разнообразие лишайников возрастает, появляются такие виды как *Xanthoria parietina*, *Solorina crocca*, *Parmelia sulcata*. Данный вид нагрузки неоднородно распределяется по территории города: наиболее высока нагрузка в центральном округе и соответственно комфортность проживания на прилегающих жилых территориях к дорожно-транспортной сети на ул. Ленина, К. Маркса, Дзержинского, 50 лет Октября будет снижена вследствие многопланового воздействия автотранспорта.

### **Литература**

- 1 Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
- 2 Неверова О.А., Николаевский В.С. Лихенометрический способ индикации загрязнения атмосферного воздуха урбанизированной среды. // Экология большого города. – М.: Прима, 2002. – С. 178–181.
- 3 Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методом фитоиндикации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. – 220 с.

# **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

*А.В. Берестина, А.В. Бахвалов*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Чистые помещения – искусственно созданная динамическая экосистема, от состояния которой зависит качество производимых лекарственных средств. Для контроля соответствия чистых помещений требованиям GMP по микробиологическим показателям выполняется их мониторинг с последующей идентификацией выделенных микроорганизмов.

Цель исследования – провести идентификацию микрофлоры Модуля чистых помещений (класс D) кафедры фармацевтической и радиофармацевтической химии ИАТЭ НИЯУ «МИФИ».

К основным источникам грамположительных кокков в чистых помещениях относится персонал, грамотрицательных бактерий – растительное сырье, а спорообразующей микрофлоры – упаковочный материал [4]. Таким образом, зная состав микрофлоры чистых помещений, можно идентифицировать основные источники микробного загрязнения. Это позволит определить эффективные способы его устранения, а также своевременно выявить присутствие нежелательных для чистых помещений микроорганизмов [2]. Кроме того, состав микрофлоры необходимо учитывать при выборе дезинфицирующих средств, так как микроорганизмы различаются по своей устойчивости к ним [3].

В данной работе были выполнены условия, обеспечивающие максимальное выявление микроорганизмов, характерных для исследуемых чистых помещений. Пробы отбирались в критичных с точки зрения микробного загрязнения точках (6 точек для контроля воздуха и 11 точек для контроля поверхностей). Использовались питательные среды, поддерживающие рост широкого спектра микроорганизмов: Триптонно-соевый агар для выделения бактерий и Декстрозный

агар Сабуро для выделения дрожжей и грибов. Выделенные бактерии подвергались идентификации с помощью биохимических тест-систем [1].

Результаты исследования показали, что в изучаемых чистых помещениях количественно преобладает микрофлора, характерная для кожи человека (*Micrococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*) – 87,7% от общего числа микроорганизмов. Были также выделены плесневые грибы (8,5%), грамотрицательные (3,1%) и грамположительные (0,7%) палочки.

До вида было идентифицировано 26 бактерий, в числе которых – нежелательные для чистых помещений спорообразующие палочки *Bacillus firmus* и *Bacillus mycoides*, *Ralstonia pickettii* (образует устойчивые к внешнему воздействию биопленки).

Данное исследование позволило установить основные источники микробного загрязнения исследуемых чистых помещений – персонал, упаковочный материал (картон) и сырье.

На основании данных о характерной для данных чистых помещений микрофлоре и результатах микробиологического мониторинга были выбраны наиболее подходящие дезинфицирующие средства и установлена периодичность их ротации при проведении ежедневных и генеральных уборок. Также определены меры для снижения микробной нагрузки в исследуемых чистых помещениях – использование сменной обуви и халатов при входе, отказ от картонных коробов для хранения, входной контроль сырья на микробиологическую чистоту.

Таким образом, микробиологический мониторинг – это важный инструмент для оценки условий производственной среды, позволяющий своевременно выявлять ухудшение состояния чистых помещений с точки зрения микробного загрязнения.

### ***Литература***

1 Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. – XIV изд. – Т.1. – М., 2018. – 1814 с.

2 Кусрадзе И. Нежелательные микроорганизмы в нестерильном производстве // Чистые помещения и технологические среды. – 2016. – № 4 (60). – С. 59-67.

3 Сэндел Т. Очистка чистых помещений // Чистые помещения и технологические среды. – 2011. – № 2. – С. 32-36.

4 Федотов А.Е. Чистые помещения. – М.: Асинком, 2015. – 512 с.

## **ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЯПОНСКОЙ КРАСНОЙ СОСНЫ С НАРУШЕНИЯМИ АПИКАЛЬНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ В РАЙОНЕ ФУКУСИМСКОЙ АЭС**

*С.В. Битаршвили, А.А. Празян, С.А. Гераськин  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

После аварии на АЭС Фукусима-1 была выявлена повышенная частота морфозов в популяциях японской красной сосны [1]. У молодых деревьев наблюдали снятие апикального доминирования, главная ось ствола раздваивалась, таким образом, прирост шел преимущественно в ширину. У части деревьев происходило восстановление апикального доминирования, когда один из верхних побегов занимал лидерное положение, рост другого подавлялся.

Коррелятивные процессы у растений, так же как и адаптивные реакции находятся под контролем гормональной системы, в связи с этим целью нашей работы явилась оценка содержания основных классов фитогормонов в у разных типов деревьев хронически облучаемых популяциях красной японской сосны.

Для исследования было выбрано 4 участка, загрязненных в результате аварии, и один контрольный. На участках выделяли нормальные деревья – без морфозов, аномальные – с отменой апикального доминирования и восстановленные – с восстановлением апикального доминирования. С этих деревьев отбирали двухлетнюю хвою, замораживали и лиофилизировали.

В исследовании определяли содержание основных классов фитогормонов: ИУК, индолилмасляной кислоты (ИМК), зеатина, гиббереллина (ГК) и АБК. 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.

Обнаружено, что хроническое радиационное воздействие изменяет концентрации основных классов фитогормонов в хвое красной японской сосны: повышает концентрации ИУК, зеатина и АБК и снижает концентрации ГК. Содержание гормонов внутри популяций варьировало в зависимости от типа деревьев, особенно ярко это выражалось у ауксинов и АБК.

Полученные результаты не указывают на оксидативный стресс у исследуемых популяций сосен. Анализ содержания ГК и зеатина свидетельствует об усилении пролиферации клеток апикальной меристемы побега и активацию ее развития, что вероятно обусловлено компенсаторными механизмами сформировавшихся на ранних стадиях повреждений меристематических клеток.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 19-54-50003).

### ***Литература***

1 Yoschenko V., Kashparov V., Melnychuk M., Levchuk S., Bondar Yu., et al. Chronic irradiation of Scots pine trees (*Pinus sylvestris*) in Chernobyl exclusion zone: dosimetry and radiobiological effects // Health Physics. – 2011. – V. 101 – P. 393-408.

## **УРЕАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ НАРУШЕННЫХ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКОЙ КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ»**

*В.В. Вилкова, В.В. Шабунина*

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Государственный заповедник «Утриш» – уникальнейшая природная территория юга России, расположенная на Абрауском полуострове и относящаяся западной части Северо-Черноморской провинции Большого Кавказа. Большую часть территории заповедника занимают уникальные для России почвы средиземноморских лесов и редколесий – коричневые почвы всех трех подтипов: типичные, карбонатные и выщелоченные [1]. Субтропические почвы Черноморского побережья России до сих пор исследованы фрагментарно, что связано с малой вовлеченностью их в сельскохозяйственное производство [2, 3].

Одним из показателей, характеризующих продуктивность почв, является ферментативная активность. Изучаемый фермент, уреазы, относится к классу гидролаз. Данный фермент широко распространен в природе, основным источником его поступления являются растения и микроорганизмы. Активность уреазы широко используется для оценки изменений качества почвы и может варьировать при изменении содержания органического вещества [4].

Объектами исследований послужили стоянка туристов в окрестностях Водопадной щели, которая с момента создания заповедника перестала подвергаться антропогенному воздействию, и фоновая территория леса в качестве контрольного участка. На бывших местах размещения палаток до сих пор отмечено морфологическое изменение почвенно-растительного покрова с повышением каменистости почв.

По методу А.Ш. Галстяна (1978) была определена ферментативная активность исследуемых почв и было выявлено, что активность уреазы нарушенных рекреацией почв более, чем на 50% ниже по сравнению с контрольным участком.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что даже спустя много лет после деградиационного воздействия стихийных туристов на почвенно-растительный покров биохимические свойства изучаемых почв все еще угнетены. Процессы восстановления ускорятся при восстановлении растительного покрова, однако этот процесс может затянуться на десятилетия.

### *Литература*

1 Казеев, К.Ш., Черникова М.П., Колесников С.И., Быхалова О.Н. Почвенный покров заповедника «Утриш». – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. – 104 с.

2 Беседина Т.Д. Агрогенная трансформация почв Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа при использовании под субтропические культуры: дис. д-ра с.-х. наук. – Сочи, 2004. – 313 с.

3 Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. – Ростов-на-Дону: Изд-во Эверест, 2008. – 276 с.

4 Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – 356 с.

## **ВЛИЯНИЕ МОДЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЕНОМ НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ ПОЧВ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА РОССИИ**

*Р.М. Дауд, С.И. Колесников*

*Академия биологии и биотехнологий им. Д.И. Ивановского,  
Южного федерального университета,  
г. Ростов- на –Дону, Россия*

Селен широко распространен в природе и является микроэлементом. В зависимости от концентрации в почве селен может оказывать как токсическое, так и стимулирующее воздействие на растения и почвенную биоту. Источниками загрязнения почв селеном являются добыча полезных ископаемых, главным образом переработка сульфидной руды,

182

сжигание топлива, в частности угля, использование на сельскохозяйственных почвах осадка сточных вод, фосфорных удобрений и инсектицидов.

На Юге России встречается загрязнение аридных почв не только тяжелыми металлами (кадмием, цинком, свинцом), но и селеном. Однако экологические последствия селенового загрязнения для этих почв не изучены.

В настоящей работе представлены результаты модельного лабораторного исследования изменения активности каталазы при загрязнении селеном почв аридных экосистем Юга России (темно-каштановой, каштановой, светло-каштановой, бурой полупустынной и песчаной почвы), а также чернозема обыкновенного для сравнения.

Использовали верхний пахотный слой почвы 0-10 см, так как в пахотных почвах в нем задерживается большая часть загрязняющих веществ.

Содержание селена в незагрязненных почвах составляет около 0,4 мг/кг, пределы колебаний – от 0,01 до 12 мг/кг [1, 2]. Предельно допустимая концентрация (ПДК) селена в почве в России не разработана. В Германии ПДК селена в почве составляет 10 мг/кг [3]. В настоящем исследовании селен вносили в почву в форме оксида –  $\text{SeO}_2$  в количестве 1, 10, 100 ПДК, что составляет 10, 100 и 1000 мг/кг соответственно.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Активность каталазы определяли по методу Галстяна в модификации Хазиева через 30 суток после загрязнения.

В результате исследования установлено, что загрязнение почвы аридных экосистем Юга России селеном ведет, в большинстве случаев, к снижению активности каталазы.

Как правило, степень снижения активности каталазы находилась в прямой зависимости от степени загрязнения почвы.

Почвы аридных экосистем юга России образуют следующие ряды по степени ухудшения биологических свойств при загрязнении селеном: черноземы обыкновенные > темно-



каштановые почвы  $\geq$  каштановые почвы > светло-каштановые почвы > бурые полупустынные почвы > песчаные почвы.

Такая последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв, прежде всего, гранулометрическим составом, реакцией среды и содержанием органического вещества. Чем тяжелее гранулометрический состав, выше pH и больше органического вещества, тем сильнее селен связывается почвой и меньше проявляет токсичность.

### *Литература*

1 Perkins W.T. Extreme selenium and tellurium contamination in soils — An eighty year-old industrial legacy surrounding a Ni refinery in the Swansea Valley // Science of the Total Environment. – 2011. – V. 412-413. – P. 162–169.

2 Fordyce F. Selenium deficiency and toxicity in the environment. In: Selinus O, editor. Essentials of medical geology. Impacts of the natural environment on public health. – Amsterdam: Elsevier, 2005.

3 Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. – Boca Raton, FL: Crc Press, 2010. – 548 p.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРАСТНЫХ РЕАКЦИЙ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ДЕЙСТВИЕ КАДМИЯ ПО ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ И ПРОДУКТИВНОСТИ**

*А.В. Дикарев*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. 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

184

к ТМ [3, 4]. 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.

Осуществлен вегетационный эксперимент на дерново-подзолистой почве с внесенным  $\text{Cd}^{2+}$  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 [5]. Взяты 4 сорта ярового ячменя, контрастные по устойчивости к кадмию (Са 220702, Malva – чувствительные; Местный, Симфония – устойчивые) [6]. Оценивались: внешний вид растений, морфометрические параметры (высота растений, биомасса, площадь листьев), физиолого-биохимические критерии (содержание в надземной биомассе пролина и МДА), структура урожая (масса зерна и 1000 зерен, соломы).

Показаны значимые различия по ответу устойчивых и чувствительных сортов на дозу  $\text{Cd}^{2+}$  50 мг/кг. Наиболее ярко они проявились по продуктивности – у чувствительных сортов урожая практически не получено, а масса соломы была до 4 раз меньше, чем у устойчивых. Морфометрические показатели демонстрировали сходную картину (устойчивые сорта превосходят чувствительные). Не выявлено различий в накоплении в тканях МДА и пролина. 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 Dandan L., Dongmei Z., Peng W., Nanyan W. Subcellular Cd distribution and its correlation with antioxidant enzymatic activities in wheat (*Triticum aestivum*) roots // *Ecotoxicology and environmental safety*. – 2011. – V. 74. – P. 874-881.

3 Baker A.J.M. Metal tolerance // *New Phytol.* – 1987. – V.106. – P. 93–111.

4. Leon A.M., Palma J.M., Corpas F.J., Gomez M., Romero-Puertas M.C. Antioxidative enzymes in cultivars of pepper plants with different sensitivity to cadmium // *Plant physiol. Biochem.* – 2002. – V. 40. – P. 813-820.

5 Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование. Под ред. Н.И. Санжаровой, П.Н. Цыгвинцева. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – 398 с.

6 Дикарев А.В., Дикарев В.Г., Дикарева Н.С., Гераськин С.А. Внутривидовой полиморфизм ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) по устойчивости к действию свинца // *Сельскохозяйственная биология*. – 2014. – №5. – С. 78-87.

# МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО РАДИОЧАСТОТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ *DAPHNIA MAGNA* В ЮВЕНИЛЬНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ ГОЛОДАНИЯ

А.А. Жалнина<sup>1</sup>, Д.В. Ускалова<sup>1</sup>, А.В. Дорохов,<sup>1</sup> К.В. Устенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> – Национальный исследовательский ядерный университет  
«МИФИ», г. Москва, Россия

Известно, что воздействие НИ РЧ может повлиять на жизнеспособность, рост и репродуктивный потенциал организмов [1, 3]. В данной работе изучены изменения морфометрических и демографических показателей у классического объекта биотестирования [2] – ракообразных *Daphnia magna*, подвергавшихся в ювенильный период онтогенеза облучению с частотой  $900 \pm 100$  МГц и плотностью потока энергии  $100 \text{ мкВт/см}^2$  (F0), и их необлученного потомства (F1) – в условиях нормального кормления и голода. Односуточных особей разделили на группы: I – нормальный уровень пищи (100%), II – условия голода (50% уровень пищи), III – нормальный уровень пищи + облучение, IV – голод + облучение. Кормили ежедневно суспензией *Chlorella vulgaris* из расчёта 1,9 мгС/л в I и III группах и 0,8 мС/л во II и IV группах. Пищевой режим на протяжении всего опыта не менялся. *D. magna* непрерывно облучали в течение 1–5 сут. онтогенеза. Учет выживаемости и плодовитости проводили в двух последовательных поколениях по стандартным методикам [2]. Измерения длин тела и шипа проводили у 1-, 10- и 21-суточных дафний методом компьютерной морфометрии [4]. Статистический анализ осуществляли непараметрическими критериями Крускала-Уоллеса и  $\chi^2$  с поправкой Бонферрони на множественное сравнение.

Выявлено, что уровень пищи оказывает значимое влияние на рост дафний на 10–30-е сутки в обоих поколениях. В условиях голода наблюдались замедление роста и значимое нарушение

корреляции между размером тела и длиной шипа дафний ( $\chi^2 = 39,87$ ;  $df = 1$ ;  $p = 2,78 \times 10^{-10}$ ); между возрастом и длинами тела ( $\chi^2 = 5,89$ ;  $df=5$ ;  $p = 0,32$ ) и шипа ( $\chi^2 = 4,32$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,04$ ). При этом облучение не влияло на возрастную динамику морфометрических признаков ( $\chi^2 = 8,28$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0.14$ ). Выживаемость рачков из всех групп в обоих поколениях также не нарушена. Однако анализ плодовитости поколения F0 показал, что облучение способно вызывать значимое снижение численности потомства у особей, получающих как недостаточное ( $p = 0,02$ ), так и оптимальное количество пищи ( $p = 0,0002$ ). Эффект сохранялся у их потомства поколения F1 ( $p = 0,03$  для группы III,  $p = 0,02$  для группы IV). Поскольку исследуемое НИ РЧ вызывает снижение плодовитости, но не влияет на рост и выживаемость рачков, можно предположить, что основному воздействию подвергаются половые клетки, закладывающиеся в ювенильный период [3, 4].

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-48-400010.*

### ***Литература***

1 Vijayalaxmi Y., Prihoda T. Comprehensive Review of Quality of Publications and Meta-analysis of Genetic Damage in Mammalian Cells Exposed to Non-Ionizing Radiofrequency Fields // Radiation Research. – 2019. – V. 191 – N 1. – P. 20 – 30.

2 OECD, 2012. Guideline for the Testing of Chemicals No 211. *Daphnia magna* Reproduction Test. Organization for Economic Cooperation and development / Paris, 2012. – p. 202.

3 Guinee M., Gardner A., Howard A., West S., Little T. The causes and consequences of variation in offspring size: a case study using *Daphnia* // Journal of evolutionary biology. – 2007. – V. 20. – N 2. – P. 577– 587.

4 Устенко К.В., Ускалова Д.В., Сарапульцева Е.И. Отдаленные биологические эффекты низкоинтенсивного радиочастотного облучения *Daphnia magna* в разные периоды онтогенеза. // Биомедицинская радиоэлектроника – 2017.– №4. – С. 34–41.

## СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОАККУМУЛЯЦИИ ФАГОВ ДВУСТВОРЧАТЫМИ МОЛЛЮСКАМИ UNIO PICTORUM

А.Н. Карманова<sup>1,2</sup>, А.А. Зимин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.  
Скрябина РАН – обособленное подразделение ФИЦ  
«Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»,  
г. Пушкино, Россия

<sup>2</sup> – Вятский государственный университет, г. Киров, Россия

В качестве модельного организма для изучения биоаккумуляции фагов двустворчатыми моллюсками был выбран вид перловиц *Unio pictorum*, распространенного в реках умеренной полосы России [1]. Моллюски разного размера были найдены на берегу р. Ока в районе г. Пушкино. Их отобрали вместе с водой из их природного местообитания и перенесли в лабораторию, где их поместили в специальный аквариум. Приступили к созданию модели (рис 1).

Необходимо было обеспечить условия для нормальной жизнедеятельности моллюска. Воду, взятую из местообитания перловицы, налили в объеме 200 мл в химический стакан. Аэрацию и перемешивание осуществляется подачей воздуха из электрического мембранного компрессора. Следующий этап – проверка биоаккумуляции фага T4 (wt) выбранным объектом. Спустя час после помещения моллюска в модельный аквариум, когда были замечены признаки начала фильтрации воды перловицей, были отобрана первая контрольная пробы воды в количестве 0,1 мл и протитрована по методу Грациа, чтобы определить изначальное количество фагов в водной среде [2]. Затем в аквариум был добавлен фаг T4 (wt) в конечной концентрации  $10^3$ , сразу после чего была отобрана вторая контрольная проба в таком же объеме и протитрована тем же методом. Аналогичные действия повторялись спустя 1 ч, 3 ч, 6 ч и 24 ч (табл.1).

В результате получили, что титр незначительно изменяется в течение суток, но выводы о том, что бактериофаг T4 (wt)

аккумулируется *Unio pictorum* делать пока рано. Созданная модель оказалась пригодной и может использоваться для следующих опытов.

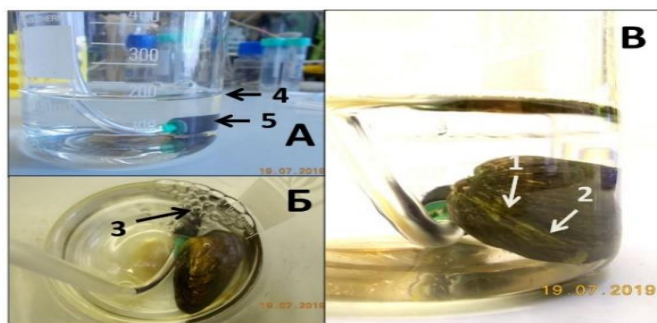


Рис 1. Химический стакан для эксперимента с перловицами.  
1 – 2 – открытые сифоны *Unio pictorum* 3 – свидетельство аэрации 4 – уровень воды в количестве 200 мл 5 – распылитель для подачи воздуха от компрессора Xilong Ap-003 (Xilong, КНР).

Таблица 1  
Количественный учет фагов Т4 в опыте биоаккумуляции

| Фаг     | Титр до добавления суспензии, БОЕ/мл | Титр после добавления суспензии, БОЕ/мл | Титр после 1 ч, БОЕ/мл | Титр после 3 ч, БОЕ/мл | Титр после 6 ч, БОЕ/мл | Титр после 24 ч, БОЕ/мл |
|---------|--------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| T4 (wt) | 0                                    | $2 \times 10^3$                         | $1 \times 10^3$        | $1,8 \times 10^3$      | $2 \times 10^3$        | $3 \times 10^3$         |

### Литература

1 Лазарева В.И., Копылов А.И. Велигеры Дрейссенид (*Bivalvia*, *Dreissenidae*) в трофической сети планктона рыбинского водохранилища / Лазарева В.И, Копылов А.И. // Поволжский экологический журнал. – 2015. – №1. – С. 42-54.

2 Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / Под ред. М.О.Биргера. – М.: Медицина, 1982.

## **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЩЕЛИ КВАШИНА ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ» ПО АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ**

*С.А. Королько, Т.Д. Харитонова*

*Южный федеральный университет, Академия биологии и  
биотехнологии, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Государственный природный заповедник «Утриш» был учрежден в 2010 г. для сохранения и изучения уникальных природных комплексов сухих субтропиков Черноморского побережья Кавказа. Заповедник занимает площадь в 9848 га, однако почвы исследованы далеко не в полной мере и нуждаются в интенсивном изучении. В почвенном покрове ГПЗ «Утриш» доминируют разные подтипы коричневых почв [1].

Уровень ферментативной активности почв определяется активностью различных экзоферментов (инвертазы, дегидрогеназ, каталазы), выражаемой количеством разложенного субстрата за единицу времени на 1 г почвы. Исследуемым ферментом в настоящей работе является каталаза из класса оксидоруктаз, катализирующая разложение перекиси водорода. Данный фермент чувствителен на воздействие многих факторов и может быть применим для диагностики антропогенного влияния [3]. Каталазная активность была определена газометрическим методом А.Ш. Галстяна [2] в 2019 г. Наряду с ферментативной активностью в почвах заповедника «Утриш» проводили определения содержания органического вещества, карбонатов, легкорастворимых солей и реакция почвенной среды.

Активность каталазы в поверхностном горизонте почв варьирует от 6,1 до 18,4  $O_2$ /г/мин. Среднее значение показателя активности составило 11,0  $O_2$ /г/мин. Согласно шкалы сравнительной оценки биохимической активности почвы каталазная активность исследуемых коричневых почв заповедника высокая [4].

На основании проведенной работы можно сделать вывод о том, что почвы заповедных зон характеризуются высокими



значениями ферментативной активности. Самые низкие ферментативные показатели наблюдаются в образцах, отобранных на крутых склонах восточной экспозиции. Была выявлена зависимость ферментативной активности коричневых почв заповедника от гидротермических условий. Коэффициент корреляции активности каталазы от количества осадков составил 0,7. Изменения активности фермента связаны и с уровнем антропогенной нагрузки на данную почву. Выявлена корреляционная зависимость между активностью изученного фермента и содержанием органического вещества. Высокогумусные почвы обладают более высокой ферментативной активностью.

Полученные результаты можно использовать при дальнейших биодиагностике и мониторинге экологического состояния почв местности субтропического побережья Кавказа.

### *Литература*

1 Казеев К.Ш., Колесников С.И., Быхалова О.Н. Коричневые почвы заповедника «Утриш» / Биоразнообразие Государственного природного заповедника «Утриш». Т.1. 2012 – Анапа, 2013. - С. 154-163.

2 Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2012. – 380 с.

3 Даденко Е.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 385–393.

4 Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – №6. – С. 48-54.

## **МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС - ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БИОИНДИКАЦИЕЙ И БИОТЕСТИРОВАНИЕМ ДЕНДРОФОРМ**

*М.А. Косовская<sup>1</sup>, Н.В. Лямина<sup>2</sup>, А.Л. Катвалюк<sup>3</sup>, Р.Г. Ильязов<sup>4</sup>*

*<sup>1,2</sup> - ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный  
университет», г. Севастополь, Россия*

*<sup>3</sup> - Центр прецедентных инноваций г.Севастополя, г.  
Севастополь, Россия*

*<sup>4</sup> - АНРТ Научно-производственный центр «Липосомальные  
технологии», г. Казань, Россия*

Для проведения анализа состояния атмосферного воздуха используются различные мониторинговые методы оценки уровня загрязнений. Чаще всего применяются газоанализаторы и различные химические способы определения аэрозольных загрязнений. Такие методы являются дорогостоящими, а их использование и проведение занимает значительное время. Методы биоиндикации и биотестирования значительно удешевляют и ускоряют процесс контроля [1].

Разработанная методика экспресс-оценки состояния атмосферного воздуха включает несколько этапов анализа исследуемых объектов, проводимых в зависимости от поставленных целей исследования.

На первом этапе оценивается жизненное состояние выбранных древесных форм. Оценка визуальная – по степени повреждения ассимиляционного аппарата и крон растений, учитываются биоморфологические признаки, проводится связь с геоэкологической оценкой растительного биоразнообразия. При таком анализе маркером загрязнения выступает морфофизиологическое состояние древесных насаждений. Предложена система баллов: 5 баллов (наивысший) присваивается наиболее здоровому дереву, 1- дереву с высокой степенью повреждения. Оценка биоразнообразия исследуемой территории производится по методу Шеннона, с использованием данного параметра в качестве маркера, поправочных коэффициентов, учитывающих степень

антропогенной нагруженности территории. На втором этапе, проводится количественная оценка изменения состояния дендроформ. Маркеры – степень повреждения листовой пластины, и флуктуирующая асимметрия тест-объектов, что позволяет применить методы аккумулирующей биоиндикации при оценке состояния окружающей среды. Третий этап включает биохимический анализ дендроформ. В качестве критериев-маркеров используются показатели активности таких антиоксидантных ферментов как каталаза, пероксидаза и полифенолоксидаза, а также анализируется содержание аскорбиновой кислоты, определяется содержания пероксидных групп. Четвертый этап – анализ на содержание различных химических веществ в листовой пластине тест-объектов, включая оценку содержания хлорофилла, серы и пыли, что позволяет более полно оценить содержание экскالاتов в атмосферном воздухе исследуемых районов. На каждом из четырех этапов по результатам исследования дендроформ начисляются баллы. Превышение/уменьшение суммарного балла нормируется на основе многолетних исследований и комплексных показателей полных измерений и расчетов.

Для апробации методики объектами исследования были выбраны наиболее антропогенно нагруженные ЗНОПы (зеленые насаждения общего пользования) – скверы г. Севастополя, расположенные в разных административных районах города. Исследования показали, что комбинированная стратификационная методика оценки взаимосвязей уровней загрязнения дендроформами наиболее эффективна.

### *Литература*

1 Мелехова О.П. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / уч. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Биология" и биологическим специальностям / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. Москва, 2010.

# **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ХВОИ ПРИ НАРУШЕНИИ АПИКАЛЬНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ У ЯПОНСКОЙ КРАСНОЙ СОСНЫ В РАЙОНЕ АВАРИИ ФУКУСИМСКОЙ АЭС**

*Е.С. Макаренко, М.А. Лыченкова, С.А. Гераськин  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Изучение влияния хронического действия ионизирующего излучения на природные популяции растений по настоящее время не утрачивают актуальность, в том числе в районе аварии на Фукусимской АЭС. Сосна красная японская (*Pinus densiflora*) имеет широкий ареал произрастания в Японии, радиочувствительна ( $LD_{50}$  6 Гр) [1]. Сосна внесена в список референтных растений, рекомендованных Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ) для оценки радиационного воздействия на окружающую среду [2].

Исследование проводили на 4 импактных и 1 контрольном участке на территории префектуры Фукусима. Мощность амбиентного эквивалента дозы на высоте 1 м составила на контрольном участке F – 0.25 мкЗв/ч, а на радиоактивно загрязнённых участках A, T, S, O – 3.4, 3.5, 3.7, 6.4 мкЗв/ч, соответственно. Пробы брали в 2019 г. с 11, 9, 7, 11 и 11 деревьев, соответственно. Средний возраст деревьев на участках 5-10 лет. На участках выделяли деревья: нормальные, аномальные (с нарушением апикального доминирования) и восстановленные.

С каждого дерева собирали по 30-60 пар двухлетних хвоинок. Оценивали длину и массу хвои, индексы флуктуирующей асимметрии (ФА), частоту морфозов, количество некротических образований. Индекс ФА хвои по длине и массе хвоинок рассчитывали по формулам [3]. Классификацию некротических повреждений проводили по стандартной методике [4].

Данные были проверены на наличие выбросов. Для определения значимости различий между средними значениями использовали *U*-тест Манна-Уитни в программе Statistica 8.0.

В настоящей работе значимое увеличение длины хвои относительно контрольного участка обнаружено только на одном участке. На контрольном участке *F* длина хвои нормальных деревьев значимо выше ( $p=0.03$ ), чем у восстановленных.

Обнаружено значимое увеличение от контрольного уровня массы хвои на большинстве участков.

На площадке О с максимальным уровнем радиоактивного загрязнения индекс ФА по длине значимо превышает контрольный уровень ( $p < 0.01$ ). Среди нормальных и восстановленных деревьев на участке О значимость сохраняется на уровне тенденции. Индекс флуктуирующей асимметрии по массе хвои не отличается значимо от контрольного участка.

Выявлено увеличение частоты сильно повреждённых некрозом хвоинок на участках Т, S и О относительно контроля.

В нашей работе были обнаружены 3-х хвойные брахибласты, частота которых изменяется на импактных участках в пределах от 0.16 до 1.08%, тогда как на референтном участке она составляет 0.17%. Число брахибласт с 3-мя хвоинками среди нормальных деревьев составило 2, аномальных – 5, восстановленных – 3. Таким образом, в районе аварии на АЭС Фукусима у красной японской сосны выявлен ряд морфологических изменений.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 119-54-50003.*

### ***Литература***

1 Sparrow A.H., Schwemmer S.S., Bottino P.J. The effects of external gamma radiation from radioactive fallout on plants with special reference to crop production // *Radiation Botany*. – 1971. – V. 11. – P. 85-118.

2 ICRP Publication 108. Environmental protection: the concept and use of reference animals and plants. // *Annals of the ICRP*. – 2008. – V. 38. – P. 1–242.

3 Kozlov M.V., Niemela P., Junttila J. Needle fluctuating asymmetry is a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*) // Ecological Indicators. – 2002. – V. 1. – P. 271-277.

4 Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / Под ред. Т.Я. Ашихминой (и др.). – М.: Издательство «Академический проект», 2005. – 416 с.

## **ГОРМОН–ИНДУЦИРОВАННАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ АФК МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ**

*Ю.В. Минкина<sup>1</sup>, А.С. Воронков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>- Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup>- Институт Физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН,  
г. Москва, Россия*

Принимая во внимание установленные факты, что в трансдукцию гормональных сигналов в растительных клетках способны включаться активные формы кислорода (АФК), была протестирована возможность участия их в передаче гормональных сигналов, приводящих к гиперполяризации ПМ прорастающего мужского гаметофита петунии.

Известно, что АФК локализованы в апикальной части ПТ и установлено, что они генерируются НАДФН-оксидазой ПМ [1]. Обнаружено накопление  $\text{H}_2\text{O}_2$  в папиллах рыльца и окиси азота (NO) в пыльце, что привело к предположению о сигнальной роли АФК/NO во взаимодействиях ПЗ с клетками рыльца [2].

Мы протестировали возможность участия АФК в передаче гормональных сигналов, приводящих к гиперполяризации ПМ прорастающего мужского гаметофита петунии. Было установлено, что гиперполяризующий эффект ИУК чувствителен к дифенилен иодониуму (ДФИ), ингибитору НАДФН-оксидазы, способной к генерации АФК, и полностью подавлялся этим ингибитором [3]. Выяснилось, что наблюдаемый эффект обоих гормонов может быть имитирован

добавлением к суспензии ПЗ перекиси водорода в миллимолярной концентрации, причем выявленное действие  $\text{H}_2\text{O}_2$  подавлялось в присутствии ортованадата, а также ДФИ и  $\text{Ca}^{2+}$ -активных агентов – ЭГТА и верапамила в тех же концентрациях, что блокировали гормон-индуцированную гиперполяризацию мембран ПЗ.

Полученные факты дали основание полагать, что наряду с кальцием в трансдукции гормональных сигналов, приводящих к стимуляции электрогенной активности  $\text{H}^+$ -АТФазы на ПМ прорастающего мужского гаметофита петунии, включаются и АФК. Максимум образования АФК наблюдали после 1 ч культивирования ПЗ, при дальнейшем культивировании ПЗ их уровень снижался. Полученные результаты полагают, что процесс гидратации ПЗ и инициации прорастания ПТ включает образование АФК.

Установлено, что эффекты ИУК и АБК на динамику образования АФК зависят от концентрации и времени действия гормона, а также от стадии прорастания мужского гаметофита. Оба гормона стимулировали продукцию АФК в ПЗ, культивируемых в течение 30 мин, причем более быстрая стимуляция этого процесса наблюдалась в присутствии АБК и сохранялась в течение 20 мин. В то же время ИУК-индуцируемая генерация активного кислорода обнаруживалась не сразу, а только в течение последних 10 минут его действия. Следовательно, процесс прорастания мужского гаметофита петунии сопровождается образованием АФК, с максимумом на стадии гидратации и инициации прорастания ПЗ.

### *Литература*

1 Potocký M., Jones M.A., Bezvoda R. et al. Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase are involved in pollen tube growth // *New Phytol.* – 2007. – V. 174. – P. 742-751.

2 Bright J., Hiscock S. J., James P.E. et al. Pollen generates nitric oxide and nitrite: a possible link to pollen-induced allergic responses // *Plant Physiol. Biochem.* – 2009. – V. 47. – P. 49-55.

3 Воронков А.С., Андреев И.М., Тимофеева Г.В. и др. Стимуляция электрогенной активности  $\text{H}^+$ -АТФазы

плазмалеммы мужского гаметофита петунии экзогенным ауксином: медиаторная роль кальция и активных форм кислорода // Физиология растений. – 2010. – Т. 57. – С. 425-432.

## **МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ПОСТУПЛЕНИИ С РАЦИОНОМ**

*Э.Б. Мирзоев*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Методология оценки воздействия свинца при хроническом поступлении с рационом в организм сельскохозяйственных животных основана на закономерностях его метаболизма и механизма действия [1]. При оценке воздействия свинца на продуктивных животных в условиях загрязнения сельскохозяйственных угодий изучают экологическую и эпизоотическую ситуацию, а также состояние их здоровья на разных уровнях биологической организации: клетка, орган, организм, популяция.

По результатам экологических и эпизоотических исследований определяют действующие и сопутствующие факторы, масштабы загрязнения (локальный, региональный, глобальный), уровни загрязнения почвы, питьевой воды и кормов для животных, продолжительность поступления свинца с рационом. Однако, эти данные не в полной мере учитывают особенности всасывания свинца из желудочно-кишечного тракта животных и формирования действующей концентрации в организме.

При воздействии свинца на сельскохозяйственных животных к биомаркерам (БМ) “экспозиции” можно отнести суточное поступление металла с рационом (корм + вода) и концентрацию металла в молоке, периферической крови, моче, шерсти и фекалиях. При этом содержание свинца в молоке, моче, шерсти и фекалиях характеризует процесс выведения металла из организма и составляет определенный процент от количества металла в периферической крови. Поэтому наиболее приоритетным БМ “экспозиции” считают



концентрацию свинца в периферической крови, которая характеризует токсическое действие на организм, в целом [2].

Хронический характер воздействия и невысокий уровень экспозиции свинца не вызывают специфических изменений в организме, поэтому важным источником информации является оценка физиологического состояния животных. На уровне популяции воздействие свинца оценивают по характеристике стада, показателю заболеваемости и продуктивности. На уровне целостного организма – по неспецифической резистентности организма, клиническим и биохимическим показателям. Об изменении гомеостаза на уровне органов и тканей свидетельствуют нарушения репродуктивной системы, кроветворения и иммунитета, функциональной и синтетической активности детоксикационной (печень) и выделительной (почки) систем. Как правило, до появления физиологических и популяционных отклонений от нормы отмечаются изменения на молекулярно-клеточном уровне. Необходимо подчеркнуть, что при концентрации свинца в периферической крови от 6 до 35 мкг/дл регистрируют развитие окислительного стресса, изменение микро- и макроэлементного состава крови, нарушение течения беременности и бесплодие животных.

К числу БМ “эффекта” свинца относят активность  $\delta$ -АЛАД в периферической крови, содержание SH-групп и металлопротеинов (МТ) в органах и тканях. Сравнительный анализ БМ “эффекта” свинца по критериям специфичности, чувствительности, информативности и трудоемкости позволяет выделить следующий ряд: активность  $\delta$ -АЛАД в периферической крови > содержание МТ в лимфоцитах периферической крови > содержание SH-групп в плазме периферической крови. Перечисленные выше БМ “эффекта” имеют обратимый характер, что несколько снижает их информативность.

Таким образом, представленная методология позволит более корректно оценить воздействие свинца на сельскохозяйственных животных в экологически неблагоприятных регионах.

### *Литература*

1 Мирзоев Э.Б., Кобылко В.О., Полякова И.В., Губина О.А. Метаболизм свинца в организме млекопитающих и механизмы

его цитотоксического действия // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – №6. – С. 1131-1141.

2 Мирзоев Э.Б. Биомаркеры воздействия свинца при его хроническом поступлении с рационом в организм овец // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2018. – №2 (26). – С. 89-93.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕСТ-ОБЪЕКТ СЕМЕНА ГОРЧИЦЫ САРЕПСКОЙ**

*Т.А. Мусихина, К.А. Черепанова, С.С. Недорезов,*

*Э.А. Иммамалиев*

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,*

*г. Киров, Россия*

Различными накопителями промышленных отходов в России заняты огромные территории. Так, например, только под хранение золы и шлака от ТЭС отчуждено более 28 тыс. га земельных участков, а объемы накопления их на золоотвалах превышают 1,5 млрд. тонн. [1]

В Кировской области объекты крупнотоннажных отходов занимают около 315 га, образуя в зоне своего влияния техногенные и природно-техногенные системы. [2] Большинство из них построено без надлежащей изоляции и оказывают негативное воздействие на природные компоненты. Складируемые открытым способом отходы загрязняют окружающую среду пылевидными частицами, загрязняющими веществами, фильтрующимися в грунтовые воды.

Актуальной задачей является ликвидация отвалов путем переработки накопленных отходов в полезные материалы, пригодные для применения в различных отраслях производства. В этом направлении на кафедре промышленной и прикладной экологии Вятского государственного университета проводятся исследования возможности использования лигнина;

золошлаковых отходов ТЭЦ и металлургического производства; отходов производств фтористого водорода и хлорида кальция; гальваношламов; ила биологических очистных сооружений.

Кроме того, проводятся биологические и цитогенетические исследования влияния этих отходов на биоту. В рамках работ по исследованию промышленных отходов для их утилизации выполнено биотестирование водной вытяжки (100 г/л, 10 г/л, 1 г/л) крупнотоннажных отходов Кировской области – зола золоотвала ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4, лигнин и зола биохимзавода (БХЗ), зола и пыль Омутнинского металлургического завода (ОМЗ), отходы производств фтористого водорода и хлорида кальция. В качестве тест-объекта использовались семена горчицы сарептской (*Brassica juncea*). Контроль проводился с использованием дистиллированной воды. Продолжительность испытания – 72 ч.

Таблица 1

Изучение всхожести семян горчицы сарептской (*Brassica juncea*) при обработке водной вытяжкой крупнотоннажных отходов

| Вид отхода                                                | Всхожесть при обработке водной вытяжкой, % |        |       |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|-------|
|                                                           | 100 г/л                                    | 10 г/л | 1 г/л |
| Зола золоотвала ТЭЦ-4                                     | 96,4                                       | 100    | 100   |
| Зола золоотвала ТЭЦ-3                                     | 100                                        | 100    | 97    |
| Отходы производства фтористого водорода и хлорида кальция | 94,0                                       | 97,0   | 98    |
| Зола ОМЗ                                                  | 95                                         | 100    | 100   |
| Пыль ОМЗ                                                  | 0                                          | 94     | 96    |
| Зола ТЭЦ БХЗ                                              | 97                                         | 98     | 98    |
| Лигнин БХЗ                                                | 96                                         | 97     | 99    |

Результаты испытания (табл. 1) показали, что в контрольном тесте по всем отходам всхожесть составляла 100%. Семена тест-объекта не взошли при обработке вытяжкой 100 г/л из пыли ОМЗ, а при обработке вытяжкой 10 г/л всхожесть составила 94%. Воздействие остальными отходами показало статистически значимое снижение всхожести. Следует

отметить, что наименьшее значение определено при обработке отходами производств фтористого водорода и хлорида кальция, где всхожесть составила 94,0 % при обработке вытяжкой 100 г/л.

### *Литература*

1 Липатов Ю. Стратегические отходы // Общественно-политический журнал Российская Федерация сегодня. – 2012. – №11. – С. 42-43.

2 Региональный доклад [Электронный ресурс] О состоянии окружающей среды Кировской области в 2018 году. Региональный доклад, 2019. С. 130. Режим доступа: <https://www.kirovreg.ru/econom/ecology/Регдоклад%202018.pdf> (дата посещения 29.02.2020)

## **АКТУАЛЬНОСТЬ МЕТОДОВ БИОИНДИКАЦИИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИЯХ С АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ**

*А.А. Наумова, А.Б. Стрельцов  
КГУ им. К. Э. Циолковского г. Калуга, Россия*

Главной задачей для обеспечения благополучия и здоровья человека в экологическом аспекте является обеспечение здоровья среды. Под «здоровьем среды», понимается ее состояние, необходимое для обеспечения здоровья человека и др. видов живых существ. [1]

**Загрязнение окружающей среды** – это процесс внесения в среду новых агентов, оказывающих негативное влияние. Оценка экологической обстановки невозможна без использования методов биодиагностики качества окружающей среды. При биоиндикации состояние окружающей среды оценивается микроорганизмами.

**Биоиндикация** – это обнаружение антропогенных нагрузок по реакциям на них живых организмов и их сообществ. Она может осуществляться на всех уровнях организации живого.

Использование в качестве индикаторов растений называется **фитоиндикацией**. Растения-биоиндикаторы проявляют чувствительность к различным антропогенным воздействиям. При изучении биоиндикации исследуют следующие морфологические изменения растений: изменение окраски листьев, хлороз, пожелтение и покраснение различных участков листьев. В настоящее время биоиндикационным методом, основанным на изменении морфологии растений, построен ряд картосхем антропогенных влияний.

Одним из примеров территорий с антропогенной нагрузкой может служить Калужская область, т.к. основным источником загрязнения воздуха в ней являются промышленные предприятия и автотранспорт. Они являются основными источниками загрязнения воздуха, например, диоксид азота. На территории Калужской области, насчитывается более 1280 различных видов растений, некоторые из них являются индикаторами загрязненности окружающей среды.

Хвойные виды растений сильно страдают от сернистого газа. Чувствительность к нему у этих видов убывает в такой последовательности: ель, пихта, сосна, лиственница. Продолжительность жизни хвои сосны в зонах сильного загрязнения сернистым газом составляет 1 год, а в норме – 3-4 года. Путем учета продолжительности жизни хвои можно определить степень поражения хвойных насаждений сернистым газом.

Из лиственных древесных растений одним из биоиндикаторов является береза. По мере накопления токсических веществ, при формировании листовой пластинки, происходит торможение ростовых процессов и деформация листа. У березы повислой как биоиндикационный параметр изучают флуктуирующую асимметрию. С помощью нее можно выявить изменения состояния организма при разных видах загрязнения. [2]

О загрязнении окружающей среды можно судить по развитию культурных растений. Так под влиянием смога резко снижается урожайность: у бобовых – на 25%, а у помидоров – на 33%. От загрязнения на листьях появляется некроз, хлороз,

ожоги. Цветы являются хорошими фитоиндикаторами. Так гладиолусы быстро реагируют на содержание сернистого газа в окружающей среде. Если наблюдается отмирание верхней части листьев гладиолусов. [3, 4]

Проведя теоретический анализ можно сделать вывод, что в настоящее время методы биоиндикации являются наиболее эффективными при определении качества окружающей среды на территориях с различной антропогенной нагрузкой. Биоиндикация растений позволяет повысить точность прогнозов изменений в окружающей среде, вызванных деятельностью человека.

### *Литература*

1 Стрельцов А.Б., Константинов Е.Л., и др. Здоровье среды. Региональное уч. метод. Пособие. – Калуга: Издательство КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2006. – 240 с.

2 Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. – 300 с.

3 Кондакова Г.В. Биоиндикация. Микробиологические показатели: учеб. Пособие. – Ярослав. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – 136 с.

4. Миркин Б.М. Современная наука о растительности. – М.: Логос, 2001 – 262 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Т. А. Наумова, А. Б. Стрельцов*  
*КГУ им. К.Э. Циолковского, г. Калуга, Россия*

Территории, на которых проживает население, имеют различный уровень антропогенного загрязнения. Для безопасного проживания и дальнейшего устойчивого развития человечества необходимо изучение территорий и формирование банка данных о процессах и элементах природной среды, оценка

и прогнозирование динамики явлений и процессов, происходящих в окружающем мире. Для реализации рационального управления окружающей средой с учётом научно-обоснованных рекомендаций необходимо создание экологических информационных систем.

Работу с большим количеством информации, которую продолжает получать человечество должно облегчить использование новых информационных технологий, в частности использование географических информационных систем (ГИС). ГИС – это информационная система, осуществляющая сбор, хранение, обработку и отображение пространственно-распределённой информации [3].

Основываясь на необходимости создания региональных ГИС на территории РФ, в Калужской области реализуется областная целевая программа «Создание географической информационной системы Калужской области» для оценки экономического развития области и использования природных ресурсов.

Применение ГИС-технологий обеспечивает системный подход к анализу уровня антропогенной нагрузки данной территории, помогает провести мониторинг состояния окружающей среды, дать прогноз и оценку [1].

Преимущества организации и хранения информации в ГИС – возможность представления информации на электронной карте, при этом пользователь работает одновременно с картографической информацией и с базой данных.

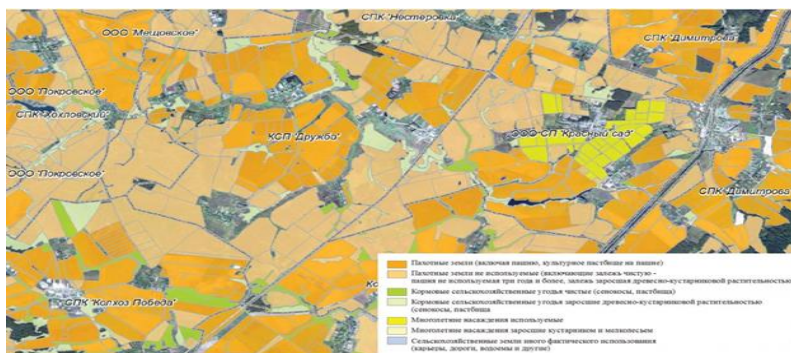


Рис 1. Карта использования с/х угодий

Наиболее рациональным методом хранения и обработки данных мониторинга природных территориальных систем считается метод геоинформационного картографирования. Этот метод позволяет оптимизировать хранение и обработку информации, используя специальное программное обеспечение.

На рис. 1 показано состояние использования сельскохозяйственных земель Мещовского р-на Калужской области за 2019 г.

В заключение можно сказать, что ГИС – один из понятных способов отображения пространственных данных. ГИС предоставляет возможность анализа данных и получения результатов в наглядном для восприятия виде [2]. В настоящее время обновляются картографические материалы с применением аэрофотосъемки и ГИС-технологий.

### ***Литература***

1. Глебова Н. ГИС для управления городами и территориями. // ArcReview. – 2006. – № 3(38).

2. Кочеткова А.И., Филиппов О.В., Баранова М.С., Брызгалина Е.С. Применение ГИС-технологий в решении экологических проблем Волго-Ахтубинской поймы // Грани познания: электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ. – 2015. – № 4(38). – С. 80-87.

3. Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1998.

## **ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

*А.А. Силаева, О.И. Цыбульский, Т.Н. Новосёлова,*

*А.А. Протасов*

*Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина*

Эксплуатация энергетических станций нуждается в больших объемах воды для технологического цикла. Различные



технические гидроэкосистемы (техноэкосистемы) испытывают воздействие ряда техногенных факторов, которые определяют большую, по сравнению с природными, динамичность гидрологических, гидрофизических и гидрохимических режимов, что вызывает значительные изменения в экосистеме.

Дополнительный подогрев может стимулировать продукционные процессы: в водоёме-охладителе (ВО) Кураховской ТЭС в разные годы среднегодовое повышение температуры воды на 4 °С вызывало увеличение среднегодовой биомассы на 50–72% в подогреваемой части, что в свою очередь привело к усилению эвтрофирования и смещению типа трофности от эвтрофных к эвполитрофным водам.

Нестабильный уровень воды, связанный с отсутствием дополнительной подкачки воды, может приводить к перестройке экосистемы ВО, в частности литоральных участков, элиминации значительного количества гидробионтов. Последующее поднятие уровня воды вызывает вторичное загрязнение (Чернобыльская, Хмельницкая АЭС).

Чаще всего в техноэкосистемах в фитопланктоне наблюдается массовое развитие цианобактерий. Однако отмечены случаи вспышек развития водорослей других отделов. Так в ВО Хмельницкой АЭС локально наблюдалась вспышка *Cryptomonas ovata* (до 1108,42 мг/дм<sup>3</sup>).

В техноэкосистемах постоянно происходит вселение инвазивных видов гидробионтов, некоторые из них натурализуются, другие встречаются непродолжительное время. За более чем 20 лет исследований в ВО Хмельницкой АЭС отмечено 19 видов-вселенцев водорослей, беспозвоночных, высших водных растений. Например, в этом, а также в ВО Зуевской ГРЭС и Запорожской АЭС в разное время был зарегистрирован *Cylindrospermopsis raciborskii* (цианобактерии), который вызывал «гиперцветение». В ВО Зуевской ГРЭС были зарегистрированы *Sphaerospermum aphanizomenoides* и *Cuspidothrix ussatchevii*. В ВО Запорожской и Южно-Украинской АЭС много лет обитают брюхоногие моллюски *Melanoides tuberculata* и *Tarebia granifera*, значительное

развитие которых приводит к биопомехам в системах технического водоснабжения.

Существенные изменения в техноэкосистеме Хмельницкой АЭС вызвало вселение и вспышка развития двустворчатых моллюсков *Dreissena polymorpha*: увеличилась прозрачность воды, первичная продукция, показатели обилия беспозвоночных в контурной подсистеме (бентос и перифитон). На начальных этапах это привело к серьезным биопомехам в работе систем водоснабжения.

Гиперпродукция высших водных растений приводит к снижению охлаждающей способности ВО (что более актуально для небольших мелководных ВО), а при сезонном отмирании – к ухудшению качества воды вследствие выделения органических веществ, фенолов.

Определенной проблемой является эксплуатация водоемов, качество воды в которых должно соответствовать нормативным требованиям. В случае несоответствия им, требуется дополнительная водоподготовка, что увеличивает затраты и может негативно влиять на окружающую среду. А улучшение качества воды в таком водоеме возможно при проведении комплекса, также затратных биомелиорационных мероприятий: прямого изъятия иловых отложений, гиперпродукции гидробионтов, усиления гидродинамических процессов, улучшения кислородного режима и др.

Таким образом, водная техноэкосистема, как очень динамичная сложная система взаимодействий технических и природных элементов требует постоянного контроля, мониторинга и, в случае необходимости, проведения компенсационных мероприятий, направленных на снижение негативного влияния на окружающую среду и стабильного функционирования энергетических объектов.

## БИОДИАГНОСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ЮФУ

*А.С. Собина*

*Южный федеральный университет, Академия биологии и  
биотехнологии им. Д.И. Ивановского, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Уникальная коллекция хвойных пород, состоящая из лиственницы, сосны белой, ели и можжевельника кавказского, преобразовывала почвенную экосистему в дендрарии Ботанического сада в течение десятков лет. Оценка этого воздействия проведена в сравнении с участками агроценоза (пашня) и молодой залежи с травянисто-злаковой растительностью. Впервые проведены комплексные исследования физических и биохимических показателей черноземов обыкновенных под нетипичной для Ростовской области таёжной растительностью. Определены наиболее информативные показатели биологической активности почв. Полевые исследования и отбор почвенных образцов проводили в октябре 2019 г. Лабораторные исследования проводились в октябре – январе 2019-2020 г.г.

Среди биологических индикаторов были ферменты из класса оксидоредуктаз (каталаза, дегидрогеназы), гидролаз (инвертаза, уреазы), содержание общего углерода гумуса, определение реакции почвенной среды (рН водной и солевой вытяжек), агрегатного состава почв, водопрочности агрегатов, степени обогащённости бактериями рода *Azotobacter*, фитотоксичности почв на исследуемых участках. Больше внимание уделили определению ферментативной активности почв. Её применению в качестве диагностического показателя способствует низкая ошибка опыта и устойчивость ферментов к хранению образцов [1].

Статистическая обработка данных выполнена с использованием корреляционного и дисперсионного анализов. При обсуждении результатов учитывали статистически достоверные различия при  $p < 0.05$ .

В результате проведенных исследований с помощью методов биодиагностики выявлено различное состояние исследуемых участков Ботанического сада Южного федерального университета, зависящее от произрастающей растительности и характера землепользования.

1. Агрогенное воздействие на пахотном участке значительно подавляет биологические процессы в почве.

2. В черноземе под хвойными деревьями происходит повышение активности ферментов и накопление гумуса, способствующее закреплению углерода в почве.

3. Наибольшая биологическая активность зафиксирована на участке с лиственницей, следовательно, почвы этого участка можно использовать в хозяйственных нуждах, т.к. средняя всхожесть семян не ухудшается.

4. В ходе проведённых исследований не было выявлено предпосылок для деградации почвенного плодородия под нетипичными для данной зоны посадками хвойных деревьев.

По результатам проведённых исследований, нетипичные фитоценозы не оказывают угнетающего действия на почвенное плодородие. Наоборот, почвы под лиственницей по многим характеристикам биологической активности, выигрывают у пашни и залежи. Вопрос влияния нетипичных фитоценозов на чернозёмную почву требует дальнейшего изучения.

### *Литература*

1 Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю. В., Даденко Е. В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016.

2 Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – №6.

3 Собина А., Мясникова М.А., Казеев К.Ш. Диагностика экологического состояния черноземов ботанического сада Южного федерального университета под разными фитоценозами // Актуальные вопросы экологии и природопользования. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРА БИОТЕСТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

М.Н. Тарадайко<sup>1,2,3</sup>, Е.Н.Бакаева<sup>1,2,3</sup>, Н.А.Игнатова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Институт водных проблем РАН, Гидрохимический отдел,  
г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup> – Гидрохимический институт Росгидромета,  
г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup> – Институт наук о Земле Южного федерального  
университета, г. Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время одной из наиболее актуальных экологических проблем является токсическое загрязнение поверхностных вод. Использование гидробионтов в биотестировании позволяет оценивать токсичность поверхностных вод как среду их обитания. Использование высших растений в биотестировании позволяет оценить пригодность поверхностных вод для орошения сельхозугодий.

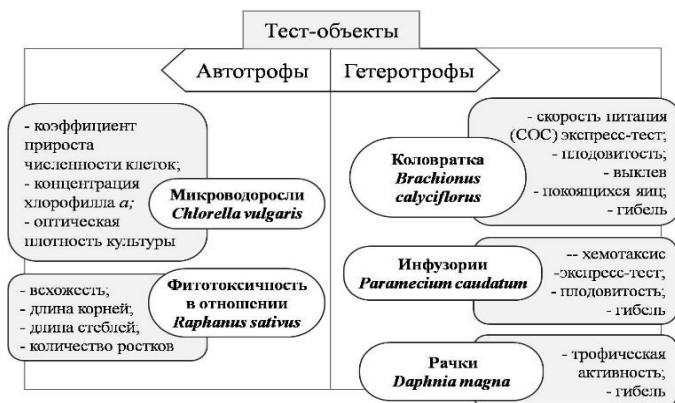


Рис. 1. Тест-объекты и тест-показатели, используемые в наборе биотестов

Регистрация тест-реакций одного тест-объекта, характеризующихся различной чувствительностью к одному и тому же воздействию, позволяет получить объективную оценку токсического загрязнения. В результате биотестирования проб воды на основе учёта отклика тест-объекта токсичность пробы

оценивают по критериям, установленным для каждого биотеста [1-4] (рис. 1). Итоговая оценка токсичности проб воды по набору биотестов основана на принципе, принятом в водной токсикологии: при выявлении с помощью одного из использованных биотестов токсического действия всю пробу считают токсичной [5]. Словесно выражают: проба «оказывает или не оказывает острое (или подострое, или хроническое) токсическое действие».

### *Литература*

1 Р 52.24.690-2006 Оценка токсического загрязнения вод водотоков и водоемов различной солености и зон смешения речных и морских вод методами биотестирования. – Ростов-на-Дону, 2006. – 36 с.

2 РД 52.24.741-2010 Оценка токсичности поверхностных вод в условиях чрезвычайных ситуаций методом экспрессного биотестирования /Сборник рекомендаций под ред. член-корр. РАН А.М. Никанорова. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2011. – С. 67-90.

3 Р 52.24.662-2004 Оценка токсического загрязнения природных вод и донных отложений пресноводных экосистем методом биотестирования с использованием коловраток. – СПб.: Гидрометеиздат, 2006. – 56 с.

4 Р 52.24.808–2014 Оценка токсичности поверхностных вод суши методом биотестирования с использованием хлорофилла *a*. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2014 – 28 с.

5 Бакаева Е.Н., Игнатова Н.А. Методологические аспекты оценки качества вод на основе комплекса биологических методов // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения. - Новочеркасск: Лик, 2017. – С. 293-298.

## **БИОМОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ СРЕДЫ ВКГПБЗ МЕТОДИКОЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *BETULA PENDULA* ROTH**

*Р.Р. Хуснуллин, Э.И. Кусюкбаева, Е.А. Минакова  
Казанский Федеральный Университет, г. Казань, Россия*

Работа посвящена биоиндикационному исследованию буферной зоны Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Для оценки стрессовой нагрузки на окружающую среду была использована методика флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula*). Методика разработана под руководством члена-корреспондента РАН, д.б.н. В.М. Захарова в Институте биологии развития РАН им. Н.К. Кольцова. Флуктуирующую асимметрию (ФА) рассматривают как один из показателей качества среды или показатель устойчивости развития [1]. Оценку устойчивости развития дают по степени морфологической целостности. Изменения морфологической целостности биообъекта происходят под воздействием стресса как результат стрессово-защитной онтогенетической стратегии живого организма.

В качестве объекта исследования был выбран широко распространенный вид – береза повислая. Сбор осуществлялся в августе 2019 г. на буферной территории ВКГПБЗ – Раифский участок вблизи автодорог регионального и местного уровня.

Данная работа является продолжением биомониторинговых исследований ВКГПБЗ [2-4].

По результатам исследования коэффициент ФА варьирует в диапазоне 0,053-0,064 (табл. 1). Для оценки качества среды была использована балльная шкала, разработанная Захаровым В.М. и коллегами [1].

Наиболее высокие показатели коэффициента соответствуют площадкам, расположенным рядом с федеральной трассой А-295, что апостериори позволяет делать вывод о негативном воздействии автотранспорта. В ходе работы была дана интегральная оценка здоровью среды буферной зоны ВКГПБЗ, которую

можно определить, как критическое состояние качества среды Раифской территории ВКГПБЗ.

Таблица 2

Величина коэффициента ФА на участках ВКГПБЗ

| № | Точки сбора                       | ФА    | Балл | Качество среды                                        |
|---|-----------------------------------|-------|------|-------------------------------------------------------|
| 1 | Пос. Садовый<br>(Администрация)   | 0,057 | V    | Критическое состояние                                 |
| 2 | Пос. Дубровка (в<br>Зеленодольск) | 0,057 | V    | Критическое состояние                                 |
| 3 | Пос. Дубровка<br>(в Казань)       | 0,064 | V    | Критическое состояние                                 |
| 4 | Пос. Новопольский                 | 0,063 | V    | Критическое состояние                                 |
| 5 | Пос. Садовый                      | 0,055 | V    | Критическое состояние                                 |
| 6 | Пос. Урняк                        | 0,055 | V    | Критическое состояние                                 |
| 7 | Ул. Малиновая                     | 0,053 | IV   | Существенные<br>(значительные)<br>отклонения от нормы |

### *Литература*

1 Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

2 Минакова Е.А., Шлычков А.П., Шайхиев И.Г., Биктемирова Э.И. Оценка качества городской среды промышленного города с использованием методов фитомониторинга (на примере г. Нижнекамск) // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 16. – С. 283-287.

3 Минакова Е.А., Шлычков А.П., Никитина Е.В., Минлебаева Р.А. Оценка состояния воздушного бассейна урбосистемы г. Казань с применением методов биоиндикации // Научно-методический информационный журнал «Вестник НЦ БЖД» № 1 (19). – Казань: ГБУ Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2014. – С. 110-115.

4 Минакова Е.А., Хуснуллин Р.Р., Шарафутдинова И.Р. Скрининг качества окружающей среды раифского участка ВКГПБЗ // Научный ежегодник Центра анализа и прогнозирования. – 2017. – №. 1. – С. 261–265.



## **ДИАГНОСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТПИРОГЕННЫХ КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВАХ ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ»**

*В.В. Шабунина, В.В. Вилкова*

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Государственный заповедник «Утриш» – исключительная природная территория с ксерофитной средиземноморской растительностью, расположенная на Абраусском полуострове. Большинство почв юга России практически вовсе лишены целинных аналогов сравнения, поэтому экосистемы полуострова являются редкими и ценными объектами охраны [1]. Ранее было проведено исследование биологических свойств постпирогенных экосистем заповедника «Утриш» [2]. В настоящей работе нами было исследовано содержание гумуса на участках пожарища 2009 г. и на контрольном участке, представляющий собой территорию типичного можжевельового редколесья с характерной растительностью.

Присутствие органического вещества в почве придает ей уникальность свойств и режимов, обеспечивает многообразие выполняемых биогеоценологических функций [3]. Любое воздействие на почвенный покров может привести к изменению в количественном и качественном составе органического вещества [4].

По методу Тюрина в модификации Никита было выявлено, что содержание органического вещества в поверхностных горизонтах (0-10см) почв исследуемых участков соответствует высокому уровню обогащения. Установлено различие в уровне содержания органического вещества в почвах постпирогенного участка (9,4%) по сравнению с почвами контрольного участка леса (11,5%). Такое различие связано с прямым влиянием пожара, который уничтожил лесную подстилку, а также с косвенным влиянием, через изменение растительности и усиление эрозионных процессов на покатых склонах хребта, на котором находится исследуемая территория.

Таким образом, даже спустя 10 лет после пожара на исследуемой территории заповедника ощущается его негативное влияние на эколого-биологические свойства коричневых почв.

### *Литература*

1 Государственный природный заповедник «Утриш». Атлас. Научные труды. Т. 2. – Анапа, 2013. – 88 с.

2 Kazeev K.Sh., Poltoratskaya T.A., Yakimova A.S., Odobashyan M.Yu., Shkhapatsev A.K., Kolesnikov S.I. Post-fire changes in the biological properties Of the brown soils in the Utrish state nature reserve (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука – 2019. – V. 4 (Suppl.1). – P. 93–104.

3 Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 280 с.

4 Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – 356 с.

## **ОЦЕНКА СТРЕССА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА А**

*А.Н. Шмарев*

*Институт фундаментальных проблем биологии РАН,  
обособленное подразделение "ФИЦПНЦБИ РАН",  
г. Пущино, Россия*

Надежными источниками информации о состоянии растения являются фотосинтетический аппарат (ФА) и его реакция на действие стрессоров. О состоянии ФА можно судить по флуоресценции хлорофилла (Хл) *a*, которая позволяет исследовать эффективность фотохимических реакций, связанных с работой ФА, прежде всего фотосистемы 2 (ФС2) [1]. Различают быструю и медленную индукцию флуоресценции Хл, характерные точки которой обозначаются определенными

буквами. Начальные изменения вплоть до максимума (обозначаются буквами О-J-I-P) называют быстрой флуоресценцией, ее продолжительность обычно варьируется от нескольких сот миллисекунд до 1 секунды (рис. 1).

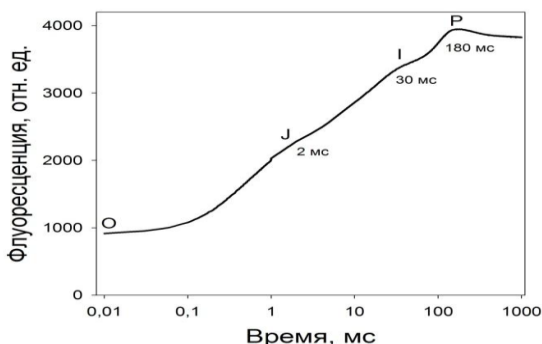


Рис. 1. Типичная кривая быстрой флуоресценции (О-J-I-P кривая)

На измерении быстрой флуоресценции основан ЛР-тест, который позволяет оценить максимальную квантовую эффективность фотохимии ФС2 ( $F_v/F_m$ ), эффективность переноса электрона на разных участках электрон-транспортной цепи и ряд других параметров [2].

Эксперименты проводились на 25-дн. растениях арабидопсиса дикого типа (ДТ), мутанты, дефицитные одновременно по фитохромам А и В (ДМ), выращенные на белом и красном свете с фотопериодом 12 ч. Растения облучали УФ-В (1 ч,  $1 \text{ Вт м}^{-2}$ ) или светом высокой интенсивности (белые светодиоды,  $1000 \text{ мкмоль квантов м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ). Величины  $F_v/F_m$  и тепловой диссипации поглощенной в ФС2 энергии ( $DI_0/RC$ ) оценивали с помощью ЛР-теста.

Обнаружено, что облучение УФ-В радиацией приводит к уменьшению функциональной активности ФС2 у ДТ и ДМ. При этом снижение  $F_v/F_m$  и повышение  $DI_0/RC$ , отражающих активность ФС2, при облучении УФ-В было больше у ДМ, чем у ДТ. При этом у растений ДМ, выращенных на красном свете, данные эффекты были сильнее, чем у ДМ, выращенного на белом свете. Также после 1,5 ч облучения растений сильным белым светом снижение квантового выхода  $F_v/F_m$  было больше

у ДМ, чем у ДТ, выращенных на белом свете. Таким образом, у растений с дефицитом фитохромов А и В устойчивость ФС2 к УФ-В и свету высокой интенсивности заметно ниже.

С помощью данного метода показано изменение устойчивости ФС2 растений ДТ и мутантов, дефицитных по фоторецепторам к стресс-факторам: УФ-В и свету высокой интенсивности.

Метод флуоресценции Хл *a* для исследования действия стрессовых факторов является довольно простым легко воспроизводимым неинвазивным методом, позволяющим достаточно точно оценить состояние ФА растений. Метод позволяет рассчитывать параметры, характеризующие активность ФА [3].

### *Литература*

1. Полякова И.Б. Медленная индукция флуоресценции листьев растений при разной фотосинтетической активности. Дисс. на соискание канд. физ.-мат. наук. – М.: МГУ, 2002. – 146 с.
2. Stirbet A., Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: basics and applications of the OJIP fluorescence transient // J. Photochem. Photobiol. B: Biol. – 2011. – V. 104(1-2). – P. 36-57.

## СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

### MODERN METHODS FOR PURIFYING PHENOL FROM WASTE WATER

*E.M.Gadirova*

*Baku State University, Baku, Azerbaijan*

For the first time, a N/TiO<sub>2</sub> composite was used to treat phenol from waste water. For this purpose, the weight of 3-methylaminocrotonate and TiO<sub>2</sub> is equal to 0.05 g and 10 ml of distilled water. Mixing of the nanoparticles in the distilled water to be known, complete mixing in the presence of X-rays was carried out. The N/TiO<sub>2</sub> composite was used as adsorbent in 2 mg / l phenol solution and also based on photochemical decomposition. A mixture of 20 ml of 2 mg / l phenol and 5 ml of N/TiO<sub>2</sub> mixture was subjected to photochemical dissolution within 1 hour. After photolysis, the UV radiation device showed the absorption dependence of the wavelength of the solution. Photolytic decomposition has been proven on the basis of the curves taken. Quantitative mass chromatography of the phenol before and after the procedure was examined by mass spectroscopy and decomposition of phenol was 42%. Fluorescence was performed on a UV radiation device and the wavelength absorption coefficient was determined by the Varian device. The sample quantitative analysis was performed in a highly effective Agilent 5975 massive detector equipped with gas chromatography, the results were analyzed using chromatographic clear solvents and water samples were extracted. The hydrogen indicator of the sample was reduced to pH <5 until extraction. The solvent was methylene chloride and dixomethane for extraction.

As a result, it should be noted that the current pollution of these ecosystems is the most urgent problem of environmental problems in order to protect the environment from polluted water to pure water basins. As a result, the world's fresh water reserves are decreasing [1,2]. From this point of view, it is important to find new ways to

220

maximize the amount of contaminated water and minimize the amount of toxic substances present there.

### ***References***

1 Gosling S.N., Arnell N.W. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. // *Clim. Change.* – 2016. – V. 134. – P. 371-385.

2 Loh C.H., Zhang Y., Goh S., Wang R., Fane A.G. Composite hollow fiber membranes with different poly (dimethylsiloxane) intrusions into substrate for phenol removal via extractive membrane bioreactor. // *J. Membr. Sci.* – 2016. – V. 500. – P. 236-244.

## **DETERMINATION OF PAH IN WASTE WATERS**

*S.R. Hacıyeva, E.M. Gadirova*

*Baku State University, Baku, Azerbaijan*

It is known that, PAH and its derivatives are major pollutants that contaminate the water pools. These compounds are discharged into the water basins so, affect their flora and fauna. After the catalytic cracking process of the Oil Refinery Plant in Azerbaijan, waste water is refined and discharged into the sea, however, after the treatment, the PAH and its derivatives remain in the waste water, which influence on the water ecosystem. In this article, 3 water samples from different units of catalytic cracking plant at Azerbaijan Oil Refinery were taken and the composition was analyzed. The main purpose of the work was to determine the presence and quantity of toxic substances in waste water after the treatment[1-3]. In order to achieve accurate results, the composition of the water samples was analyzed by gas chromatographic mass detector. A chemical analysis of water samples was carried out on a GC-MSD gas chromatograph 6890N with a highly efficient mass-selective detector-Agilent 5975 from Agilent Technologies (USA).

As can be seen from the table, the amount of PAH is very large, due to excessive pollution of industrial waters.

Table1

The amount of phenol in the samples taken from the refinery

| PAH                   | 100 device   | 200 device | common outlet |
|-----------------------|--------------|------------|---------------|
|                       | мкг/л (μg/l) |            |               |
| naphthalene           | 910367.1     | 157103.5   | 60277.4       |
| achenthylene          | 1600.5       | 2363.7     | 62.9          |
| acenaften             | 18759.5      | 10234.5    | 441.8         |
| fluoren               | 55745.2      | 62869.3    | 1472.5        |
| phenanthren           | 100445.8     | 74629.4    | 2662.1        |
| anthracene            | 7873.0       | 4262.2     | 187.1         |
| fluorantine           | 3299.0       | 2645.5     | 141.9         |
| pyrene                | 31433.6      | 27274.8    | 1746.0        |
| benza (a) anthracene  | 7214.1       | 2375.1     | 400.0         |
| chrisen               | 13814.0      | 5966.4     | 728.0         |
| benzo (b) fluorantene | 1167.0       | 530.5      | 60.9          |
| benzo (k) fluorantene | 515.3        | 171.3      | 32.9          |

### ***References***

- 1 General Ecology: Textbook /A.S.Stepanovsky // M .UNITY, 2000. – 510 p.
- 2 Orlov D.S. Ecology and Biosphere Protection in Chemical Pollution: Proc. Allowance. – Moscow: Higher School, 2002. – 334 p.
- 3 Hajiyeva S.R., Gadirova E.M., etc. Methods for cleaning water contaminated with oil. // Azerbaijan Chemistry Journal. – 2014. – №1. – P. 35-38.

## INDUSTRIAL HYGIENE MONITORING OF THE DRUG TICAGRELOR AT A PHARMACEUTICAL FACTORY

*I.A. Pozharnov<sup>1</sup>, G. V. Ramenskaya<sup>1</sup>, N.B. Epshtein<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>- Sechenov University, Moscow, Russia*

*<sup>2</sup>- National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow,  
Russia*

As a result of the growing need for safe working conditions in the pharmaceutical industry, the topic of environmental monitoring is becoming increasingly relevant. Since there is no well-developed tradition of studying safety indicators in our country, methods and regulatory documents for analysis are also lacking. For this test we adapted American technology, including personal and stationary air sampling sensors. Sampling was carried out during the production of the drug BRILINTA®.

Tentative safe exposure level (TSEL) of the active pharmaceutical substance ticagrelor in the air of the working zone is estimated at  $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ . At a greater concentration, the drug can have a toxic effect on the body. The most common adverse reactions are bleeding and shortness of breath. To avoid this, each production member coming into contact with the drug must comply with SOPs and use personal protection in accordance with the hazard level at each stage of the technological process.

When sampling air, a filter was used as the medium. It was loaded into a filter holder for sampling, and the head assembly was attached to individual pumps for sampling air using a tube. A factory-grade primary calibrator was used to calibrate the sampling pumps using a special sampling filter. Preliminary and subsequent calibrations were carried out for all the collected air samples at the beginning and at the end of the working day.

Samples for surface cleaning were collected from  $100\text{ cm}^2$  surfaces in selected areas using surface wipes. Ethanol was used as a wetting agent.

Mass concentration of ticagrelor was measured in the laboratory using high performance liquid chromatography with ultraviolet spectrophotometric (UV) detection.



As a result of the study, 81 air samples and 38 surface cleaning samples were taken. The study found that 57 of the filters and 37 of the swabs tested positive for ticagrelor. In 3 air samples there was an excess of the permissible ticagrelor content ( $0.4 \text{ mg}/1 \text{ m}^3$ ); 25 surface cleaning samples also exceeded the permissible ticagrelor content ( $0.01 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2$ ).

The study proved the stability of ticagrelor in the autosampler tray for 18 hours. Data was received on the excess concentrations of ticagrelor in air samples. This indicates that the concentration of the active pharmaceutical substance in the air of the working area is sufficient to have a noticeable toxic effect on workers directly involved in the process. Therefore, it is important to conduct in-house monitoring and, if necessary, adjust the process, install additional protection, and train the operators.

**Acknowledgements.** We would like to express our gratitude to InnoFarmaTech Pharmaceutical Research Center LLC, as well as the Center for Pharmaceutical Analytics LLC (CPA LLC) and AstraZeneca Industries LLC, for the provided equipment and further assistance in analyzing the samples.

### ***References***

1 Boss M.J., Day D.W. Air Sampling and Industrial Hygiene Engineering. – New York: CRC Press, 2019. – 296 p.

2 Wabeke R.L., Air Contaminants and Industrial Hygiene Ventilation: A Handbook of Practical Calculations, Problems, and Solutions. – New York: CRC Press, 1998. – 227 p.

# SPATIAL ANALYSIS AND EVALUATION OF SOME PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF THE FETHIYE BAY THROUGH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

*S. Turan<sup>1</sup>, N. Ozdemir<sup>1</sup>, C. Koc<sup>1</sup>, E. Gadirova<sup>2</sup>, A. Demirak<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> - Mugla Sıtkı Kocman University, Mugla, Turkey*

*<sup>2</sup> - Baku State University, Baku, Azerbaijan*

Fethiye, the place where draws attention with its nature, historical and touristic importance, is one of the largest and most populous districts of Muğla with a length of 167,84 km. In this study, some of physico-chemical parameters of water samples taken from selected 7 strategic points of Fethiye Bay are reviewed on a monthly basis between 2017 December and 2018 November. The result of measurements are of follows: pH 7,45-9,02; temperature 11,40-33,25 °C; conductivity 188,3-70380  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; salinity 0,12-45,75; dissolved oxygen 3,00-9,96 %, saturated oxygen 24,30-119,50; ammonium nitrogen ( $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ ) 1,33-12,21  $\text{mgL}^{-1}$ ; nitrite nitrogen ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) ALA-3,53  $\text{mgL}^{-1}$ , nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ALA-109,15  $\text{mgL}^{-1}$ , TIN 0,20-109,20; total phosphorus ALA-0,80  $\text{mgL}^{-1}$ ; suspended solids 0,1-573,5  $\text{mgL}^{-1}$ ; organic matters 0,00-100,00; anorganic matters 0,00-100,00 and biological oxygen demand 0,27-6,26  $\text{mgL}^{-1}$ . Humans strongly influence almost the entire large water ecosystem. Increases and deteriorations in nutrient salts within water occur with the activities performed. These inputs have profound and negative impacts on water quality [1]. Aquatic organisms (fish) intensively take nitrogen and phosphorus derivatives and people benefit from these organisms. Industrial and domestic waters reach the seas and directly affect the people who live there. On the other hand, water coming from agricultural areas creates eutrophication risk with its high phosphorus, nitrite and nitrate content [2]. The prevention and control of surface water pollution is based on the identification of contaminant sources [3]. Waters coming from terrestrial areas are a serious factor affecting human health and ecological systems in urban areas. Because these waters carry a large number of pollutants coming from domestic, industrial, waste water and agricultural areas

to the marine zone until they come to coastal area. However, the effect of these factors on water quality is not clearly known. Therefore, it is necessary to find out pollution sources and reduce uncertainty by interpreting the time and spatial changes in water quality in order to improve water quality.

This study was carried out in Fethiye Bay.

### ***References***

1 Smith V.H. Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. // Environmental Science and Pollution Research., – 2003. – V. 10. – P. 126-139.

2 Evans A.E., Mateo-Sagasta J., Qadir M., Boelee E., Ippolito A. Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research needs. // Current Opinion in Environmental Sustainability. – 2019. – V. 36. – P. 20-27.

3 Simeonov V., Stratis J.A., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M., Kouimtzis T. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. // Water Research. – 2003. – V. 37. – P. 4119-4124.

## **BIOCHEMICAL PROCESSES IN THE ATMOSPHERE**

*O. Turchanina<sup>1</sup>, E. Gadirova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - University of Lisbon, Lisboa, Portugal*

*<sup>2</sup> - Baku State University, Baku, Azerbaijan*

The rapid development of all spheres of economics and human activity has led to an increasingly negative impact on the environment, including the inefficient usage of natural resources. As can be seen in many other countries, our country is interested in finding solutions to the problems of environmental protection and rational utilization of natural resources. During the first part of the 20th century, due to the dramatically increasing emission of air pollutants at the same time, in the absence of environmental protection technologies, several acute air pollution episodes were formed in some countries [1].

The biochemical effects of gases in the atmosphere have been studied with the help of bioindicators. At the same time, the state of the atmosphere is also affects the degree of air pollution through several processes (e.g. photochemical activity, transport and deposition processes etc.) [2].

We monitored the air and the results are given below in table 1. Generally, there are still several ecological problems which are expressed in air pollution from industrial plants and transport vehicles. In the last few decades, due to the emission reduction strategies and legislation and at the same time the decline in industrial production, air quality has improved in several countries.

Table 1

Effects of some important pollutants on the environment

| <b>Air pollutants</b> | <b>Effects on human health</b>                                                                                | <b>Effects on environment</b>                                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CH <sub>4</sub>       |                                                                                                               | contribute to the formation of photochemical smog, indirect effect on global warming                                          |
| CO                    | headache, reduced mental alertness, heart attack, cardiovascular diseases, impaired foetal development, death | contribute to the formation of photochemical smog                                                                             |
| SO <sub>2</sub>       | eye irritation, breathing problems, cardiovascular diseases                                                   | formation of acid rain, visibility reduction, plant damages                                                                   |
| NO <sub>2</sub>       | irritation of the lung, respiratory symptoms, susceptibility to respiratory infections, stroke                | contribute to the formation of photochemical smog, formation of acid rain, visibility reduction, water quality deterioration, |
| O <sub>3</sub>        | respiratory symptoms, eye irritation, asthma                                                                  | plant and ecosystem damage, visible injury                                                                                    |

## **References**

- 1 Mammadov G.S, Khalilov M..Y.Ecology and the Environment. – Baku, 2004. – 504 p.
- 2 Bogdanovsky G.A. Chemical Ecology. – M. Moscow State University, 1994.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ АЭС ОТ РАДИОНУКЛИДОВ СТРОНЦИЯ И ЦЕЗИЯ**

*С.Р. Асхадуллин, А.С. Шилина, В.К. Милинчук  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Технология сорбционной очистки включает следующие основные стадии:

- первичное заполнение фильтра-сорбера;
- выдержка заполненного фильтра-сорбера;
- очистка в режиме динамической сорбции;
- остановка фильтрации;
- извлечение фильтрующего элемента;
- перезагрузка алюмосиликатного сорбента;
- установка фильтрующего элемента.

Была предложена конструкция фильтра-сорбера, включающая в себя стандартный магистральный фильтр 10 SL, фильтрационно-сорбционный элемент, с загруженным алюмосиликатным сорбентом, пористые перегородки из спеченного сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Проводили испытания в режиме статической и динамической сорбции по отношению к радионуклидам цезия и стронция.

Процесс сорбции радионуклидов стронция и цезия исследовали в статических условиях путем введения заданного количества сорбента в определенный объем модельного или реального ЖРО установленного радиохимического состава после корректировки pH до 9; 11,5 и при исходном pH 6, получающимся при приготовлении модельного раствора,

выдержки сорбента в растворе при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки в течение 3 часов [1, 2].

Эксперимент по динамической (колоночной) сорбции был проведен для предварительной оценки возможности использования синтетического алюмосиликатного сорбента для доочистки растворов ЖРО после статической сорбции от радионуклидов стронция и цезия с целью перевода растворов ЖРО в категорию нерадиоактивных.

Для проведения эксперимента были использованы растворы ЖРО, прошедшие предварительную очистку в процессе статической сорбции. Радионуклидный состав растворов ЖРО:  $^{137}\text{Cs}$  –  $5,2 \cdot 10^3$  Бк/л,  $^{90}\text{Sr}$  –  $3,3 \cdot 10^3$  Бк/л. Солеосодержание 1 г/л, ХПК – 0,07 г  $\text{O}_2$ /л, pH 11,6. Растворы пропускались с линейной скоростью 2,5 м/час.

В результате проведенного эксперимента сделаны следующие выводы:

1) синтетический алюмосиликатный сорбент оказался достаточно эффективным сорбентом для доочистки растворов ЖРО от радионуклида стронция. После пропускания через колонку 100 колоночных объемов раствора ЖРО (5 л) активность радионуклида стронция на выходе из колонки составляла величину  $< 25$  Бк/л (предел чувствительности детектора 25 Бк/л);

2) использование данного сорбента для доочистки растворов ЖРО от радионуклидов цезия не представляется возможным, так как изменение активности на выходе из колонки по сравнению с исходной активностью незначительно, активность на выходе из колонки после пропуска 100 колоночных объемов раствора ЖРО (5 л) по  $^{137}\text{Cs}$  составляет  $1,6 \cdot 10^3$  Бк/л.

### *Литература*

1 Шилина А.С., Милинчук В.К. Сорбционные свойства нового типа алюмосиликатного сорбента. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2008. – № 3. – С. 24–30.

2 Шилина А.С., Бахтин В.Д., Бурухин С.Б., Асхадуллин С.Р. Сорбция катионов тяжелых металлов и радионуклидов из

водных сред новым синтетическим цеолитоподобным сорбентом. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2017. – № 1. – С. 116–124.

## **СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ $^{90}\text{Sr}$ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАДИОЭКОЛОГИИ**

*Н.А. Бежин<sup>1,2</sup>, И.И. Довгий<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБУН ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН,  
г. Севастополь, Россия*

*<sup>2</sup> – ФГАОУ ВО Севастопольский государственный  
университет, г. Севастополь, Россия*

Проблеме радиационного загрязнения окружающей среды уделяется большое внимание во всем мире [1]. Одной из важнейших проблем современной радиоэкологии является поиск перспективных методов селективного сорбционного концентрирования опасных радионуклидов, прежде всего  $^{90}\text{Sr}$ , из объектов окружающей среды. Основная проблема в решении данной задачи состоит в сложности минерального состава объекта, из которого происходит выделение радионуклида. Так, при извлечении  $^{90}\text{Sr}$  из морской воды в системе присутствуют такие конкурирующие катионы, как  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  и  $\text{K}^{+}$ . Кроме того, в морской воде существует ряд равновесий между сульфат- и бикарбонат ионами и ионами щелочноземельных металлов, включая радионуклиды стронция, осложняющих ионообменное равновесие ионит-раствор. Поэтому широко применяемые в процессе сорбционного извлечения  $^{90}\text{Sr}$  сорбенты в данных условиях не могут быть применены в связи с их пептизацией и низкой селективностью целевого микрокомпонента на фоне макрокомпонентов.

Часто применяемые сорбенты, такие как синтетические цеолиты [2], титанаты ( $\text{SrTreat}$  [3]) и силикотитанатов щелочных металлов ( $\text{IONSIV IE-911}$  [4]) имеют низкую селективность и эффективность сорбции  $^{90}\text{Sr}$  ( $K_p \sim 20 - 50$  мл/г).

Интерес представляют сорбенты на основе бирнессита [5], предназначенные для извлечения  $^{90}\text{Sr}$  из жидких радиоактивных отходов на основе морской воды. Данные сорбенты показывают высокие степени извлечения.

В настоящее время для извлечения  $^{90}\text{Sr}$  из морской воды нами изучаются коммерчески доступные сорбенты: модифицированный диоксид марганца (МДМ), фосфорилированная древесина марки ФД и опилки на основе  $\text{MnO}_2$  (производства ООО НПП «Эктос-Атом»), Модикс (производства ООО НПП «Экосорб»), Термоксид-ЗК (производства АО ПНФ «Термоксид»), сорбционно-реагентный материал на основе силиката бария СРМ-Sr (полученный в ИХ ДВО РАН), а также волокно на основе  $\text{MnO}_2$  собственного изготовления. Полученные данные позволят подобрать наиболее эффективные сорбенты для извлечения  $^{90}\text{Sr}$ .

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-33-60007 (конкурс «Перспектива»), государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема «Океанологические процессы» № 0827-2020-0003).*

### ***Литература***

- 1 Kotelyanets E.A., Gurov K.I., Tikhonova E.A., Kondratev S.I. Pollutants in Bottom Sediments in the Balaklava Bay (the Black Sea) // Physical Oceanography. – 2019. – V. 26. – № 5. – P. 414–424.
- 2 Marinin D.V., Brown G.N. Studies of sorbent/ion-exchange materials for the removal of radioactive strontium from liquid radioactive waste and high hardness groundwaters // Waste Management. – 2000. – V. 20. – № 7. – P. 545–553.
- 3 Lehto J., Brodtkin L., Harjula R., Tusa E. Separation of radioactive strontium from alkaline nuclear waste solutions with the highly effective ion exchanger SrTreat // Nuclear Technology. – 1999. – V. 127. – № 1. – P. 81–87.
- 4 Huckman M.E., Latheef I.M., Anthony R.G. Ion Exchange of Several Radionuclides on the Hydrous Crystalline Silicotitanate, Uop Ionsiv IE-911 // Separation Science and Technology. – 1999. – V. 34. – № 6–7. – P. 1145–1166.



5 Egorin A., Sokolnitskaya T., Azarova Y., Portnyagin A., Balanov M., Misko D., Shelestyuk E., Kalashnikova A., Tokar E., Tananaev I., Avramenko V. Investigation of Sr uptake by birnessite-type sorbents from seawater // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2018. – V. 317. – № 1. – P. 243–251.

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРА СИНТЕЗА ОКСИДА АЗОТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ РАДИАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

*И.И. Богданов<sup>1</sup>, А.А. Шитова<sup>2</sup>, О.В. Солдатова<sup>2</sup>, В.В. Южаков<sup>2</sup>,  
Л.И. Шевченко<sup>2</sup>, А.С. Филимонов<sup>2</sup>, М.В. Филимонова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»  
Минздрава России, г. Обнинск, Россия*

Вместе с новыми технологиями современного мира радиационное воздействие стало неотъемлемой частью жизни человека. Это неизменно увеличивает и риски инцидентов, связанных с радиацией. В результате таких инцидентов у пострадавших в большинстве случаев развиваются не изолированные радиационные поражения, а комбинированные (КРП) – сочетание общего или локального облучения с механической и/или ожоговой травмой. В результате кооперации данных эффектов течение болезни существенно усугубляется, что способствует развитию поражений и повышает вероятность негативных исходов.

В современной медицине разработка эффективных методов терапии КРП требует детального изучения и развития новых подходов, отличных от лечения изолированных лучевых повреждений, ожогов и травм.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба проводятся исследования, связанные, в том числе, с профилактикой и лечением комбинированных

радиационно-термических поражений (КРТП). Термическое повреждение моделируется с помощью мощной кратковременной световой вспышки с использованием установки «ГЛ6». Для радиационного воздействия используется установка «Агат» (Россия).

На начальном этапе было проведено тестирование установки для моделирования ожога. У мышей-самцов линии СВА ( $n = 9$ ) с помощью ГЛ6 моделировали термический ожог, воздействуя на участок спины световой вспышкой в трёх вариантах интенсивности, по 3 животных на каждый вариант. На 7 сутки после воздействия, согласно методике морфологических исследований, готовили гистологические срезы и, с использованием микроскопа Leica DM 1000 с микрофотосъемкой, анализировали. Повреждения дермы 2, 3А и 3Б степени были охарактеризованы в соответствии с Клинико-морфологической классификацией.

На следующем этапе запланировано и начато пилотное исследование возможности применения ингибитора синтеза оксида азота под шифром NMD в качестве средства лечения КРТП.

Для моделирования КРТП использованы контрольная и опытная группы мышей-самцов  $F_1$ (СВАхС<sub>57</sub>В1/6j), по 15 животных в каждой группе. Всех животных облучали в дозе 7 Гр тотально,  $D = 0,39$  Гр/мин, после чего с помощью установки «ГЛ6» моделировали на спине ожог 3Б степени, площадь ожога - 10% поверхности тела. На 3 сутки после КРТП животным опытной группы вводили NDM и продолжали наблюдение, оценивая состояние раневой поверхности, выживаемость и общее состояние животных в каждой группе. По окончании исследования будут проанализированы диаграммы выживаемости животных, проведено сравнение периодов патогенеза раневой поверхности у контрольных и опытных мышей, сделан вывод о вкладе NDM в развитие КРТП. С учётом полученных результатов будет запланировано продолжение исследований в области разработки схем терапии КРП.

Исследование механизмов патогенеза комбинированных радиационных поражений и разработка эффективных способов

его лечения безусловно необходимы для обеспечения радиационной безопасности населения.

## **ОЦЕНКА ПРОТИВООПУХОЛЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕСКВИТЕРПЕНОИДНОГО ГИДРОХИНОНА МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОПУХОЛИ АКЭ IN VIVO**

*Е.Р. Выпова,<sup>1</sup> О.В. Солдатова<sup>2</sup>, А.А. Шитова А.А.<sup>2</sup>,  
В.М. Филимонова.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>– Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup>– МРНЦ им. А.Ф. Цыба. – филиал ФБГУ «НМИЦ радиологии»  
Минздрава России, г. Обнинск, Россия*

В настоящее время проблема увеличения роста числа онкологических заболеваний, к сожалению, остается нерешенной, несмотря на то, что многие ученые стран мира пытаются найти новые способы терапии. В связи с этим, разработка новых методов и средств, которые будут эффективными в профилактике и лечении опухолей, как самостоятельно, так и в составе комбинированной терапии, является актуальной.

Одним из направлений деятельности лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба является разработка новых и детальные исследования известных биологически активных соединений, обладающих противоопухолевым, противовоспалительным потенциалом.

Известно соединение, выделенное из морской губки *Dysidea avara*, был выделен и очищен продукт ее метаболизма, который является сесквитерпеноидным гидрохиноном. Это вещество, идентифицированное как аварол ( $C_{21}H_{30}O_2$ ), обладает доказанной цитостатической активностью, включая противоопухолевое, противовирусное и противовоспалительное действие в отношении ряда опухолевых штаммов *in vitro*. Он вмешивается в митотические процессы и блокирует их на стадии метафазы [1]. Вместе с тем, экспериментальных данных

по исследованию противоопухолевого потенциала аварола *in vivo* крайне мало.

Целью работы является оценка возможности применения аварола в качестве противоопухолевого средства *in vivo*.

В лаборатории начаты пилотные исследования по оценке противоопухолевой активности аварола на самках мышей F1 (СВА×С57BL6j). Мыши были разделены на две группы: контрольная и экспериментальная. В качестве опухолевой модели использована солидная форма асцитной карциномы Эрлиха (АКЭ), имплантированная животным подкожно, в область латеральной поверхности правого бедра. Контрольные животные-опухоленосители не подвергались лечению. Животные в опытной группе получали исследуемое вещество внутривентрально в дозе 16 мг/кг ежедневно с 7 по 21 сутки. Каждые трое суток с начала эксперимента оценивали динамику веса мышей и роста объема опухолевого узла. По окончании эксперимента полученные данные будут статистически обработаны и проанализированы.

На основе пилотных экспериментальных данных будут запланированы новые исследования по оценке эффективности терапии злокачественных новообразований исследуемым веществом на других формах опухолей, при более высоких дозах и с новыми схемами лечения *in vivo*.

Для нужд практической онкологии необходимы как сильнодействующие химиотерапевтические средства с выраженной цитостатической активностью, которые обладают серьезными, негативными для организма побочными эффектами, так и средства, которые относительно малотоксичны, хорошо переносятся пациентами, но при этом являются эффективными и вносят свой вклад в комплексную или комбинированную противоопухолевую терапию. В этой связи данное направление исследований является, безусловно, перспективным для онкологии.

### *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 dysideaavara // Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology. – 1985. – V. 80. – №1. – P. 47-52.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

*Э.Э. Джабаров, С.М. Байрамова, З.Р. Агаева  
Институт катализа и неорганической химии им.  
акад.М.Нагиева НАН Азербайджана, г.Баку, Азербайджан*

Мониторинг состояния окружающей среды является одной из актуальных задач современной экологии. Цель сообщения – представить и обсудить результаты по обнаружению и определению количества радиоактивных элементов в алюмосиликатных слоистых породах различных месторождений.

Состояние здоровья населения является биологическим индикатором уровня загрязнения окружающей среды. В настоящее время состояние окружающей среды, а значит, и здоровье людей остается неблагоприятным, в том числе и у нас в республике. Эти проблемы можно решить, используя современные методы.

Вопросы анализа негативных факторов, влияющих непосредственно на благополучие населения, касающиеся физико-химических и биохимических процессов, происходящих в природных системах и живых организмах, обеспечения качества пищи и жизни, новых подходов к устойчивому развитию, включают инженерные и модельные аспекты, а также социальные, образовательные и инновационные. Надо отметить, что алюмосиликатные слоистые глинистые материалы широко применяются в различных отраслях промышленности: нефтяной, строительной, бумажной, косметологической и многих других [1].

Способность глин к адсорбции связана с большой поверхностной активностью, то есть пористой структурной и поэтому широко распространена возможность использования бентонитовой глины для очистки речных, подземных и сточных вод и для доочистки питьевой воды от загрязняющих веществ, при

этом уменьшается содержание в них ионов железа, цинка, меди, марганца, мышьяка, фосфора, нитратов, гидрокарбонатов, органических веществ. Учитывая выше изложенное, представлен научный и практический интерес изучения степени радиоактивности бентонитовых пород, составленных из образцов, отобранных из различных глинистых месторождений в зависимости от глубины залегания.

В качестве объекта исследования были взяты образцы бентонитовых пород месторождения Даш-Салахлы и Гызыл-Дара [2]. Степень активности радионуклидов в образцах бентонитовых пород определяли при помощи гамма-спектрометра (Canberra) с гелиевым детектором HPGe, активность изотопов урана определяли  $\alpha$ -спектрометром (Canberra) марки «AlfaAnalist». Совместное присутствие изотопов урана и радия определяли на жидкостным сцинтилляционным анализаторе (PerkinElmer) марки Tri - Carb 3100 TR.

Исследованиями установлено, что глубина залегания пород, не оказывает существенного влияния на степень активности радиоактивных элементов и позволило сделать вывод о том, что степень радиоактивности бентонитовых глин меняется в зависимости от месторасположения залежей.

### *Литература*

1 Agayeva Z.R. Radioactivity in stratal waters of oil wells. Perspective of using nuclear power for peaceful purposes. IV International conference. – Baku, 2011. – P. 108.

2 Efendiyev H.Kh., Alekperov R.A., Nuriyev A.N. Questions on geochemistry of radioactive elements of oil deposits. – Baku, 1984. – P. 150.

## РИСК ВЫСВОБОЖДЕНИЯ $^{137}\text{Cs}$ , ДЕПОНИРОВАННОГО В ВЕРХОВЬЯХ ТЕЧИ

*Н.Н. Казаченок, М.А. Шалухова  
Белорусско-Российский университет,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Загрязнение радионуклидами пойменных почв создает проблемы для их хозяйственного использования [1]. Кроме этого существует вероятность вторичного загрязнения речной системы радионуклидами, депонированными в почвенном поглощающем комплексе. До настоящего времени содержание  $^{90}\text{Sr}$  в пойме верховьев реки Теча снизилось примерно на два порядка, что связывают с большим количеством подвижных форм [2-4]. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  снижается преимущественно вследствие распада. Вынос его происходит преимущественно с твердыми частицами и коллоидами [4].

Вместе с тем, известно, что подвижность  $^{137}\text{Cs}$  резко возрастает при низких значениях pH [2]. В настоящее время вода реки Теча имеет слабощелочную реакцию, pH от  $7,90 \pm 0,33$  (Асанов мост) до  $8,55 \pm 1,52$  (Надыров мост). Однако, в пойменной болотной почве pH солевой вытяжки (0,1 н. KCl) значительно ниже (табл. 1).

Таблица 1  
pH пойменной почвы в створе «Асанов мост»

| Глубина отбора, см | pH   |
|--------------------|------|
| 0-20               | 4,52 |
| 20-40              | 5,66 |
| 40-60              | 4,71 |
| 60-80              | 4,62 |
| 80-100             | 4,8  |
| 100-120            | 4,79 |
| 120-140            | 4,88 |
| 140-160            | 5,19 |
| 160-180            | 4,69 |
| 180-200            | 4,79 |

Можно предположить, что кислотность почвенного раствора в некоторой степени компенсируется карбонатными подстилающими породами [5]. Однако фильтрация сульфатов из водоема В-11 в обводные каналы может привести к смещению значений рН почвенного раствора и грунтовых вод Асанового болота, на которое изливается вода из обводных каналов. Это может привести к переходу депонированного в пойме  $^{137}\text{Cs}$  в водорастворимые формы.

Учитывая, что его удельная активность в почве верховьев Течи составляет сотни тысяч, а в отдельных пробах миллионы Бк/кг [4], масштабы выноса  $^{137}\text{Cs}$  в реку Исеть и далее в систему Оби могут быть значительными.

Таким образом, представляется актуальным исследование фильтрации анионов сильных кислот из водоема В-11 в обводные каналы.

### *Литература*

1 Щур А.В., Виноградов Д.В., Агеева Т.Н., Шапшеева Т.П., Валько В.П. Изучение направлений использования пойм рек в зоне радиоактивного загрязнения Чернобыльского происхождения / Экология речных бассейнов. Труды VIII Международной научно-практической конференции. – Владимир: Изд-во ВГУ, 2016. – С. 409-413.

2 Казачёнок Н.Н., Попова И.Я., Костюченко В.А., Мельников В.С., Полянчикова Г.В., Тихова Ю.П., Коновалов К.Г., Россинская Г.Б., Копелов А.И. Современная радиоэкологическая обстановка и источники радиоактивного загрязнения на реке Теча // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2013. – № 1. – С. 63-70.

3 Казачёнок Н.Н., Попова И.Я. Динамика радиоактивного загрязнения абиотических компонентов водных экосистем различных типов на Южном Урале // Вода: химия и экология. – 2016. – №9. – С. 9-19.

4 Казачёнок Н. Н. Геоэкология техногенных радиоактивных изотопов. – Могилёв: Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – 283 с.

5 Атлас геоэкологических карт на территорию зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк». – М., Озерск, 2007. – 106 с.



## ЭФФЕКТ АНТИБИОТИКОВ, БЛОКИРУЮЩИХ СИНТЕЗ БЕЛКА ПРОКАРИОТ В ALLIUM-ТЕСТЕ

*И.И. Концевая, О.Г. Алексеенко*

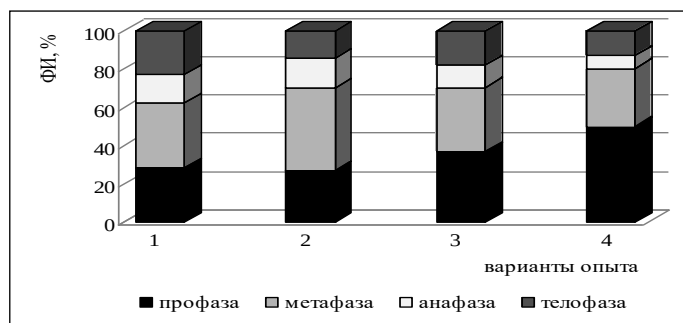
*УО «Гомельский государственный университет имени  
Франциска Скорины», г. Гомель, Беларусь*

Исследование ответных реакций придаточных корешков растений *Allium cepa* L. (сорта «Стурон») в условиях действия водных растворов антибиотиков выполняли с помощью модифицированного *Allium*-теста [1]. Тестируемые антибиотики по-разному блокируют синтез белка прокариот [2]. Тетрациклины являются ингибиторами элонгации белковой цепи и блокируют связывание aa-тРНК на А-участке рибосомы 70S. Рифампицин угнетает активность ДНК-зависимых РНК-полимераз, вследствие чего у бактерий подавляются процессы транскрипции.

При рассмотрении фазных индексов отмечено индуцирование доксициклином и рифампицином такой патологии митоза как задержка митоза в профазе, что связано с повреждением хромосом. В то же время тетрациклин индуцировал задержку митоза в метафазе (рис. 1), что в свою очередь указывает на повреждение митотического аппарата.

Следует акцентировать внимание на токсичном действии тетрациклина по сравнению с доксициклином. Тетрациклин и доксициклин являются структурными изомерами [3]. Именно при действии тетрациклина повсеместно в клетках, находящихся на стадиях анафазы и телофазы, отмечены двойные и множественные мосты. Также во всех корешках на препаратах меристематической ткани отмечали наличие компактных хромосом и многополюсные метафазы. При действии тетрациклина в спектре патологических митозов преобладают мосты над отставанием хромосом (соответственно, 61,0 % и 9,0 %), поэтому можно говорить, что в образовательной ткани искомого варианта опыта активно работают репарационные системы. Подобные результаты были получены

на кукурузе линии Пурпурная Саратовская при тестировании тетрациклина в концентрациях 5–40 мг/л [4].



Варианты: 1 – контроль (вода); 2 – тетрациклин, 20,0 мг/л;  
3 – доксициклин, 100,0 мг/л; 4 – рифампицин, 30,0 мг/л  
Рис. 1. Влияние антибиотиков на фазный индекс

Следует напомнить, что тетрациклин – бактериостатический антибиотик из группы тетрациклинов; включен в список важнейших лекарственных средств [5]. Широко он используется в культуре клеток и тканей растений. Мы полагаем, что имеет смысл более тщательно рассмотреть роль и значение тетрациклина в антибактериальной терапии.

### *Литература*

- 1 Fiskesjö G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // *Hereditas* . – 1985. – V. 102. – P. 99-102.
- 2 Коротяев А. И., Бабичев С. А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология: учебник для мед. вузов. – СПб.: СпецЛит, 2010. – 5е изд., испр. и доп. – 760 с.
- 3 Машковский М. Д. Лекарственные средства. – 16-е изд., перераб., испр. и доп. – М.: Новая волна, 2012. – 1216 с.
- 4 Лебедева Л. И., Федорова С. А., Трунова С. А., Омелянчук Л. В. Митоз. Регуляция и организация деления клеточного ядра // *Генетика*. – 2004. – Т. 40. – №12. – С. 1589-1608.
- 5 WHO Model List of Essential Medicines 18th list (April 2013) [Электронный ресурс]. Режим доступа:

## **ТЕСТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУЛЛЕРЕНА ДЛЯ ТАРГЕТНОЙ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ ТЕРАПИИ IN VIVO**

*А.О. Косаченко<sup>1</sup>, А.А. Шитова<sup>2</sup>, О.В. Солдатова<sup>2</sup>, А.С.  
Сабурова<sup>2</sup>, В.М. Макачук<sup>2</sup>, Л.И. Шевченко<sup>2</sup>, М.В. Филимонова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>- Обнинский институт атомной энергетики*

*– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup>- МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФБГУ «НМИЦ радиологии»  
Минздрава России, Обнинск, Россия*

Проблема разработки эффективных лекарственных средств для онкологии с механизмом действия, включающим таргетный компонент, является несомненно актуальной. Одна из основных задач в лечении злокачественных новообразований – минимизировать взаимодействие химического соединения с нормальной тканью организма, ввиду его высокой токсичности или крайне нежелательных побочных эффектов. Решением этой задачи может являться адресная (таргетная) доставка соединения к тканям неоплазии/

Физиология опухоли имеет ряд особенностей, в частности, изменённая ангиоархитектура эндотелиального внутреннего слоя и пористость базальной мембраны приводит к повышенной проницаемости сосудов неоплазии. Происходит экстравазация плазмы крови и эритроцитов. Это свидетельствует о возможности использования для противоопухолевой терапии молекул, например, фуллеренов, способных выходить из кровяного русла лишь в тканях опухоли.

Семейство фуллеренов (особая молекулярная форма углерода) включает ряд соединений с количеством атомов больше 20, пространственно представляющих собой замкнутые, выпуклые многогранники. В незамещённых фуллеренах атомы углерода образуют сферическую сопряжённую ненасыщенную

систему, что потенциально позволяет создать комбинированные молекулы фуллеренов с другими химическими веществами.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба одним из направлений в разработке противоопухолевых средств является поиск, химический синтез и изучение фармакологических свойств новых соединений и их комбинаций с фуллеренами для адресной доставки действующего вещества.

Одной из высокоэффективных комбинаций может стать сочетание в одной молекуле фуллерена, обладающего высокой сосудистой проницаемостью и умеренной противоопухолевой эффективностью, и ингибитора эндотелиальной синтазы оксида азота (ing\_eNOS), способного нарушать ангиогенез солидной опухоли. В предварительных исследованиях ing\_eNOS по противоопухолевой эффективности не уступал известному антиангиогенному средству бевацизумаб.

Нами запланированы и начаты пилотные исследования противоопухолевой эффективности комбинированного соединения под рабочим шифром FT-2 в сравнении с фуллереном FF и ing\_eNOS на экспериментальной модели карциномы Эрлиха в солидной форме *in vivo*. Мыши – самцы F<sub>1</sub> (СВАхC<sub>57</sub>Bl/6j) методом рандомизации распределены на несколько экспериментальных групп. Животные-опухоленосители контрольной группы не получают лечения. Животные опытных групп получают ежедневные инъекции FF, ing\_eNOS либо FT-2, в дозах, эквивалентных 1/6 LD<sub>50</sub> ing\_eNOS. Оценивается состояние животных и динамика роста опухоли.

После статистической обработки и анализа результатов планируется продолжение данного направления исследований с использованием различных доз FT-2 и схем терапии.

Ввиду минимизации негативного воздействия на нормальную ткань организма и концентрирования фармакологического эффекта в области неоплазии использование таргетной терапии на основе фуллеренов может стать высокоперспективным направлением в онкологии.

## **СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТРАВСТОЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЛУГОВ, СЕНОКОСОВ И ПАСТБИЩ В 50 КМ ЗОНЕ ВОКРУГ ПЛАНИРУЕМОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОЩАДКИ БАЛТИЙСКОЙ АЭС**

*Д.В. Крыленкин, А.В. Саруханов, Анисимов В.С., Гешель И.В.,  
Фригидов Р.А.*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Термин тяжелые металлы (ТМ) характеризующий широкую группу загрязняющих веществ имеет широкое распространение. К тяжелым металлам по мнению большинства исследователей относятся Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. [1] При избыточном попадании в объекты окружающей среды ведут себя как токсиканты и эндотоксиканты. Специалистами по охране окружающей среды среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа. В нее входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром как наиболее опасные для здоровья человека и животных. [1]. Поступление тяжелых металлов в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. Их основные источники – промышленность, автотранспорт, котельные, мусоросжигающие установки и сельскохозяйственное производство. Одним из возможных источников в условиях потенциального расширения существующих АЭС является Балтийская атомная электростанция. Проводимые в области 50 км зоны мониторинги призваны оценить влияние на загрязнение окружающей среды, в том числе ТМ. Экологическое воздействие можно оценить за счет оценки накопления ТМ в компонентах экосистем, например, разнотравье. Для проведения подобной оценки были собраны данные о накоплении ТМ в разнотравье в 50 км зоне БАЭС и проведено сравнение с соответствующими нормативными документами [2]. Полученные данные и их статистическая обработка представлены в табл. 1 [3].

Таким образом, после статистического анализа данных о содержании тяжёлых металлов в разнотравье можно сделать вывод, что полученные значения не превышают критических уровней, изложенных в соответствующем нормативном документе. Следовательно, можно утверждать, что исследованные экосистемы в зоне поблизости от Балтийской АЭС на момент проведения мониторинга соответствуют нормативам и не требуют немедленного оперативного вмешательства.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и металлоидов в разнотравье,  
мг/кг сухой массы (статистический анализ данных)\*

|                      | As                    | Cd                   | Cr                   | Cu                   | Hg                   | Ni                   | Pb    | Zn                   |
|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| MEAN                 | 0,89                  | 0,04                 | 0,18                 | 3,39                 | 0,02                 | 0,70                 | 0,15  | 13,0                 |
| MEDIAN               | 0,75                  | 0,03                 | 0,16                 | 2,82                 | 0,01                 | 0,57                 | 0,14  | 11,2                 |
| SD                   | 0,45                  | 0,03                 | 0,11                 | 2,04                 | 0,01                 | 0,50                 | 0,08  | 4,81                 |
| MIN                  | 0,26                  | 0,01                 | 0,06                 | 1,21                 | 0,01                 | 0,12                 | 0,03  | 7,03                 |
| MAX                  | 2,47                  | 0,15                 | 0,38                 | 8,62                 | 0,06                 | 2,19                 | 0,34  | 24,7                 |
| 25th%                | 0,60                  | 0,02                 | 0,09                 | 2,05                 | 0,01                 | 0,36                 | 0,11  | 9,94                 |
| 75th%                | 1,0                   | 0,05                 | 0,29                 | 3,89                 | 0,02                 | 0,85                 | 0,19  | 14,9                 |
| W <sub>0,05</sub>    | 0,84                  | 0,79                 | 0,88                 | 0,79                 | 0,8                  | 0,85                 | 0,94  | 0,85                 |
| p                    | $0,12 \times 10^{-3}$ | $0,1 \times 10^{-4}$ | $0,1 \times 10^{-2}$ | $0,1 \times 10^{-4}$ | $0,2 \times 10^{-4}$ | $0,2 \times 10^{-3}$ | 0,05  | $0,2 \times 10^{-3}$ |
| $\varepsilon_{0,05}$ | 0,07                  | 0,005                | 0,018                | 0,33                 | 0,0015               | 0,08                 | 0,014 | 0,79                 |

\*- количество точек отбора, n = 36, табличное значение критерия Шапиро-Вилка ( $W_{\text{табл}} = 0,935$ )

### *Литература*

1. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – №1 (23). – С. 182-192.
2. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09. – Москва, 2009. – С. 1–6.
3. Анисимов В.С., Крыленкин Д.В., Саруханов А.В., Губарева О.С., Фригидов Р.А. База данных по содержанию тяжелых

металлов в почве и растениях в районах расположения АЭС, прототип 2019 г.

## **ВЛИЯНИЕ ООО «НЛМК-КАЛУГА» НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА**

*Д.Н. Курбаков, В.К. Кузнецов, Н.В. Андреева, Е.В. Сидорова,  
А.В. Саруханов, Н.В. Новикова, В.Э. Нуштаева  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Интенсивное развитие промышленности в Российской Федерации ведет к загрязнению компонентов окружающей среды. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна сажей, пылью, полициклическими ароматическими углеводородами и тяжелыми металлами (ТМ), являются предприятия металлургии, тепловые электростанции, бытовые печи, работающие на угле и др [1, 2]. Среди специфических загрязняющих веществ в воздушном бассейне промышленного производства важнейшее место занимают ТМ, большинство которых относится к первому и второму классу опасности. С гидрохимическими стоками ТМ попадают в водоемы, скапливается на дне и плодородном слое почвы, далее по пищевой цепочке доходит до человека.

Существуют различные методы оценки состояния атмосферного воздуха, но одним из самых доступных является мониторинг снежного покрова [3]. Снег обладает высокой сорбционной способностью, не активен ни в химическом, ни в биологическом отношении и является носителем не только влажных, но и сухих выпадений, поэтому дает объективную оценку всех атмосферных загрязнений за зимний период [4].

Цель исследования: изучение загрязнения снежного покрова в 30 км зоне воздействия электрометаллургического завода ООО «НЛМК-Калуга» и анализ полиэлементного состава загрязнения выбросов.

Объектом исследований являлся снежный покров наземных экосистем, входящих в 30 км зону воздействия

электрометаллургического комбината «НЛМК-Калуга» (индустриальный парк «Ворсино»).

В результате проведенных исследований выявлено 9 химических поллютантов (Fe, Cr, Zn Mn, Ni, Co, Pb, Cu, Cd), накопление которых в снежном покрове обследуемой территории превышает фоновые показатели. При этом в растворимом виде содержание ТМ представлено в микроконцентрациях, а основное количество содержится в форме труднорастворимых соединений.

Основная часть выпадений происходит в ближней 3,5 км зоне. Максимальные концентрации наблюдались в преобладающем по розе ветров северном направлении на расстоянии 1,2 км. С увеличением расстояния пылевая нагрузка снижается. Наименьшим загрязнением снежного покрова характеризуется фоновая площадка, расположенная в южном направлении на расстоянии 23 км от источника загрязнения.

Среднесуточный приток ТМ с пылевыми взвешенными частицами в атмосферном воздухе на снежный покров, в большинстве случаев является низким ( $100-250 \text{ мг/м}^2$ ). На мониторинговых площадках, располагающихся на расстоянии до 2 км от факела приток ТМ является средним ( $250-450 \text{ мг/м}^2$ ).

Так же стоит отметить, что снег в результате таяния попадает в водоемы и вовлекается в дальнейшем в круговорот воды. Установленные значения катионного и анионного состава талых вод в районе электрометаллургического завода на порядок ниже нормативов, установленных для питьевой воды

### *Литература*

1 Доклад о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2016 г. – Калуга, 2017. – 263 с.

2 РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Дата введения 1991-07-01.

3 Методические указания «Полевое обследование и 4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их



содержанию в снежном покрове и почве» Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 мая 1990 г., №5174-90. – Главное санитарно-профилактическое управление МЗ СССР. – 16 с.

4 ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Утвержден постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 марта 1985 г. N 774. Дата введения установлена с 01.07.86.

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В 30-КМ ЗОНЕ НОВОЛИПЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

*Д.Н. Курбаков, В.К. Кузнецов, Е.В. Сидорова, Н.В. Андреева  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

При работе промышленных предприятий в окружающую среду выбрасываются различные вещества в виде токсичных частиц и пыли, которые в первый период нахождения в воздухе непосредственно воздействуют на организм животных и человека, далее оседают на почву и растения.

Загрязнение окружающей среды приводит к необходимости регулярного анализа содержания токсичных химических веществ в атмосфере, почве, а в зимний период – в снежном покрове.

Существуют различные методы оценки состояния атмосферного воздуха, но одним из самых доступный является мониторинг снежного покрова. Этот метод является относительно дешевым и информативным индикатором загрязнения выбросами промышленных предприятий в зимний период. Концентрация примесей в снеге отражает их содержание в атмосфере и указывает на источник и механизм образования аэрозолей вблизи места отбора проб [1].

Цель исследования: изучение загрязнения воздушной среды в 30-км зоне г. Липецк, подвергающейся воздействию НЛМК.

Основной вклад в загрязнения атмосферного воздуха и окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) вносят предприятия черной и цветной металлургии. Крупнейшим металлургическим комбином в России является группа компаний НЛМК.

Проведен мониторинг промышленного предприятия ПАО НМЛК г. Липецк. Объектом исследования был выбран снежный покров [2].

В результате проведенных исследований выявлено 9 химических поллютантов (Fe, Cr, Zn, Mn, Ni, Co, Pb, Cu, Cd). При этом содержание водорастворимой фракции ТМ в снежном покрове, находится в микроконцентрациях, однако в ближней 4-6 км зоне их содержание в 2-10 раз выше по сравнению с фоном, что говорит о слабой растворимости твердой фракции выпадений, с одной стороны, и повышенной техногенной нагрузке на снежный покров ближней зоны, - с другой.

Наибольшую пылевую нагрузку имеют участки, располагающиеся в восточном направлении, что объясняется воздушным переносом и розой ветров в данном регионе (рис. 1).

Основное поступление металлов происходит на удалении до 9 км от источника выброса. Далее концентрация металлов начинает снижаться и на расстоянии 23 км от факела наблюдаются значения близкие к фоновым.

Уровень суммарного загрязнения ТМ является средним ( $250-450 \text{ мг/м}^2$ ) в ближней зоне воздействия (4-6 км) и низкими на остальной обследуемой территории ( $100-250 \text{ мг/м}^2$ ). Вместе с тем ближняя зона воздействия характеризуется высоким уровнем притока ТМ. Во всей остальной зоне обследования, кроме фоновых территорий, наблюдается средний уровень притока ТМ (преимущественно железа), что говорит о достаточно высокой степени техногенной нагрузки на снежный и почвенный покров.

В результате исследований был определен катионный и анионный состав талых вод снежного покрова, превышения ПДК, установленных для питьевой воды не зарегистрировано.

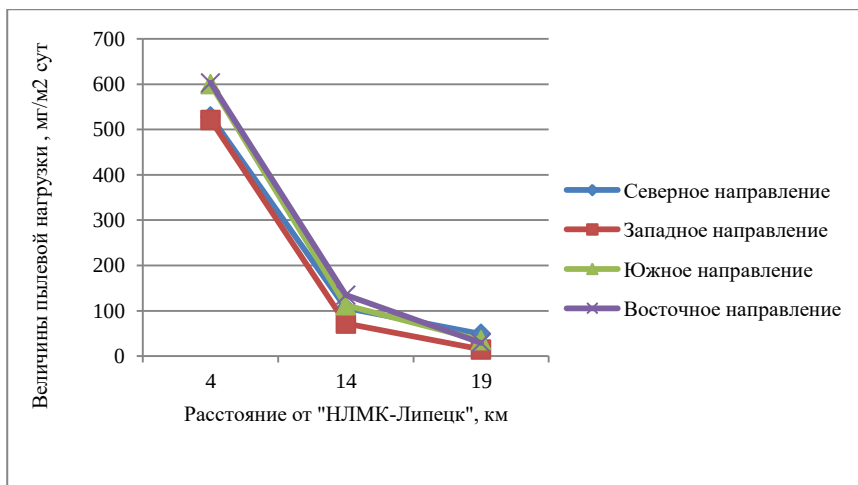


Рис. 1. Пылевая нагрузка на снежный покров в зависимости от расстояния и направления от ПАО «НЛМК-Липецк»

### *Литература*

1 Калманова В.Б. Экологическое состояние снежного покрова как показатель качества урбанизированной среды (на примере г. Бирибиджана) // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2 (часть 2). – 8 с.

2 Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве» Утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 15 мая 1990 г., № 5174-90. – Главное санитарно-профилактическое управление МЗ СССР. – 16 с.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ТРЕКОВОЙ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА ДЛЯ НУЖД МЕМБРАННОЙ ДИСТИЛЛЯЦИИ**

*О.М. Манакова, Т.Е. Ларичева, О.А. Ананьева  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

В ряде регионов мира возникла и уже принимает угрожающие масштабы локальная проблема нехватки воды. В подобных условиях острого дефицита пресной воды особую актуальность приобретают альтернативные технологии пополнения водных ресурсов, в том числе и за счет опреснения морской воды. Одним из перспективных направлений в методах опреснения высокоминерализованных и морских вод является возможность использовать метод мембранной дистилляции на основе гидрофобных трековых мембран, в основе которых лежит облучение тонких полимерных пленок ускоренными многозарядными ионами, осколками деления урана, синхротронным излучением [1-3]. Данный метод так же находит широкое применение и в иных сферах, таких как медицина, биотехнологии, электронная промышленность и др. [4,5].

Главной технологической задачей является поиск эффективных физико-химических способов управления скоростью травления латентного трека, необходимых для уменьшения времени получения мембран с конкретно заданными свойствами и характеристиками [6].

Целью данной работы является получение трековой мембраны для целей мембранной дистилляции с диаметром пор 0,3 мкм на основе фторсодержащего полимера поливинилиденфторида для изучения ее свойств и характеристик [7]. А именно, изучение зависимости производительности трековой мембраны от условий проведения мембранной дистилляции (зависимость производительности от концентрации солей в очищаемом растворе, температуры и заряда катиона растворенной соли); изучение сенсibiliзирующего влияние диметилформамида на диаметр

пор трековой мембраны; изучение влияния УФ-излучения на процесс образования трековой мембраны с заданным диаметром пор.

### *Литература*

1 Мулдер М. Введение в мембранную технологию: пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 513 с.

2 Drioli E., Wu Y. Membrane distillation: an experimental study // Desalination. – 1985. – V. 53. – P. 339-346.

3 Shnider K., Van Gassel T.N. Membrane distillation // Chem.Eng.Techn. – 1984. – №7. – V. 56. – P. 514-521.

4 Дытнерский Ю.И., Агашичев С.П., Акобян А.А., Фалилеева Г.Г. Концентрирование термолабильных растворов мембранной дистилляцией // Мембранные методы разделения смесей: Тез. Докл. Владимир, 23-27 дек., 1991, Черкассы. – с. 95-96.

5 Елкина И.Б., Золотарев П.П., Нежулин В.Н., Угрозов В.В., Хамизов Р.Х. Разделение и концентрирование растворов солей методом мембранной дистилляции с газовым зазором // Коллоидный журнал. – 1995. – №3. – Т. 57. – С. 325-328.

6 Митерев А.М. Теоретические представления о формировании и эволюции треков заряженных частиц // Успехи физ. наук. 2002. – Т. 172. – №10. – С. 1131-1164.

7 Сухарева А.Ю. Получение трековых мембран на основе фторсодержащих полимеров. Выпускная квалификационная работа. – Обнинск, 2018.

## **ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЖИДКОМ ПОЛИВИТАМИННОМ ПРЕПАРАТЕ**

*Милицина У. А., Карасева Е.Н.*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Аскорбиновая кислота – вещество, играющее важную роль в жизнедеятельности организма. В частности, она выполняет биологические функции восстановителя и кофермента

некоторых метаболических процессов, является антиоксидантом. Организм человека не способен сам синтезировать аскорбиновую кислоту. Удовлетворение этой потребности происходит путем поглощения пищи, содержащей витамин С. Если же организм нуждается в дополнительном поступлении аскорбиновой кислоты, используются соответствующие препараты [1].

Аскорбиновая кислота выпускается в чистом виде, но чаще она входит в состав поливитаминных препаратов. В данной работе акцент делается на поливитаминные препараты для детей.

Поливитамины для детей с первых дней жизни чаще всего выпускаются в жидком виде (сиропы), и на российском рынке большинство из них представлены зарубежными производителями. Эту ситуацию можно было бы изменить, создав отечественные аналоги таких препаратов.

При рассмотрении возможности создания российских аналогов поливитаминных препаратов для детей, появляется необходимость выбора и отработки методики определения аскорбиновой кислоты в жидком препарате

В качестве объекта исследования был выбран поливитаминный препарат Мульти-табс® Бэби, содержащий 35 мг аскорбиновой кислоты на 1 мл раствора.

Целью работы была валидация методики титриметрического определения аскорбиновой кислоты методом йодометрии в жидком поливитаминном препарате.

Вначале была исследована специфичность. Для этого было приготовлено 6 модельных растворов, содержащих в своем составе все компоненты Мульти-табс® Бэби в тех же количествах, кроме аскорбиновой кислоты. Проведено йодометрическое титрование этих растворов. Оказалось, что при добавлении первой капли йодата калия индикатор меняет цвет. Поэтому можно сделать вывод, что методика специфична.

Для проверки линейности была приготовлена серия растворов, содержащих 28,0 мг/мл, 31,5 мг/мл, 35,0 мг/мл, 38,5 мг/мл и 42,0 мг/мл аскорбиновой кислоты. По окончании анализа оказалось, что данные, получаемые в результате

титрования, прямо пропорциональны концентрации, и коэффициент корреляции составляет 0,999.

Воспроизводимость методики была исследована на растворах аскорбиновой кислоты с концентрацией 35,0 мг/мл в течение нескольких дней разными людьми. Оказалось, что выбранная методика обладает внутри лабораторной сходимостью.

### ***Литература***

1 Машковский М.Д. Лекарственные средства. - 15-е изд., перераб., испр. и доп. - М.: ООО "Издательство Новая Волна", 2005. - 1200 с.

## **СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В КОМБИНИРОВАННОМ ЛЕКАРСТВЕННОМ ПРЕПАРАТЕ**

*Г.Р. Пинчук, Н.Б. Эпштейн*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Объектом исследования являлся комбинированный препарат для симптоматического лечения гриппа и ОРВИ. Форма выпуска – капсулы А и Б. В состав капсул А входят: ацетилсалициловая кислота 0,25 г, аскорбиновая кислота 0,3 г и рутозида тригидрат 0,02 г. Цель исследования – установить применимость чувствительного спектрофотометрического метода для определения аскорбиновой кислоты в капсуле А препарата.

Первоначально была приготовлена модельная смесь компонентов, содержание которых соответствовала количеству индивидуальных веществ в препарате. Исследование проводили в водном растворе с учетом полной водорастворимости аскорбиновой кислоты. Рутозид в воде практически нерастворим, поэтому он полностью был отфильтрован на фильтре Шотта. Ацетилсалициловая кислота мало растворима в воде, поэтому частично она была удалена фильтрованием, но ее следы присутствовали в анализируемом растворе.

На первом этапе были рассчитаны [1] средние значения молярных коэффициентов поглощения ( $\epsilon$ ) для стандартных образцов шести различных концентраций аскорбиновой и ацетилсалициловой кислот по закону Бугера-Ламберта-Бера (табл. 1).

На втором этапе было определено содержание аскорбиновой кислоты в модельном растворе методом Фирордта [2].

На завершающем этапе проведено количественное спектрофотометрическое определение аскорбиновой кислоты в капсуле А препарата. Представленные в итоговой табл. 2 результаты исследования показывают применимость спектрофотометрического метода определения аскорбиновой кислоты в исследуемом лекарственном препарате.

Таблица 1

Средние значения молярных коэффициентов поглощения  
в максимумах поглощения для индивидуальных компонентов  
( $n=5$ ,  $P=0,95$ )

| Аскорбиновая кислота                                      |                                                          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $\lambda_1^{max} = 265 \text{ нм}$                        | $\lambda_2 = 195 \text{ нм}$                             |
| $\epsilon_1^{max} = 11903,37 \pm 13,88 \text{ л/моль см}$ | $\epsilon_2 = 2789,01 \pm 14,02 \text{ л/моль см}$       |
| Ацетилсалициловая кислота                                 |                                                          |
| $\lambda_1 = 265 \text{ нм}$                              | $\lambda_2^{max} = 195 \text{ нм}$                       |
| $\epsilon_1 = 2016,55 \pm 53,32 \text{ л/моль см}$        | $\epsilon_2^{max} = 4211,49 \pm 53,13 \text{ л/моль см}$ |

Таблица 2

Результаты количественного определения аскорбиновой кислоты  
( $m$  – масса аскорбиновой кислоты,  $n=5$ ,  $P=0,95$ )

| $m$ , г<br>введено | $m$ , г<br>найденно в модельном<br>растворе | $m$ , г<br>найденно в капсуле А |
|--------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| 0,3000             | $0,3001 \pm 0,0004$                         | $0,2996 \pm 0,0004$             |



## *Литература*

- 1 Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия. Аналитика. Кн. 2: Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Высшая школа, 2010. – 558 с.
- 2 Глазырина Ю.А., Сараева С.Ю., Козицина А.Н. и др. Оптические методы в фармацевтическом анализе. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015. – 96 с.

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СУРРОГАТНОГО МОНИТОРИНГА СУБСТАНЦИИ ОСИМЕРТИНИБА МЕЗИЛАТА**

*И.А. Пожарнов<sup>1</sup>, Г.В. Раменская<sup>1</sup>, Е.А. Савенков<sup>2</sup>, Н.Б. Эпштейн<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет), г. Москва, Россия*

*<sup>2</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Задача гигиенического нормирования содержания активной фармацевтической субстанции (АФС) в рабочей зоне является одной из приоритетных на современном фармацевтическом производстве. Особенно это актуально для сильнодействующих АФС с предельно допустимой концентрацией (ПДК) не более 10 мкг/м<sup>3</sup> в течение рабочей смены 8-часов. К таким АФС относится осимертиниба мезилат (ОМ), предназначенный для лечения пациентов с немелкоклеточным раком легкого, являющегося одним из наиболее распространенных злокачественных легочных новообразований.

Настоящее исследование посвящено обоснованию гигиенического нормирования содержания аэрозоля ОМ (рис. 1) в воздухе рабочей зоны на фармацевтическом предприятии путем проведения суррогатного мониторинга. Суррогатный мониторинг – это мониторинг, в котором во время моделирования производства и связанных с ним процессов.

используется неактивный материал (чаще всего лактоза, напроксен или маннитол) вместо сильнодействующей АФС.

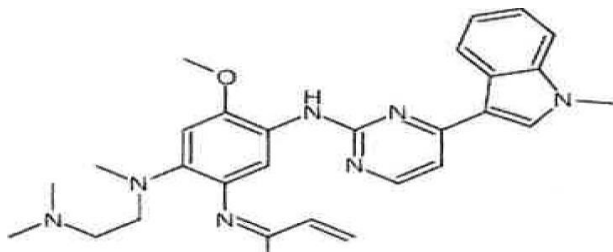


Рис. 1. Структурная формула осимертиниба мезилата

Для предотвращения воздействия АФС на рабочий персонал в исследовании были использованы эффективные инженерные системы удерживания частиц, такие как, перчаточный бокс, жесткий и гибкий бокс сдерживания, подвижный вентиляционный зонт. Для отбора проб использовали: аспираторы (для воздуха), полиэстровые свабы с длинной ручкой (для субстанции). Количественное содержание ОМ в пробах проводили методом ВЭЖХ.

В результате проведенной работы

1. Изучены особенности и методы проведения суррогатного мониторинга на фармацевтическом предприятии.
2. Выбрано вещество для замены АФС для проведения суррогатного мониторинга.
3. Разработана схема отбора проб, включающая в себя смывы с поверхностей и образцы воздуха рабочей зоны.
4. Проведен суррогатный мониторинг и определено содержание суррогата в отобранных образцах.
5. Убедились, что оборудование и методика производства обеспечивают для работника ожидаемый уровень защиты от воздействия токсичной АФС.

### *Литература*

- 1 Материалы по обоснованию ОБУВ иматиниба в воздухе рабочей зоны. ВНИЦ БАВ. Старая Купавна, 2013. (Архив Секции "Промышленная токсикология").

2 Сайт [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/name/startswith/osimertinib> (дата посещения 15.03.2020)

3 Сайт «Medchemexpress» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.medchemexpress.com/Osimertinib.html> (дата посещения 23.01.2020).

## **НИТРАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ Г. БОРИСОГЛЕБСКА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Т.И. Прожорина, Ю.А. Преснякова  
Воронежский государственный университет,  
г.Воронеж, Россия*

В последние годы в Воронежской области отмечен прогрессирующий рост антропогенного загрязнения подземных вод, особенно в индустриально развитых населенных пунктах. К основным источникам загрязнения относятся свалки, полигоны ТБО, сбросы промышленных стоков на поля фильтрации или непосредственно в водоемы без очистки от сахарных заводов, крупных животноводческих комплексов, промышленных предприятий и др. [1].

Цель работы заключалась в выявлении нитратного загрязнения питьевой воды, отобранной из источников централизованного и децентрализованного водоснабжения г. Борисоглебска, по количественным показателям соединений азота в химическом составе воды.

20.01. 2020г. авторами работы было отобрано 4 разовых пробы питьевой воды из разводящей сети Северного и Юго-восточного районов г. Борисоглебска (по 2 пробы в каждом районе) и 2 разовые пробы воды из источников децентрализованного водоснабжения, отобранных из индивидуальных скважин на окраине города.

Химический анализ проб воды на присутствие компонентов азотной группы (нитриты, нитраты, аммиак) проводился с помощью фотоколориметрического метода анализа [2]. По результатам работы были получены выводы:

1. Централизованные источники. Несмотря на то, что содержание группы азотистых соединений во всех пробах воды соответствует требованиям гигиенических нормативов, в пробе №3 (район автовокзала) обнаружено значительное количество нитратов (146,75 мг/л), превышающих норму в 3,3 раза ( $\text{ПДК} \leq 45$  мг/л) и аммонийного азота (3,58 мг/л) – в 1,8 раза ( $\text{ПДК} \leq 2$  мг/л). Также установлено единичное превышение аммонийных солей в 1,1 раза в пробе №4 (Юго-восточный район города).

Присутствие повышенного количества азотистых соединений в пробе воды, отобранной в районе автовокзала, свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке и, как следствие, о нитратном загрязнении водопроводной воды.

2. Децентрализованные источники. В пробах из индивидуальных скважин Юго-восточного района г. Борисоглебска установлено нитратное загрязнение питьевой воды. Так, например, в пробе №5, содержание нитратов составляет 70,5 мг/л, что превышает ПДК в 1,56 раза, а содержание аммонийного азота (3,34 мг/л) – в 1,67 раза. Еще более высокие значения нитратов в количестве 428 мг/л зафиксированы в пробе №6, что превышает норму в 9,5 раза, а содержание аммонийного азота (5,56 мг/л) – в 2,8 раза.

Значительное содержание нитратного и аммонийного азота, имеет, вероятно, антропогенный характер, а повышенные значения соединений азота в химическом составе проб воды, отобранных в Юго-восточном районе г. Борисоглебска, могут свидетельствовать о загрязнении *верховодки*, так как глубина индивидуальных скважин составляет до 25 м.

С целью сдерживания и распространения нитратного загрязнения, необходимо более широко внедрять органическое земледелие, т.е. применять менее вредные органические удобрения (птичий помет, навоз и др.), а в качестве реальных мероприятий можно рекомендовать бурение скважин глубиной более 25 м, так как грунтовые воды чище и более защищены от антропогенного воздействия, чем *верховодка*.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779.*

## *Литература*

1 Коробкин А.В., Косинова И.И. Анализ состояния подземных вод // Матер. II конф. партнеров и пользователей «Геолинк Консалтинг». – Воронеж: Воронежгеология, Изд-во Воронеж.ун-та, 2017. – 126 с.

2 Каверина Н.В. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов [гриф ФУМО «Науки о Земле»] - Воронеж: Научная книга, 2019. - 355 с.

## **ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД РЕКИ ВОРОНЕЖ**

*Прожорина Т.И., Преснякова Ю.А.,  
Воронежский государственный университет,  
г. Воронеж, Россия*

Интенсивное воздействие на поверхностные водные ресурсы вблизи индустриально развитых городов приводит к прогрессирующему ухудшению качества воды.

Река Воронеж, протяженностью 520 км - один из наиболее загрязненных притоков Дона. Качество вод р. Воронеж ежегодно ухудшается за счет загрязнения промышленными, коммунально-бытовыми и сельскохозяйственными стоками. Часть площади водосбора исследуемого участка реки расположена на территории Воронежской промышленной городской агломерации. В черте города на реке Воронеж расположено Воронежское водохранилище, построенное в 1972 г. [1].

Воды р. Воронеж испытывают значительную рекреационную нагрузку, так как вдоль русла реки расположены многие туристические базы, детские лагеря, базы отдыха, отели.

Поэтому в качестве объекта исследования был выбран участок реки Воронеж, протекающей в пределах 40 - км зоны, ограничивающей территорию крупного промышленного города Воронеж и Рамонского района Воронежской области.

Цель работы заключалась в гидрохимической оценке качества вод реки Воронеж, протекающей в пределах города Воронежа, на основании результатов химического состава 9 разовых проб воды, отобранных летом 2019г.

Химический анализ приоритетных загрязнителей проб воды проводился с применением органолептического, химического и инструментального методов анализа [2].

По результатам работы были получены следующие выводы.

1. Органолептические исследования показали, что практически все пробы воды из р. Воронеж обладают повышенной цветностью (40 град), которая объясняется наличием в водотоке тонкодисперсных взвесей как естественного, так и антропогенного происхождения.

2. Результаты химического анализа показали, что величина минерализации, рН и содержание основных макрокомпонентов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) удовлетворяют нормативам ПДК для вод рыбохозяйственного назначения. Исключение составляет единичная проба воды (№7), отобранная в роднике Париновский Рамонского района, в которой содержание  $\text{SO}_4^{2-}$ -иона превышает норму в 1,05 раза.

Для всех проб величина общей жесткости находится в интервале от 3,4 до 4,5 ммоль/л, воды характеризуются как «умеренно-жесткие».

3. Результаты анализа на содержание азотистых соединений выявили превышения ПДК по нитритному азоту. В 5 пробах воды содержание  $\text{NO}_2^-$  - иона зафиксировано в диапазоне от 0,09 до 0,15 мг/л (ПДК≤0,08 мг/л), что превышает норму от 1,1 до 1,5 раза. По содержанию аммонийного азота воды оцениваются как «умеренно загрязненные» и относятся к 3 классу качества.

4. Из 9 отобранных проб воды в 6 пробах (п.г.т. Рамонь, пос. Нелжа, Ступино, район моста в пос. Ступино, с. Ивницы, с. Чертовицы Рамонского района) содержание железа превышает норму (ПДК≤0,1 мг/л) от 1,1 до 2,1 раза. Повышенное содержание железа, по всей видимости, обусловлено природным происхождением, характерным для воронежских вод.

5. Наиболее значительное нарушение режима использования водоохранных зон отмечено на участках наблюдений р. Воронеж на территории с. Ступино и с. Чертовицы Рамонского района.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Воронежской области, проект № 19-45-360003 p\_a*

### ***Литература***

1 Мишон В. М. Река Воронеж и ее бассейны: ресурсы и водно- экологические проблемы / В. М. Мишон. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2000. – 296 с.

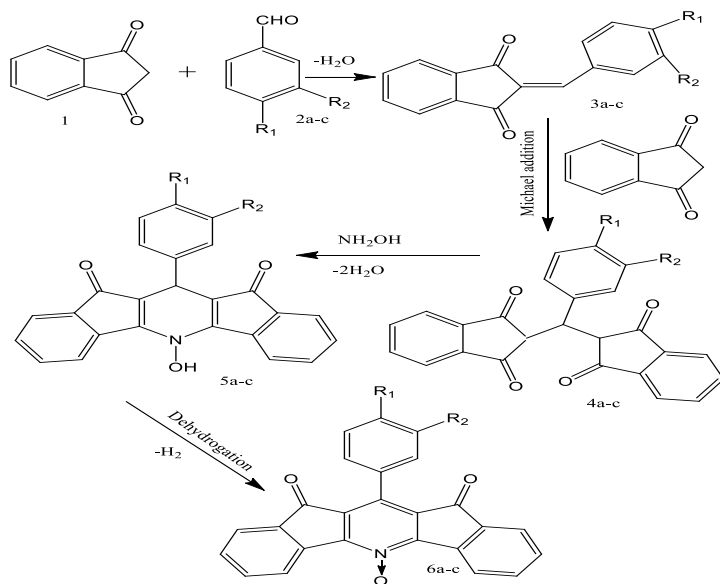
2 Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов [гриф ФУМО «Науки о Земле»] / Н.В. Каверина и [др.] - Воронеж: Научная книга, 2019. - 355 с.

## **СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИИНДЕНОПИРИДИНА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫМИ МЕТОДАМИ**

*А.Н. Пырко, М.В. Смольник*

*Белорусский государственный университет,  
МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь*

В данной работе представлены данные по экологически безопасному синтезу трех новых производных бисинденопиридина. Полициклические производные пиридина и 1,4-дигидропиридина представляют интерес, так как соединения такой структуры обладают разными видами биологической активности и могут явиться основой медицинских препаратов противоопухолевого, противовоспалительного, гепатопротекторного, антиоксидантного противосудорожного, антибактериального, противовирусного, спазмолитического действия [1]. Некоторые из них проявили пестицидную активность [2].



$R_1 = N(CH_3)_2$  (a), OH (b,c);  $R_2 = H$  (a,b),  $OCH_3$  (c)

Рис. 1 Схема синтеза соединений 6a-c

Синтез соединений осуществляли трехкомпонентным взаимодействием индандиона **1**, ароматических альдегидов **2a-c**, гидроксилamina солянокислого (синтез Ганча, рис. 1.), причем, процесс проводили в одной колбе, используя в качестве растворителя этиловый спирт и воду, а в качестве катализаторов лимонную кислоту и трис-ацетат. Используемые растворители, катализаторы и реагенты являются экологически безопасными и методы получения соответствуют принципам «зеленой» химии. Реакция протекает через промежуточное образование бензилидениндандионов **3a-c**, присоединяющих вторую молекулу индандиона, превращаясь в тетракетоны **4a-c**. Циклизация последних с участием гидроксилamina приводит к пентациклическим 1,4-дигидропиридиновым производным **5a-c**, которые в условиях реакции превращаются пиридиновые производные **6a-c**.

Таким образом, экологически безопасными методами осуществлен синтез трех производных диинденопиридина,



представляющих интерес в качестве потенциальных биологически активных веществ. Структура соединений установлена на основании данных масс- и УФ-видимой спектроскопии.

### *Литература*

1 Shekari F., Sadeghpour H., Javidnia K. Cytotoxic and multidrug resistance reversal activities of novel 1,4-dihydropyridines against human cancer cells // Eur. J. Pharmacol. – 2015. – V. 746. – N 1. – P. 233–244.

2 Пырко А.Н. Синтез и биологические испытания на пестицидную активность производных 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10-декагидро-акридиндиона-1,8 // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2017. - Т. 7, № 2. - С. 16–20.

## **ОЦЕНКА ПРОТИВООПУХОЛЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВОГО ПРОИЗВОДНОГО ИНДОЛ-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОПУХОЛИ АКЭ IN VIVO**

*В.А. Рыбачук<sup>1</sup>, О.В. Солдатова О.В.,<sup>2</sup> А.А. Шитова<sup>2</sup>,  
В.И. Суринова<sup>2</sup>, М.В. Филимонова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> - МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФБГУ «НМИЦ радиологии»  
Минздрава России, Обнинск, Россия*

В XXI веке проблема профилактики и терапии злокачественных новообразований, к сожалению, остается нерешенной. Поиск новых безопасных средств является актуальным в связи с несовершенством существующих методов и схем терапии неоплазий. Одним из эффективных решений может стать терапия злокачественных новообразований с использованием иммуномодулирующих средств.

В лаборатории радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба одним из направлений является изучение возможности терапии злокачественных новообразований с использованием

средств, обладающих иммуномодулирующим потенциалом. Так, еще в 1970-е годы сотрудниками лаборатории был разработан иммуномодулятор арбидол (RU 2033157 C1) с доказанной умеренной эффективностью в отношении ингибирования метастазирования. В настоящее время в лаборатории разработано новое уникальное соединение под кодовым названием ВТ1, по предварительным данным, сочетающее в молекулярной структуре алкилирующие и иммуномодулирующие компоненты.

Целью работы является оценка противоопухолевого потенциала соединения ВТ1, обладающего цитотоксическим алкилирующим и иммуномодулирующим механизмами действия.

Для предварительной оценки безопасности соединения ВТ1 проведено исследование острой токсичности экспресс-методом по Прозоровскому, что позволило определить показатели острой токсичности ( $LD_{50} = 205 \text{ мг/кг}$ ) и отнести ВТ1 к 3 классу опасности химических соединений (вещества умеренно опасные, ГОСТ 12.1.007-76).

На основе полученных результатов были начаты пилотные исследования по оценке противоопухолевой эффективности ВТ1 у мышей линии F1 (CBAxC57Bl/6j). В качестве опухолевой модели использована солидная форма асцитной карциномы Эрлиха (АКЭ), которую имплантируют животным подкожно, в область латеральной поверхности правого бедра. Мыши разделены на контрольную и экспериментальные группы. В группе "Контроль" животные-опухоленосители не подвергаются лечению. В опытных группах животные получают вещество ВТ1 в дозах  $1/4$  и  $1/6 LD_{50}$  внутривентрально ежедневно с первых суток после трансплантации опухоли. Противоопухолевая эффективность ВТ1 оценивается 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.

На основании анализа результатов пилотного эксперимента будут запланированы детальные исследования

противоопухолевой эффективности ВТ1 на нескольких моделях неоплазий *in vivo* с применением разных схем терапии.

Таким образом, результатом исследований может стать разработка нового соединения, обладающего цитотоксической алкилирующей и иммуномодулирующей эффективностью в качестве прототипа нового отечественного противоопухолевого средства.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ GENTIANA LUTEA L. В РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ И ОНКОЛОГИИ**

*Е.А. Смирнова<sup>1</sup>, О.В. Солдатова<sup>2</sup>, А.А. Шитова<sup>2</sup>, М.В.  
Филимонова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> - МРНЦ им. А.Ф. Цыба - филиал ФБГУ «НМИЦ радиологии»  
Минздрава России, г.Обнинск, Россия*

*Gentiana lutea L.* (горечавка желтая) – известное и распространенное растение, нашедшее свое лечебное применение в народной и официальной фармации и медицине. Это многолетнее травянистое растение, произрастающее на всей территории Европы по склонам гор, в предгорьях. В народной медицине России и некоторых других стран СНГ отвар корней горечавки применяют при кашле, радикулите, малокровии, подагре, ревматизме, туберкулезе и других патологических состояниях. Листья этого растения используются для приготовления чая, который пьют как желчегонное и стимулирующее пищеварение средство.

В статье [1] было определено, что метанольные экстракты цветов и листьев *Gentiana lutea L.* обладают антибактериальной активностью. Было исследовано воздействие метанольного экстракта корня в дозах 250 и 500 мг/кг на центральную нервную систему мышей [2]. Также были успешно проведены

исследования радиозащитных свойств водно-этанольных экстрактов горечавки *in vitro* [3].

В отечественной медицине горечавка применяется в основном как средство, оказывающее слабительное, желчегонное и бактерицидное действия. Вместе с тем, для современной онкологии и радиационной медицины востребованными являются разработка не только сильнодействующих противоопухолевых, цитостатических и радиомодифицирующих лекарственных препаратов, но и сопутствующих средств, которые могут быть использованы в качестве адъювантов в составе комплексной терапии неоплазий. К таким адъювантам можно отнести витамины, средства растительного и животного происхождения.

Лаборатория радиационной фармакологии МРНЦ им. А.Ф. Цыба занимается разработкой средств, рецептур и схем противоопухолевой терапии, а также радиомодификаторов для радиационной медицины и онкологии. Одним из направлений является изучение противоопухолевого потенциала корня горечавки (*Gentiana lutea* L.), возможности его применения в качестве радиопротектора и радиомитигатора.

Для первоначальной оценки противоопухолевого и радиозащитного потенциала *Gentiana lutea* L. начаты две серии пилотных исследований. В первом исследовании животным контрольной и опытной группы трансплантировали суспензию клеток карциномы Эрлиха в солидной форме (КЭ). Животные контрольной группы не получают лечения. Животные опытной группы со следующих суток после трансплантации опухоли получают ежедневно перорально 3 мг экстракта корня горечавки в 10 мл дистиллированной воды. Курс противоопухолевой терапии – 15 суток. Оценивается состояние животных-опухоленосителей, динамика веса и роста опухолевого узла.

Во втором исследовании животные контрольной и двух опытных групп подвергались тотальному гамма-облучению  $^{60}\text{Co}$  на установке Агат в дозе 6 Гр (мощность дозы 1,5 Гр/мин). Животные контрольной группы не получали лечения. Животные в опытных группах получали перорально 3 мг экстракта корня горечавки в 10 мл дистиллированной воды: в первой группе в

течение 6 суток перед облучением и во второй группе в течение 7 суток после облучения. По окончании эксперимента животные подвергаются плановой эвтаназии под эфирным наркозом. Согласно методике, селезёнка каждого животного извлекается и фиксируется в кислой жидкости Буэна. На следующие сутки проводится подсчёт эндоколоний на поверхности селезёнки контрольных и опытных животных.

В настоящее время пилотные исследования находятся в стадии завершения. На основании статистической обработки и анализа полученных результатов будут разработаны схемы дальнейших исследований. Запланированные исследования станут основанием для оценки возможности применения корня *Gentiana lutea* L. в радиационной медицине и онкологии в качестве адъюванта в составе комплексной противоопухолевой терапии и/или средства профилактики и лечения осложнений радиотерапии.

### *Литература*

1 Savikin K., Menković N., Zdunić G., Stević T., Radanović D., Janković T. Antimicrobial activity of *Gentiana lutea* L. extracts // Z. Naturforsch. – 2009. – V. 64. – P. 339-34.

2 Oztürk N., Başer K.H., Aydin S., Oztürk Y., Caliş I. Effects of *Gentiana lutea* ssp. *symphyandra* on the central nervous system in mice // Phytother. Res. – 2002. – V. 16. – P. 627-631.

3 Menkovic N., Juranic Z., Stanojkovic T., Raonic-Stevanovic T., Savikin K., Zdunić G., Borojevic N. Radioprotective activity of *Gentiana lutea* extract and mangiferin // Phytother. Res. – 2010. – V. 24(11). – P. 1693-1696.

## ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ

*Т.Л. Смирнова*

*Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Реализуемая «Концепция устойчивого развития» в ядерной энергетике ориентирована на поддержку сбалансированного состояния экологической системы, эффективное использование энергетических ресурсов, сохранение их для будущих поколений. Производство электроэнергии для обеспечения устойчивого экономического роста страны на основе безопасного технологического цикла АЭС позволяет снизить риски выбросов  $\text{CO}_2$ , более полно удовлетворить растущие социальные потребности населения в использовании электроэнергии, сократить социально-экономическое неравенство групп потребителей за счет стабилизации структуры издержек, создать новые рабочие места с информационно-коммуникационными компетенциями.

Повышение уровня загрузки производственных мощностей, эффективный контроль технологических экстерналий, привлечение долгосрочных государственных и корпоративных инвестиций для развития жизненного цикла АЭС позволяет снижать риски глобальной конкурентоспособности национальной экономики. Использование ядерных технологий в производстве электроэнергии обеспечивает переход к новому технологическому укладу на принципах сохранения «естественной безопасности», сокращения выбросов парниковых газов и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду в результате разработки интегрированной долгосрочной национальной инновационной, энергетической и социально-экономической политики [1].

Мониторинг аспектов устойчивого развития осуществляется по ключевым приоритетным направлениям: экономическая, социальная и экологическая эффективность в использовании энергетических ресурсов для развития ядерных технологий,

культуры бережливого производства. Основные направления политики устойчивого развития в ядерной энергетике предполагают нераспространение ядерных материалов, выполнение государственного оборонного заказа, создание эффективной цепочки добавленной стоимости, сохранение жизни и здоровья работников за счет реализации социальных программ на территориях присутствия ГК «Росатом» (табл. 1).

В 2015-2018 гг. выбросы загрязняющих веществ ГК «Росатом» в атмосферу сократилась в результате снижения уровня загрузки вредных и опасных производств по факторам экологического риска, реконструкции и ввода новых очистных сооружений, реализации эффективной экологической политики. В 2017-2018 гг. на реабилитацию территорий была направлена часть прибыли ГК «Росатом» и привлечено государственное финансирование по программе ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности до 2025 года», а также получено дополнительное финансирование частных инвесторов по другим направлениям: вывоз и переработка, захоронение, создание хранилищ ОЯТ общим объемом более 46 млрд. руб [2].

Таблица 1

Выбросы вредных веществ в атмосферу ГК «Росатом», тыс. т [2]

| Показатели              | 2015 | 2016 | 2017 |
|-------------------------|------|------|------|
| Выбросы твердых веществ | 15,7 | 16,1 | 12,8 |
| Выбросы SO <sub>2</sub> | 12,6 | 11,4 | 8,6  |
| Выбросы CO              | 4,6  | 4,5  | 3,6  |
| Выбросы углеводородов   | 2,4  | 2,2  | 1,8  |

### *Литература*

1 Smirnova T.L. Educational environment of universities to creating technosphere safety and development of innovation economy // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1399. – No. 5. – DOI: 10.1088/1742-6596/1399/5/05508.

2 Годовой отчет ГК «Росатом». – Москва: Росатом, 2017. – 99 с.

# РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ИНДАПАМИДА

*М.В.Сполохова<sup>1</sup>, А.В.Борисонова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики

– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> – ООО «Хемофарм», г. Обнинск, Россия

Индапамид выбран в качестве критического продукта на предприятии ООО «Хемофарм». На основании установленных критериев приемлемости чистоты (0,183 мкг/мл) разработана методика определения остаточного содержания Индапамида после очистки оборудования [1] и проведена валидация [2].

Подобрана подвижная фаза состава: 6 мл раствора А (натрия додецилсульфата+3мл уксусной кислоты в колбе на 100мл, растворитель вода), 20 мл 2-бутанола, 310 мл ACN, 10 мл (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N и 690 мл H<sub>2</sub>O, довести рН полученного раствора до значения 3,0 ±0,05 с помощью ортофосфорной кислоты. Хроматографическая колонка: Lichrospher 100RP 18, 125x4,0 мм, 5 мкм.

На рис. 1 представлена хроматограмма Индапамида, а в табл. 1 – результаты валидации, демонстрирующие эффективность предложенного метода.

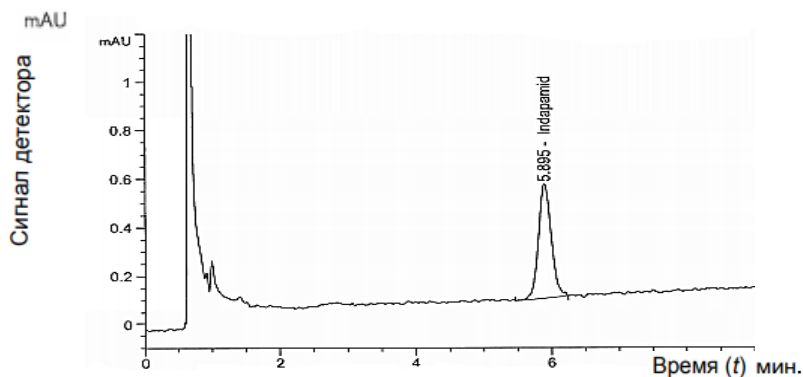


Рис. 1. Хроматограмма Индапамида с подобранной подвижной фазой



Таблица 1

## Результаты валидации Индапамида

| Валидируемые параметры             | Результаты                             |                        |             |
|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|-------------|
| Специфичность                      | подтверждено                           |                        |             |
| Правильность                       | Введено<br>Индапамида,                 | Найдено<br>Индапамида, | Recovery, % |
|                                    | 0,146                                  | 0,147                  | 100         |
|                                    | 0,146                                  | 0,145                  | 99          |
|                                    | 0,146                                  | 0,147                  | 100         |
|                                    | 0,183                                  | 0,183                  | 100         |
|                                    | 0,183                                  | 0,183                  | 100         |
|                                    | 0,183                                  | 0,183                  | 99          |
|                                    | 0,220                                  | 0,219                  | 100         |
|                                    | 0,220                                  | 0,221                  | 100         |
|                                    | 0,220                                  | 0,220                  | 100         |
| Линейность                         | $y = 0,0724x + 0,087$ ( $r = 0.9994$ ) |                        |             |
| Предел обнаружения                 | 0.050 мкг/мл                           |                        |             |
| Предел количественного обнаружения | 0.140 мкг/мл                           |                        |             |

*Литература*

1 Кондратьева М.Л., Наприенко Е.Н., Шкуратова О.В. Разработка аналитических методик для валидации очистки оборудования, используемого в производстве лекарственных средств // Сибирский медицинский журнал – 2011. – Т. 26, № 2-2. – С. 84–97.

2 Егорова А.В., Федосенко А.А., Мальцев Г.В., Антонович В.П. Валидация методик контроля качества очистки фармацевтического оборудования // Аналитика и контроль – 2015. – Т. 19, № 4. – С. 387–395.

## **ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В РАМКАХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Францкевич Е.А., Пожарнов И.А.  
ООО «АстраЗенека Индастриз», Ворсино, Россия*

В современных условиях проблема профилактики неблагоприятного воздействия вредных факторов на человека является крайне важной. Каждый из нас ежедневно контактирует с большим количеством различных веществ, влияющих на организм, в том числе это и химические вещества. Воздействие некоторых химических веществ на организм человека хорошо изучено, по некоторым есть только часть информации, но также есть новые вещества, по которым только ведутся работы по изучению их воздействия на человека и окружающую среду. К таким химическим веществам можно отнести и активные фармацевтические субстанции (АФС).

АФС можно разделить на две группы: широко известные и давно применяемые в фармацевтической отрасли и инновационные АФС, которые выходят на рынок только сейчас.

Разработка ПДК/ОБУВ является обязанностью компании, использующей новые АФС на своем производстве. Такие исследования, как правило, являются длительными и требуют значительных материальных затрат. При этом в результате могут быть получены такие гигиенические нормативы, которые будут требовать внесения изменения в производственный процесс: внедрение инженерных решений по автоматизации процесса производства или по изоляции АФС от работника; использование специальных средств индивидуальной защиты; изменение процессов очистки оборудования и помещений и др.

Все это говорит о том, что начинать процесс разработки гигиенических норм на АФС необходимо в самом начале работы по организации производства каждого конкретного лекарственного средства (ЛС).

При этом недостаточно просто разработать гигиенический норматив. Необходимо постоянно контролировать, что производственные процессы выполняются в рамках этого

гигиенического норматива. Для этого должны быть разработаны аналитические методики количественного определения АФС в воздухе (рабочей зоны, атмосферном), воде и почве, а также организован гигиенический мониторинг АФС.

На примере компании «АстраЗенека» можно увидеть сильную внутрикорпоративную программу по защите человека и окружающей среды от воздействия АФС на всем жизненном цикле продукта.

Завод «АстраЗенека Индастриз», являясь одной из производственных площадок «АстраЗенека», в полном объеме принимает высокие корпоративные стандарты в области обеспечения безопасности при обращении АФС и внедряет на своем производстве все необходимые мероприятия по гигиеническому нормированию и мониторингу АФС, несмотря на возникающие трудности. Мы надеемся, что наш опыт поможет другим производителям ЛС ответственно подойти к вопросу обеспечения безопасности при обращении с АФС и позволит снизить уровни неблагоприятного воздействия вредных факторов на человека и окружающую среду при производстве ЛС.

### ***Литература***

1 52-ФЗ О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения

2 ГН 1.1.701-98 Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК и ОБУВ (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде водных объектов.

3 МУ 1.1.726-98 Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов. Методические указания.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ВЛАДИМИРА И ОБНИНСКА**

*В.А. Шестакова, П.И. Гремченко  
Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

Состояние почвы городских территорий требует особого внимания, так как влияние транспорта, промышленности, процессов строительства оказывает постоянную нагрузку на почвенную систему. Исследование почв рекреационных, промышленных зон, мест исторического значения, крупных автодорожных развязок таких промышленных городов как Владимир и Обнинск является особенно актуальным.

Цель исследования – провести сравнительный анализ экологического состояния почв города Владимира и города Обнинска по физико-химическим, химическим показателям и результатам биодиагностики.

Исследования проводились в августе-сентябре 2016 г. и в феврале – марте 2020 г. Материалом исследования служили городские почвы 7 точек на территории городов Владимира и Обнинска, отличающиеся степенью антропогенной нагрузки. В качестве контрольных образцов были отобраны пробы почвы лесной зоны.

В результате исследования установлено, что исследованные городские почвы (урбаноземы) отличаются от естественных серых лесных и дерново-подзолистых почв Владимирской и Калужской областей разными подзолистостью и гранулометрическим составом, а также обменными процессами.

В верхнем слое городских почв реакция среды (кислотность) изменялась в интервале  $pH_{KCl}$  6,16-7,66. Слабокислой реакцией, близкой к показателям серых лесных почв, характеризуются парки, нейтральной и близко к нейтральной реакции. Изучение свойств почвы показало выраженное

снижение гидролитической кислотности почвенных проб в связи с увеличением степени антропогенной нагрузки.

Почвы города Владимира характеризуются низким содержанием  $\text{NH}_4^+$  обм. – в 1,5-3 раза меньше показателей лесной зоны и высокой концентрацией нитрат-ионов (азота нитратов). Исследованные образцы почвы характеризовались высокой обогащенностью  $\text{P}_2\text{O}_5$  от 103 до 897 мг/кг почвы.

Приоритетными загрязняющими веществами являются соединения свинца и меди. В сравнении с контролем содержание свинца выше в 13,8-20,3 раз или 1,3-2 ПДК) выявлено в местах с высокой техногенной нагрузкой. Высокая положительная корреляционная зависимость выявлена между накоплением в аккумулятивном почвенном слое Pb и Cu и содержанию обменного аммония и кислотностью почв.

Быстрое нарастание активности уреазы и высокая скорость разложения мочевины отмечена в почвенных образцах точек №№ 1,3,4, предполагаем, что здесь содержание нефтепродуктов наибольшее. pH, равный 8, на данных территориях достигло уже через 2-4 часа. Плавный, без резких колебаний процесс разложения мочевины наблюдался в почвенных пробах, собранных на удалении от источников техновоздействия.

На основании значений потери качества окружающей природной среды установлено, что состояние почв парковых зон и станции юннатов с низким уровнем загрязнения соответствует экологической норме. Почвы промышленной зоны с высоким уровнем загрязнения находятся в зоне экологического риска с переходом в зону деградации (4-5 уровни по шкале Яковлева, Макарова).

Таким образом, использование комплекса физико-химических и биоиндикационных методов исследования позволяет интегрально и эффективно сравнить экологическое состояние и степень нарушения почвенного покрова различных территорий г. Владимира и г. Обнинска.

## *Литература*

1 Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1971. – 487 с.

2 Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс – метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. - 1989. - № 11. - С. 142 – 147.

## **МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ХОЛЕСТЕРИНОМ**

*Л.А. Яковишин<sup>1</sup>, В.И. Гришковец<sup>2</sup>, Е.Н. Корж<sup>1</sup>,  
И.В. Головченко<sup>1</sup>, А.А. Нагирняк<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> – Севастопольский государственный университет,  
г. Севастополь, Россия*

*<sup>2</sup> – Таврическая академия Крымского федерального  
университета им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия*

В последнее время активно изучается молекулярное комплексообразование сапонинов с различными фармацевтическими субстанциями и биомолекулами [1]. Известно, что тритерпеновые и стероидные гликозиды образуют молекулярные комплексы со стеринами клеточных мембран, что обуславливает их биологическую активность [2]. Однако взаимодействие со стеринами не всегда подтверждено современными физическими и физико-химическими методами анализа.

Нами изучены совместные молекулярные комплексы холестерина и главных тритерпеновых гликозидов различных видов плющей  $\alpha$ -хедераина (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозида хедерагенина) и хедерасапонина С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина).  $\alpha$ -Хедерин является действующим веществом отхаркивающих препаратов на основе

листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. [3], а хедерасaponин С – его пролекарственной формой.

Комплексы тритерпеновых гликозидов плюща с холестерином получены жидкофазным способом. Межмолекулярное взаимодействие между компонентами подтверждали методом ИК-Фурье спектроскопии с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с алмазным элементом. При этом установлено образование межмолекулярных водородных связей и гидрофобных взаимодействий.

*Работа выполнена в рамках внутреннего гранта Севастопольского государственного университета № 30/06-31.*

### ***Литература***

1 Yakovishin L.A., Grishkovets V.I. Ivy and licorice triterpene glycosides: promising molecular containers for some drugs and biomolecules // Stud. Nat. Prod. Chem. – 2018. – V. 55. – P. 351–383.

2 Hostettmann K., Marston A. Saponins. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.

3 Sieben A., Prenner L., Sorkalla T., Wolf A., Jakobs D., Runkel F., Häberlein H.  $\alpha$ -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of  $\beta_2$ -adrenergic receptors // Biochemistry. – 2009. – V. 48. – P. 3477–3482.

## ТРИТЕРПЕНОВЫЕ ГЛИКОЗИДЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ БРОНХИПРЕТ® СИРОП И ГЕРБИОН® СИРОП ПЛЮЩА

Л.А. Яковичин<sup>1</sup>, В.И. Гришковец<sup>2</sup>, Е.Н. Корж<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Севастопольский государственный университет,  
г. Севастополь, Россия

<sup>2</sup> – Таврическая академия Крымского федерального  
университета им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

Лекарственные препараты на основе листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. (семейство Araliaceae Juss.) являются одними из наиболее популярных при лечении кашля [1]. Листья плюща содержат тритерпеновые гликозиды [2]. Наличие данных биологически активных веществ объясняет фармакологическую активность средств на основе плюща [3]. В Государственный реестр лекарственных средств РФ входят препараты плюща Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп.

Нами изучен состав тритерпеновых сапонинов сиропов Гербион® и Бронхипрет®. Сапонины из сиропов извлекали *n*-бутанолом, насыщенным водой. Полученные экстракты по данным ТСХ включают несколько тритерпеновых гликозидов. При этом показано, что в них содержатся гликозиды олеаноловой кислоты и хедерагенина. Преобладают гликозиды, имеющие агликон хедерагенин. Наибольшее содержание установлено для 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина (хедерасапонина С). Выявлены некоторые отличия в гликозидном составе данных лекарственных препаратов.

### Литература

1 Прожерина Ю. Место современных фитопрепаратов в терапии кашля // Ремедиум. – 2018. – №10. – С. 17–19.

2 Гришковец В.И., Кондратенко А.Е., Толкачева Н.В., Шашков А.С., Чирва В.Я. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* L. Строение гликозидов L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-



6a, L-6b, L-6c, L-7a и L-7b из листьев плюща обыкновенного // Химия природ. соедин. – 1994. – №6. – С. 742–746.

3 Sieben A., Prenner L., Sorkalla T., Wolf A., Jakobs D., Runkel F., Häberlein H.  $\alpha$ -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of  $\beta_2$ -adrenergic receptors // Biochemistry. – 2009. – V. 48. – P. 3477–3482.

## **СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО И ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

### **ASSESSMENT OF IRRADIATION DOSES TO THE GASTROINTESTINAL TRACT OF RATS FROM “HOT” PARTICLES**

*E.N. Denisova, G.V. Kozmin, Yu.A. Kurachenko*

*Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia*

The radioactive (“hot”) particles (HP) production can occur in different nuclear accidents [1]. The aim of the study was to evaluate the biological effect on the internal parts of irradiating laboratory rodents (rats).

To study the HP radiative effect on laboratory rodents, the rats of Wistar breed weighing from 200 to 300 g were used. In the experiments the silicate fused radioactive particles gage 80-160  $\mu\text{m}$  got by “uranium”, “three-component” and “rhenium” models were used because their radiation characteristics are similar to ones of instantaneous fission products of 10-15 hours age [2]. At the time of the HP intake in animals, the HP specific activity ranged from 3.7 to 7.4 GBq/g (100-200 MCi/g). Fig. 1 shows the dependence of the activity and average energy of  $\beta$ -radiation on the time age of “uranium”, “three-component” and “rhenium” model particles.

To obtain radioactive particles of the “uranium” model developed by A. A. Ter-Saakov and V. D. Kurinny, the silicate fused HP with dimensions  $\sim$  80-160 microns and containing uranyl (crystalhydrate  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) on the surface were irradiated by reactor thermal neutrons. The model most fully simulated the particles radiation characteristics in local fallout of a nuclear explosion on silicate soils.

The one-compartmental model of HP transfer was applied to estimate time-dependent activity in rat’s stomach. Then, dose rates in stomach and intestines were evaluated by two calculation techniques:

a) traditional, using simple semiempirical model;

b) more precise one, based on RADAR rat phantom [3].

Dose rates and accumulated doses were received in 1) source localization, i.e. fundus ventriculi; 2) small intestine; 3) thick intestine. In general, the best consistency of accurate and semi-empirical results is achieved at the source localization point. On the periphery, as one would expect, the discrepancy of results is greater. Here doses are many times less.

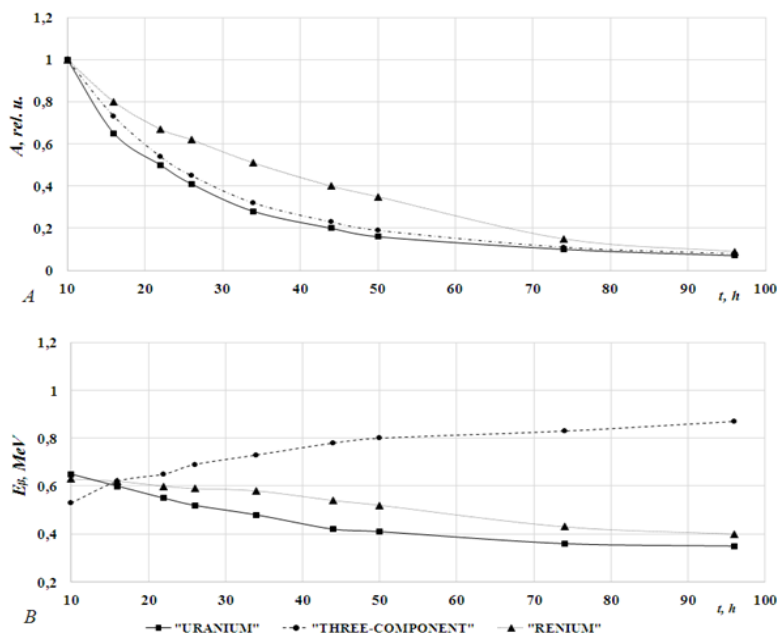


Fig. 1. Experimental source activity (A) and  $\beta$ -radiation average energy (B) for three particles models

*The reported study was funded by RFBR, project number 19-316-90014*

## References

1 Radioactive Particles in the Environment: Sources, Particle Characterization and Analytical Techniques. IAEA-TECDOC-1663. – IAEA. Vienna, 2011. – 77 p.

2 Kozmin G.V., Epimakhov V.G., Snegirev A.S., Sanzharova N.I., Budarkov V.A. Transport of radioactive particles in the gastrointestinal tract of sheep // Radiat. Biology. Radioecology. – 2018. – V. 58(3). – P. 305-316. (In Russian)

3 RADAR - Available Phantoms. Available at:  
<https://www.doseinfo-radar.com/RADARphan.html> (accessed 7 February 2019)

## **ENVIRONMENTAL MONITORING OF SOILS NEAR THE RESEARCH INSTITUTE OF PHYSICAL CHEMISTRY IN OBNINSK**

*S. Fernandez Quiroga, A.A. Oudalova, L.A.Kiseleva,  
T.V. Melnikova, R. Montaña M.*

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

This work focuses on the study of radioactive and chemical contamination of the soil caused by non-power generation nuclear facilities. For this purpose the environmental monitoring of terrestrial ecosystems around the Karpov Institute of Physical Chemistry (KIPC), located in the Obninsk region and exploiting research nuclear reactor, has been carried out.

The published environmental safety reports of the Karpov Institute for the years 2010 through 2018 [1] are analyzed to have initial information about the facility impact on the environment.

In summer 2019, the sampling of soils around the KIPC was carried out. The sampling points in this study are based on research works that had been done before. In total, 19 soil samples were taken. In laboratory studies, the following indexes of physical and chemical properties of the soil are studied: type of the soil, soil density, hygroscopic moisture, moisture capacity, acidity. Instrumental methods such as potentiometric analysis were performed to determine the content of chloride and potassium in the soil. Specific activity of radionuclides was measured in the soil. All

the samplings and measurements had been done following the standards of Russian Federation [2].

It is found from the environmental safety reports that there are some values over the allowed limits. Additionally, we determined that the physical and chemical properties are different from point to point. Specific activities of radionuclides in the soil also vary, and in some points the radionuclides content is particularly higher than in other points. Finally all the data was compared with a similar research done in the previous year, and we found that our physical and chemical properties are similar and the specific activities are little lower than the previous year.

For everything mentioned before, it is strongly suggested that more studies about the consequences to the environment and humans should be done, in more nuclear non-power facilities.

### ***References***

1 Отчёты по экологической безопасности за 2010-2018 гг. ФГУП «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова».

2 ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почва. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 2008.

## **EXPERIMENTAL STUDY ON THE IMPACT OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON REPRODUCTIVE FUNCTION**

*P.A.Vuytsik*

*FSBSI "Izmerov Institute of Occupational Health", Moscow, Russia*

Radiofrequency electromagnetic fields (RF EMF) can negatively impact biological objects, different body systems and organs, including reproductive function [1]. Electromagnetic safety of the population has become a serious problem since the second half of the 20th century, and remains nowadays, since most of the population is affected by EMF of various frequencies and generation modes, the

intensity of which is many times higher than the normal background [2].

The aim of the study was the evaluation of possible effects of whole-body RF EMF exposure on reproduction in pubescent male rats. We evaluated the effects of exposure to the 1890MHz DECT phone signal on the reproductive system of male rats to simulate the active use of the DECT phone during the whole work shift. The experiment was carried out in two sessions. During the first session animals were exposed to EMF in the near field of EMF source on a frequency of 1890 MHz, with power density (PD) being at  $500\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , in the second session of experiment, exposure was run with two times less PD ( $250\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Exposure of one group of 12 animals was held for 10 days (5 days a week, three hours long).

Study of radiofrequency electromagnetic field with power density at  $500\mu\text{W}/\text{cm}^2$  proved that there is an impact on animals' reproductive system. The second week of exposure showed significant degrowth of seminal glands (mass coefficient  $0,0073\pm0,00165$ , test groups –  $0,0086\pm0,00079$ ,  $p<0,05$ ), the forth week also showed reducing trend in seminal glands mass gain. At the second week decline in osmotic resistance of sperm made  $3,3\pm0,27\%$  NaCl, test groups  $4,9\pm0,44$ ,  $p<0,05$ , by the forth week changes were even more evident ( $4,3\pm0,1\%$  NaCl, test groups  $3,5\pm0,1$   $p<0,05$ ). There was also a tendency to lower sperm count in homogenate of epididymis swab in both groups. During the second session, after two weeks of exposure (PD at  $250\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ), there were no statistically relevant dissimilarities. Up to the fourth week of exposure reproductive system changes were registered: statistically significant decline in osmotic resistance of sperm ( $3,9\pm0,07\%$  NaCl, test groups  $4,17\pm0,05$   $p<0,05$ ), as well as degrowth of seminal glands tendency. The group that underwent exposure for four weeks with a follow-on 2-week break revealed statistically important index of lower sperm count in homogenate of epididymis swab ( $66,73\pm6,04$ , test groups  $88,27\pm5,34$   $p<0,05$ ), as well as decline in osmotic resistance of sperm ( $3,77\pm0,07\%$  NaCl, test groups  $4,19\pm0,08$   $p<0,05$ ). The experimental data indicate a negative effect of the EMF frequency of 1890 MHz with PD 500 and  $250\mu\text{W}/\text{cm}^2$  on the reproductive function of animals.

## References

- 1 Kudryashov Yu.B., Perov Yu.F., Rubin A.B. Radiation biophysics: radio frequency and microwave electromagnetic radiation. – Fizmatlit, 2008. – 184 p.
- 2 Rumyantsev G.I., Prokhorov N.I., Nesvizhsky Yu.V., Vinogradov M.A. Analysis of the pathogenetic significance of the radiation of mobile phones // Bulletin of RAMS. – 2004. – N6. – P. 31-36.

## <sup>137</sup>Cs В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕСА НА ТЕРРИТОРИИ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Т.Н. Агеева*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика  
Беларусь*

В зоне радиоактивного загрязнения Могилевской области в настоящее время находится около 400 тыс. га лесных угодий (или 32,6%). Примерно одна третья их часть имеет плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs выше 185 кБк/м<sup>2</sup>. Наиболее сложная ситуация в лесах Быховского, Костюковичского, Краснопольского, Чаусского и Чериковского лесхозов.

Поступление <sup>137</sup>Cs в лесную растительность во многом определяется уровнем радиоактивного загрязнения почв и зависит от их физико-химических свойств и степени увлажнения. Аккумуляторами радионуклидов в лесных сообществах являются грибы. Содержание <sup>137</sup>Cs в грибах может быть в 10-20 раз выше, чем в почве, где они растут [1]. Среди лесных ягод наибольшие уровни накопления <sup>137</sup>Cs характерны для клюквы, за ней идет черника, голубика, брусника, малина и земляника.

Грибы, ягоды и дичь являются основной пищевой продукцией леса. В отдаленный после аварии на ЧАЭС период население области вернулось к традиционному образу жизни и все чаще стало собирать грибы и ягоды, уровни загрязнения которых еще колеблются в широком диапазоне.

Согласно Республиканским допустимым уровням (РДУ-99) содержание  $^{137}\text{Cs}$  в свежих грибах не должно превышать 370 Бк/кг, в лесных ягодах – 185 Бк/кг, дичи 500 Бк/кг.

По данным радиационного контроля УЗ «Могилевский обл ЦГЭ и ОЗ» доля проб свежих грибов с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше допустимого уровня в целом по области в текущем десятилетии находилась на уровне 15-29%, по данным Могилевского ГПЛХО на уровне 28-48%. В наиболее загрязненных районах их доля достигает 50-70%. Максимальные уровни активности лесных грибов составляли в 2011 г. 130606 Бк/кг, в 2012 г. – 29490 Бк/кг, в 2014 г. – 17112 Бк/кг, в 2016 г. – 10880 Бк/кг и в 2017 г. – 9310 Бк/кг. Среди разных видов грибов наиболее загрязненными остаются маслята, средняя активность которых находится на уровне 1320 - 1555 Бк/кг (Быховский и Чериковский лесхоз). У белого гриба средняя активность достигает 830 Бк/кг (Быховский лесхоз), 568 Бк/кг (Белыничский лесхоз), 914 Бк/кг (Чериковский лесхоз). Несмотря на небольшую тенденцию к снижению, удельная активность грибов на территории радиоактивного загрязнения области еще остается довольно высокой.

Среди лесных ягод наиболее распространенной является черника, которая встречается практически во всех районах. Клюква, имеющая специфические условия произрастания, встречается реже (в основном в Белыничском и Кличевском лесхозах). По данным УЗ «Могилевский обл ЦГЭ и ОЗ» около 12-22% отобранных проб лесных ягод имеют содержание  $^{137}\text{Cs}$  выше РДУ, по данным Могилевского ГПЛХО – 25-33%, в наиболее загрязненных районах достигает 40-60%. Максимальная удельная активность лесных ягод в 2012 г. составляла 2254 Бк/кг, в 2016 г. – 1811 Бк/кг, в 2017 г. – 1692 Бк/кг. Высокоактивные пробы регистрировались в основном среди черники. Наибольший удельный вес проб с превышением РДУ-99 отмечался у черники (30-45%) и клюквы (18-45%), среди прочих ягод находился на уровне 10-24%.

Удельный вес проб дичи с превышением РДУ колеблется на уровне 15-30%. Максимальные уровни активности мяса дикого кабана достигают 7000-10000 Бк/кг.



Человек, потребляя загрязненную продукцию леса, пополняет свой организм  $^{137}\text{Cs}$ . Если учесть, что в ряде районов еще сохраняется высокая доля проб грибов, ягод и дичи с превышением допустимого уровня, они могут вносить существенный вклад в дозу внутреннего облучения определенной части населения.

### *Литература*

1 Переволоцкий А.Н. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных биогеоценозах. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 255 с.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РОСТОВСКОЙ АЭС НА РАДИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ**

*К.С. Аксенова, И.А. Бубликова*

*Волгодонский инженерно-технический институт - филиал  
НИЯУ «МИФИ», г. Волгодонск, Россия*

Анализ динамики радиационных воздействий на окружающую среду эксплуатирующейся атомной электростанции является актуальным, так как значительная часть жителей территории размещения станции опасается негативного влияния этих факторов на их здоровье.

Первоначально выдвинута гипотеза о том, что если эксплуатация Ростовской АЭС оказывает влияние на регион размещения, то динамика суммарной бета-активности атмосферных выпадений будет меняться в соответствии с динамикой устойчивости ветра. Также при наибольшем количестве выпадений осадков вблизи Ростовской АЭС, максимальное количество исследуемого параметра будет осаждаться возле радиационного объекта.

В работе была проанализирована динамика рассматриваемого показателя в пяти населенных пунктах, по-разному ориентированных от атомной станции по сторонам света и расположенных на разной удаленности от Ростовской

АЭС. Зависимость  $\Sigma\beta$  активности выпадений [1] была исследована по двум метеорологическим факторам: устойчивость направления ветра [2], среднеемесячное количество осадков [2]. Период анализа динамики: с января 2009 г. по декабрь 2018 г.

Проверка предполагаемых гипотез проводилась с помощью регрессионного анализа. Максимальный коэффициент корреляции равен 0,1, что свидетельствует о слабой линейной связи между исследуемыми параметрами. Оценка значимости модели производилась по критерию Фишера. Подтвердилось, что уравнения трендов статистически не значимы.

Известно, что значительная часть годовых выбросов радионуклидов приходится на период планово-предупредительных, капитальных и внеплановых ремонтов (ППР), на время энергетических пусков энергоблоков. Поэтому была проанализирована суммарная  $\beta$ -активность атмосферных выпадений в периоды пусков блоков и ППР [3] за тот же период по тем же населенным пунктам.

Коэффициент детерминации не превышает 0,23, что означает то, что линейная модель описывает исследуемую зависимость с точностью 23%. Таким образом, по результатам проведенного регрессионного анализа можно сделать вывод об отсутствии зависимости исследуемого показателя региона от метеоусловий и в период проведения планово-предупредительных ремонтов.

Выводы: влияние эксплуатации Ростовской АЭС на суммарную  $\beta$ -активность атмосферных выпадений на рассмотренные населенные пункты не обнаружено. Зависимость между погодными условиями на промплощадке АЭС и суммарной  $\beta$ -активностью атмосферных выпадений населенных пунктов региона не выявлена.

### *Литература*

1 Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации / Справки, ежегодники по загрязнению ОС. – URL : <http://egasmro.ru> (дата обращения: 15.02.2020).

2 Технические отчеты АО ИК «АСЭ» «О натурных гидрометеорологических наблюдениях» за 2009-2018 г. – Волгоград: Ростовская АЭС.

3 Отчеты по экологической безопасности Ростовской АЭС – URL: [http://rosenergoatom.ru/stations\\_projects/sayt-rostovskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/](http://rosenergoatom.ru/stations_projects/sayt-rostovskoy-aes/bezopasnost-i-ekologiya/ekologicheskie-otchety/) (дата обращения: 20.02.2020).

## **ОЦЕНКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВ3 МУТАНТА *ARABIDOPSIS THALIANA* ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА**

*Д.Д. Бабина, М.Ю. Подобед, Е.В. Бондаренко, А.С. Миценок,  
П.Ю. Волкова*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Ионизирующее излучение (ИИ), абиотический стрессовый фактор с большой проникающей способностью, стохастически воздействует на растения, произрастающие на территориях с повышенным естественным радиационным фоном и в условиях техногенного загрязнения, и может вызывать эффекты на разных уровнях организации растений – от молекулярного до экосистемного. Известно, что ИИ может индуцировать повреждения ДНК, приводить к деструктивным изменениям мембран, влиять на биохимические и физиологические процессы [1], в том числе и через медиаторы биохимической природы. Под воздействием ИИ генерируются активные формы кислорода (АФК) [2], нарушаются процессы дыхания и фотосинтеза [3]. В процессе эволюции растения приобрели несколько уровней защиты для минимизации повреждений. Защиту на уровне клетки осуществляют вещества, элиминирующие АФК, такие как глутатион, аскорбиновая кислота, ферменты антиоксидантной системы и фитогормоны, включая абсцизовую кислоту (АБК) [4]. Роль последних в

развитии радиобиологических реакций в настоящее время интенсивно изучается.

Для изучения влияния ИИ на АФК-опосредованный АБК-сигналинг был выбран модельный организм *A. thaliana*: дикий тип (экотип Col-8) и *abi3-8* – линия, невосприимчивая к природной форме S-(+)-АБК. Генотип *abi3-8* (любезно предоставленный Institute Jean-Pierre Bourgin, Франция) содержит мутацию в гене *ABI3* (С-Т транзигция в положении 1297) [5], что препятствует S-(+)-АБК-опосредованному сигналингу. Изучена реакция растений *A. thaliana* на острое  $\gamma$ -облучение семян ( $^{60}\text{Co}$ , ГУР-120, ФГБНУ ВНИИРАЭ) в дозах 50, 100 и 150 Гр, мощность дозы 463 Гр/ч. После облучения семена в 3-х биологических повторностях вернализовали до переноса в фитотрон. Оценивали динамику прорастания, площадь поверхности листьев (программа Easy Leaf Area), биомассу и параметры фотосинтеза (флуориметр Junior-РАМ, Walz, Германия). Измерения параметров фотосинтеза проводились после адаптации к темноте в течение не менее 30 мин. Статистический анализ был выполнен с использованием MS Office Excel 2019 и Statistica 8.0.

При повышении дозы облучения наблюдается снижение массы и площади поверхности листа как для дикого типа, так и для *abi3-8*. Среди изученных фотосинтетических показателей в результате облучения у *abi3-8* были отмечены низкие значения показателя максимального фотохимического квантового выхода ФС II ( $F_v/F_m$ ) и уровня эффективного фотохимического квантового выхода ФС II в условиях светового насыщения,  $Y(II)$ , что указывает на рассеивание энергии возбуждения в виде тепла или на повреждение фотосинтетических компонентов. Учитывая вовлечённость продукта гена *ABI3* в накопление хлорофиллов и антоцианов, это может быть связано с неспособностью *ABI3* мутанта быстро восстанавливать повреждённые компоненты фотосистем.

## *Литература*

- 1 De Micco V., Arena C. *et al.* Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants // *Radiat Environ Biophys.* – 2011. – V. 50. – Is. 1. – P. 1-19.
- 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 Ashraf M., Harris P.J. Photosynthesis under stressful environments: an overview // *Photosynthetica.* – 2013. – V. 51. – P. 163–190.
- 4 Гудков И.Н., Кудяшева А.Г., Москалёв А.А. Радиобиология с основами радиоэкологии / Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2015. – 512 с.
- 5 Nambara, E., Suzuki, M., *et al.* A Screen for Genes That Function in Absciscic Acid Signaling in *Arabidopsis thaliana* // *Genetics.* – 2002. – V. 161(3). – P. 1247–1255.

## **ДОЗОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНВЕРСИИ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ С КОРМОМ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ ЙОДА В ОРГАНИЗМ КОРОВ**

*М.А. Басова, Г.В. Козьмин, Ю.А. Кураченко  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Одной из основных опасностей для человека и животных в первые недели после ядерной аварии являются изотопы йода, которые поступают в организм с пищей и воздухом. В работе [1] были проведены расчёты критической дозы в щитовидной железе (ЩЖ) при экспериментальном кормлении телят и коров, а также получен коэффициент конверсии «Бк => Гр/с». В связи с этим целесообразно исследовать другие значимые изотопы йода в осадках, а именно  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ .

ЩЖ крупного рогатого скота моделируется двумерным осесимметричным телом, состоящим из 9 сегментов, полученных осевыми и радиальными цилиндрическими

сечениями. Эти сегменты симметрично расположены на трахее, имеют разный внешний диаметр и высоту, соединяются попарно, образуя 4 излучающих тела. Пятый источник имитирует перешеек (рис.1).

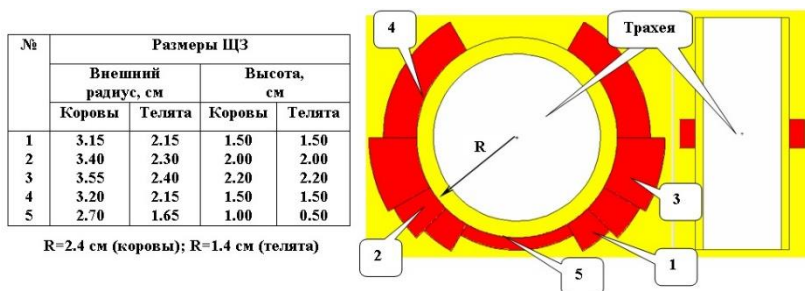


Рис.1. Радиальное (слева) и осевое сечение расчётной модели ЩЖ (MCNP5 [2]). Таблица содержит размеры цилиндрических слоёв ЩЖ

Размеры ЩЖ коровы взяты из работы [3]: для коровы массой ~500 кг среднее значение  $20,0 \text{ см}^3$  и  $20,6 \text{ г.}$ , плотность ткани ЩЖ  $\sim 1,03 \text{ г/см}^3$ , элементный состав взят из публикации [4].

Изотопная активность распределена равномерно по объёму ЩЖ. Точные расчёты (MCNP5 [2]) были проведены для а) переноса  $\beta$ -излучения в ЩЖ, сопровождающегося образованием вторичного излучения и его дальнейшим переносом с учётом всех процессов, включая генерацию и транспорт тормозных, Оже-электронов и др.; б) перенос собственного  $\gamma$ -излучения  $^{131}\text{I}$  с учётом генерации и транспорта рентгеновского и флуоресцентного излучений и др. Диссипация энергии контролировалась до 1 кэВ, интегральная (по энергии) дисперсия дозы составляла  $<0,1\%$ . Полученные коэффициенты конверсии для взрослых коров, учитывающие работу как  $\beta$ -, так и  $\gamma$ -источника, являются следующими:

- $^{131}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 8,02 \text{ сут.}$ ) –  $2,34 \cdot 10^{-12} \text{ Гр/с на 1 Бк}$ ;
- $^{132}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 0,0957 \text{ сут.}$ ) –  $6,73 \cdot 10^{-12} \text{ Гр/с на 1 Бк}$ ;
- $^{133}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 0,867 \text{ сут.}$ ) –  $4,35 \cdot 10^{-12} \text{ Гр/с на 1 Бк}$ ;
- $^{135}\text{I}$  ( $T_{1/2} = 0,274 \text{ сут.}$ ) –  $9,51 \cdot 10^{-12} \text{ Гр/с на 1 Бк}$ .

Динамику каждого радиоактивного йода в ЩЖ нетрудно рассчитать, используя камерную модель [1]. При помощи

коэффициентов конверсии можно получить зависимость мощности дозы от времени, далее интегрированием вычисляется средняя доза в ЩЖ.

### *Литература*

1 Kurachenko Yu.A., Sanzharova N.I., Kozmin G.V., Budarkov V.A., Denisova E.N., Snegirev A.S. Cattle's thyroid dose estimation with compartmental model of iodine metabolism and Monte Carlo transport technique // Medical Radiology and Radiation Safety. – 2018. – V. 63(5). – P. 48-54.

2 X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987. – 2003. – 484 p.

3 Peksa Z, Trávníček J, Dušová H. et al. Morphological and histometric parameters of the thyroid gland in slaughter cattle // Agrobiology. – 2011. – V. 28(1). – P. 79–84.

4 Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. ICRP Publication 89 // Ann. ICRP. – 2002. – V. 32(3-4). – P. 1-277.

## **ВОПРОСЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*О.В. Белая, С.Ю. Перов*

*ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины  
труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия*

Системы беспроводной связи и передачи данных являются основными техногенными источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), оказывающими непрерывное влияние на электромагнитную обстановку среды обитания человека. На современном этапе развития происходит развертывание сетей сотовой связи пятого поколения (5G), которые внедряются при эксплуатации действующих систем различных стандартов предыдущих поколений. Эта ситуация

294

характеризуется не только увеличением общего количества источников ЭМП РЧ, но и усложнением условий воздействия фактора на человека в части разнообразия спектрально-временных параметров работы стандартов связи GSM, UMTS, LTE, 5G/IMT2020. Представляется актуальным рассмотрение проблемы гигиенической оценки новых условий экспозиции в части методических подходов к инструментальному контролю уровней ЭМП РЧ в окружающей среде, отражающих особенности эксплуатации современных передающих радиотехнических объектов (ПРТО). На международном уровне еще не выработано общепринятой методики оценки ЭМП РЧ применительно к системам 5G [1], однако в ряде стран проводятся исследования в этом направлении [2-4 и др.].

Одним из основных вопросов контроля уровней ЭМП РЧ в окружающей среде является оценка вклада отдельных источников в общий уровень экспозиции с использованием селективных средств измерения. Для прогнозирования максимально негативных условий экспозиции при работе ПРТО в режиме передачи на максимальной мощности, применяются подходы экстраполяции результатов измерений при текущем уровне мощности с использованием постоянных компонент передаваемого сигнала, характерных для конкретного стандарта [2,3].

Основными особенностями эксплуатации внедряемых систем нового поколения являются использование частотных диапазонов работы 410–7125 МГц и 24,25–52,6 ГГц, более широкий канал передачи данных (до 400 МГц), применение многоэлементных антенных систем с технологией управления и усиления луча в заданных направлениях, что обеспечивает возможность адаптивного изменения диаграммы направленности в пространстве. Соответственно, при проведении оценки уровней ЭМП РЧ, создаваемых ПРТО 5G, необходимо учитывать спектрально-временную структуру сигнала и пространственно-временные особенности формирования лучей антенными решетками.



## *Литература*

1 TR 62669-2019. Case studies supporting IEC 62232 – determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure // International Electrotechnical Commission. - Geneva: IEC, 2019. – 124 p.

2 Keller H. On The Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations // Health Physics. – 2019. – Vol. 117. - № 5. – P. 541-545.

3 Aerts S. et al. In-situ Measurement Methodology for the Assessment of 5G NR Massive MIMO Base Station Exposure at Sub-6 GHz Frequencies // IEEE Access. – 2019. – V. 7. – P. 184658-184667.

4 Evaluation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques 5G Volet 2 intermédiaire: premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/expase/CND/Rapport-ANFR-resultats-mesures-pilotes-5G.pdf> (Дата обращения 29.02.2020)

## **СИМПТОМАТИКА И ТЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ЯЗВЕННОГО ГАСТРОЭНТЕРОКОЛИТА**

*В.А. Бударков<sup>1</sup>, А.С. Зенкин<sup>2</sup>, С.Г. Шаповалов<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ ФИЦВиМ, пос.Вольгинский, Россия*

*<sup>2</sup> - ФГБОУ ВО МГУ им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия*

*<sup>3</sup> - ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

К настоящему времени по вопросам защиты человека и животных от ионизирующих излучений накоплен богатый материал, однако сведения о радиационных поражениях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) «горячими» радиоактивными частицами (РЧ) в доступных отечественных и зарубежных работах практически не освещены.

Целью настоящего исследования являлось изучение симптоматики и течения радиационного язвенного гастроэнтероколита, обусловленного пероральным поступлением «горячих» РЧ в организм моногастричных животных (крысы, морские свинки, свиньи), которые обладают пищеварительным трактом, сходным по строению с ЖКТ человека.

Получена дозиметрическая, клиническая и патологоанатомическая картина радиационной болезни животных. В наибольшей степени РЧ оседали в участках с высокими ворсинками слизистой оболочки и толстым слоем эпителия. В местах их локализации формировались высокие уровни облучения (до ~50 Гр), где развивались некробиотические и некротические поражения клеток слизистой оболочки. В последующем поврежденные участки отторгались, с ними частично удалялись и РЧ. В целом, болезнь представляет собой патологическое состояние, существенно отличающееся от описанной в литературе кишечной формы острой лучевой болезни [1], очаговостью язвенных поражений ЖКТ, четко выраженной периодичностью процесса и его относительно продолжительным течением. Клинические проявления болезни у моногастричных животных с патологоанатомической оценкой процесса радиационного образования язв в критическом органе – ЖКТ позволили провести классификацию степени тяжести данного вида лучевой болезни и выделить крайне тяжелую, тяжелую, среднюю и легкую степень. Основным фактором, определяющим радиотоксичность РЧ, является сформированная с участием организма животных поглощенная доза  $\beta$ -излучения в критическом органе - желудочно-кишечном тракте.

В табл. 1 представлены активности и дозиметрические показатели, характерные для разных степеней радиационного язвенного гастроэнтероколита.

Полученные результаты могут быть приняты во внимание в задачах радиационной безопасности человека и природной среды.

Таблица 1

Степени радиационного язвенного гастроэнтероколита в зависимости  
от поступившей активности и поглощённых доз в отделах ЖКТ

| Форма<br>болезни  | Удельная<br>акт-ть ОРЧ,<br>МБк/кг | Вид<br>животного  | Поглощенная доза, Гр |                    |                     |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------|
|                   |                                   |                   | Желудок              | Тонкий<br>кишечник | Толстый<br>кишечник |
| Легкая            | 100-370                           | Крысы             | 2.0 – 5.9            | 1.2-4.2            | 3.1-11.5            |
|                   |                                   | Морские<br>свинки | 3.1-11.1             | -                  | 1.8 – 6.7           |
| Средняя           | 370-1100                          | Крысы             | 5.9-20.8             | 4.2 – 12.6         | 11.5 – 34.1         |
|                   | 370                               | Морские<br>свинки | 11.1-33.0            | -                  | 6.7 – 20.0          |
|                   |                                   | Свиньи            | 9.5                  | 5.1                | 8.2                 |
| Тяжелая           | 1100-1500                         | Крысы             | 20.8-28.4            | 12.6 – 17.2        | 34.1 – 46.5         |
|                   | 740                               | Морские<br>свинки | 33.0-45.0            | -                  | 20.0 – 27.2         |
|                   |                                   | Свиньи            | 19.0                 | 10.2               | 16.4                |
| Крайне<br>тяжелая | >1500                             | Крысы             | >28.4                | >17.2              | >46.5               |
|                   |                                   | Морские<br>свинки | >45.0                | -                  | >27.2               |

### *Литература*

1 Радиобиология. Радиационная безопасность сельскохозяйственных животных / Коллектив авторов. Под ред. В.А. Бударкова и А.С. Зенкина. – М.: ИКЦ «Колос-с», 2018. – 440 с.

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТОННОГО СКАНИРУЮЩЕГО ПУЧКА В УСЛОВИЯХ УЛЬТРА- И ГИПОФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ДОЗЫ**

*К.Г. Васильев<sup>1,2</sup>, М.В. Трошина<sup>2</sup>, Е.В. Корякина<sup>2</sup>, В.И. Потетня<sup>2</sup>,  
А.Н. Соловьев<sup>2</sup>, О.Ю. Голованова<sup>2</sup>, С.Н. Корякин<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Сибирский государственный медицинский университет,  
г. Томск, Россия*

*<sup>2</sup> - МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Биологическую эффективность воздействия протонов на опухолевые клетки изучали при гипофракционированном облучении с разделением разовой (дневной) дозы на две и три равные фракции (ультрафракционирование). Предложенная схема дробления суточной дозы на фракции выбрана с целью снижения дозы на здоровые ткани и критические органы, расположенные по ходу пучка протонов. При этом в первую очередь необходимо было исследовать радиобиологический эффект такой схемы облучения непосредственно в опухолевых клетках.

Исследования выполнены на культуре китайского хомячка линии В14-150 (фибросаркома) в стационарной стадии роста. Облучение проводили на установке «Прометеус» (ЗАО «ПРОТОМ», Россия) со сканирующим протонным пучком. Клетки в виде монослоя облучали в водном фантоме в расширенном (~1 см) пике Брэгга. Суммарная доза протонов составила 9 Гр за двое суток (гиперфракционирование) с равномерным делением в первый и второй день (по 4,5 Гр в сутки). Дневную дозу в 4,5 Гр подвели за одну фракцию, две фракции по 2,25 Гр и три по 1,5 Гр (ультрафракционирование) с интервалами между фракциями 30 мин. После облучения клетки высевали в свежую питательную среду и инкубировали в присутствии 5% CO<sub>2</sub> 8–10 сут. Выжившими считали клетки, которые образовали видимые невооруженным глазом колонии. Выживаемость в каждой экспериментальной точке определяли относительно выживаемости в контроле.

Результаты исследования показали, что при разбиении дневной дозы (ультрафракционирование) выживаемость опухолевых клеток В14-150 возрастает с увеличением количества фракций (табл. 1). Так, при подведении дозы за две фракции по 2,25 Гр доля выживших клеток увеличивается в 1,4 раза, за три фракции по 1,5 Гр – в 1,6 раза. В случае стандартного фракционирования (4,5 Гр в день за одну фракцию) после двух фракций с интервалом 24 ч выживаемость возрастает в 2,24 раза. При комбинированном гипофракционированном воздействии с дневным ультрафракционированием повреждающий эффект протонов снижается в большей степени, выживаемость возрастает в 2,5–2,7 раза при облучении два дня по две (2,25 Гр) и по три (1,5 Гр) фракции в день.

Таблица 1

Выживаемость клеток китайского хомячка В14-150 после фракционированного облучения протонами (относительные единицы)

| Схема фракционирования | 4,5 Гр (1 сутки) | 9 Гр<br>(по 4,5 Гр в сутки) |
|------------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 фракция, 9 Гр        | –                | $0,06 \pm 0,01$             |
| 1 фракция, 4,5 Гр      | $0,39 \pm 0,05$  | $0,13 \pm 0,02$             |
| 2 фракции по 2,25 Гр   | $0,54 \pm 0,06$  | $0,15 \pm 0,02$             |
| 3 фракции по 1,5 Гр    | $0,62 \pm 0,07$  | $0,16 \pm 0,02$             |

Полученные экспериментальные данные согласуются с известными радиобиологическими закономерностями, наблюдаемыми при фракционировании дозы, а также с результатами проведенной теоретической оценки изменения выживаемости при описанных режимах облучения и могут быть обусловлены восстановлением повреждений в клетках в интервалах между облучениями.

Таким образом, изменение схем фракционирования приводит к дополнительному увеличению выживаемости. Однако применение режима ультрафракционирования, сопровождающегося уменьшением доз и снижением

повреждающего действия протонов в нормальных тканях, позволяет увеличивать дозу воздействия на опухоль.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-ПЛАЗМАТРОНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

*С.А. Горбатов*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В настоящее время широко изучается много методов обработки продуктов питания для инактивации патогенных микроорганизмов, личинок насекомых, а также увеличения срока хранения продукции [1]. Наиболее распространены методы химической обработки, действие ионизирующим и неионизирующим излучением. Химические методы и методы ионизирующего облучения относятся к традиционным методам обработки продукции, которые достаточно исследованы. К обработке неионизирующим излучением можно отнести плазменный метод. Эффекты воздействия «нетермальной» плазмы являются малоизученными, что представляет большой интерес для исследования.

Одним из перспективных направлений применений такой плазмы является обеззараживание различных поверхностей. Воздействие «нетермальной» плазмы на поверхность имеет несколько основных факторов: УФ-излучение, энергия заряженных частиц, химически активные частицы. Поскольку ионы остаются относительно холодными, это обеспечивает возможность использования такой плазмы для низкотемпературной плазмохимии и обработки теплочувствительных материалов, включая полимеры и биологические ткани [2]. Существуют различные установки по получению «нетермальной плазмы», но они имеют свои недостатки (дороговизна материалов, отсутствие возможности снижения температуры, нестабильность работы и прочие). В связи с этим ведутся исследования по получению плазмы при помощи

сверхвысокочастотных разрядов (СВЧ), которые имеют более высокую плотность, а следовательно, и большую реакционную способность при сравнении с высокочастотными разрядами.

Сотрудниками ВНИИРАЭ была создана установка по генерации нетермальной плазмы, где в качестве источника СВЧ мощности был использован бюджетный генератор, построенный на комплектующих промышленных СВЧ установок [3]. После создания и запуска установки был обнаружен ряд недостатков: высокая температура и нестабильность работы, в связи с чем была произведена модернизация волноводно-коаксиального перехода, а именно, поджежной части плазмотрона для более стабильной работы, а также для снижения температуры горения. В процессе модернизации была заменена форма разрядника и увеличен его внутренний диаметр, увеличения внутреннего диаметра разрядника позволило разместить водяное охлаждение трубки подачи плазмообразующего газа, которое позволяет снизить температуру на выходе получаемой плазмы. Увеличение диаметра разрядника позволило увеличить размер плазмообразующего «сопла», в связи с этим увеличилась площадь обрабатываемой поверхности.

Сконструированная установка по генерации «нетермальной» атмосферной плазмы позволяет проводить длительные лабораторные исследования широкого спектра в области внедрения плазменных технологий в растениеводство, микробиологию, сельскохозяйственное производство и пищевую промышленность.

### *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 Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том, кн. 2. Под ред. ак. Фортова В.Е. – М.: МАИК "Наука / Интерпериодика", Наука, 2000 – 634 с.

З Тихонов В.Н., Иванов И.А., Крюков А.Е., Тихонов А.В.  
Бюджетные генераторы для микроволновых плазмотронов. // Прикладная физика. – 2015. – № 5. – С. 102-106.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИБРОБЛАСТЫ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА**

*С.А. Гурова<sup>1</sup>, В.А. Ревкова<sup>2</sup>, Д.С. Ситников<sup>3</sup>, И.В. Ильина<sup>3</sup>,  
Л.Н. Комарова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>- Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup>- Федеральный научно-клинический центр специализированных  
видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА  
России, Москва, Россия*

*<sup>3</sup>- Объединенный институт высоких температур Российской  
академии наук, Москва, Россия*

Цель: исследование порогового значения ТГц излучения на фибробласты кожи человека на основе морфологии митохондрий и количества белков апоптоза.

Облучение осуществлялось в режиме точечного воздействия, с рекордными значениями напряженности поля (3,5 МВ/см, интенсивность ТГц импульсов 32 ГВт/см<sup>2</sup>, частота следования импульсов 100 Гц, напряженность электрического поля на объекте исследования - 3,5 МВ/см) [1].

Фибробласты кожи человека высевались в культуральные чашки за сутки до облучения в концентрации  $1 \times 10^5$  клеток/см<sup>2</sup>. Для исследования использовались чашки Петри с полимерным дном и специальными силиконовыми вставками с четырьмя лунками. Воздействие ТГц осуществлялось в одной лунке, остальные использовались в качестве параллельного контроля.

Исследование метаболических нарушений и снижения выживаемости клеток проводили на основе иммуноцитохимического анализа количества ферментов апоптоза (каспаза 3) и морфологии митохондрий [2].



Клетки облучались 90 мин, исследовались эффекты при различных значениях времени между окончанием облучения и моментом фиксации клеток (“период дожития”): 0,5; 2 и 24 часа. В табл. 1 представлены результаты анализа.

Таблица 1

Результаты анализа активности каспаз

| № Эксперимента | t обл, мин | t дожития, мин | Концентрация каспаз в |          |
|----------------|------------|----------------|-----------------------|----------|
|                |            |                | эксперименте          | контроле |
| 1              | 90         | 30             | +                     | +        |
| 2              | 90         | 90             | +                     | +        |
| 3              | 90         | 1440           | +++                   | +        |

Проведенные исследования показали отсутствие гибели клеток и отсутствие морфологических изменений в митохондриях фибробластов кожи человека. Однако было обнаружено, что при воздействии ТГц излучения в течении 90 мин происходит увеличение апоптотических белков – каспаз 3 – на следующие сутки после облучения.

*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. // High Temperature. – 2018. – V. 56, No. 5. – P. 789.
- 2 Brentnall M., Rodriguez-Menocal L., De Guevara R., Cepero E., Boise L.H. // BMC Cell Biology. – 2013. – V. 14, No. 1. – P. 32.

## ПОСЛЕДСТВИЯ ОСТРОГО УФ ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЯЧМЕНЯ (*Hordenum vulgare* L.)

О.А.Гусева, Л.И.Гончарова, П.Н.Цыгвинцев  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия

Истощение толщины озонового слоя над территорией Антарктики, а с недавних пор и над территорией Арктики со значительным распространением на регионы с умеренным климатом, привлекло особое внимание к исследованиям влияния ультрафиолетового излучения на естественные и антропогенные растительные системы [1, 2].

Данная работа является продолжением предыдущих исследований [3] и посвящена изучению влияния комбинированного УФ излучения (А+В) на функцию ФС II в листьях ячменя и продуктивность растений.

Объект исследования - ячмень обыкновенный (*Hordenum vulgare* L.) облучали в наиболее чувствительной фазе органогенеза [3, 4], в период роста стебля (34 этап по фенологической шкале [5]) дозами УФ 35, 70 и 105 кДж/м<sup>2</sup>, имитируя различное истощение толщины озонового слоя. Измерение флуоресценции хлорофилла (ФлХ) проводили с помощью амплитудно-импульсного флуориметра Junior-RAM и оценивали сразу после облучения и спустя 30 сут. после облучения (на 34 и 51 этапах органогенеза растений). Использовали лампы Black Light BLUE (УФ-А) и LER-40 (УФ-В). Структуру урожая оценивали по параметрам сухой биомассы, высоты растений, урожая зерна и массы 1000 зерен.

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что облучение ячменя комбинацией УФ (А+В) вызывает дозозависимое снижение показателя *максимального фотохимического квантового выхода*,  $F_v/F_m$ . При максимальной дозе 105 кДж/м<sup>2</sup> по отношению к контролю оно составило 50%. Эффект острого УФ облучения сохраняется спустя месяц после воздействия, так у облученных растений максимальный квантовый выход на 10% ниже контроля при дозе 70 кДж/м<sup>2</sup>.

Это указывает на то, что нарушаются репарационные механизмы, происходящие в хлоропластах в ответ на стресс, для сохранения функций ФС II.

Таблица 1

Влияние комбинированного УФ (А+В) излучения на величину максимального фотохимического квантового выхода ( $F_v/F_m$ ), отн.ед.

| Срок облучения | Доза облучения, кДж/м <sup>2</sup> |            |            |            |
|----------------|------------------------------------|------------|------------|------------|
|                | Контроль                           | 35         | 70         | 105        |
| Сразу          | 0,76±0,01                          | 0,72±0,01  | 0,53±0,01  | 0,34±0,01  |
| через 30 дней  | 0,74±0,01                          | 0,70±0,005 | 0,69±0,004 | 0,74±0,005 |

Анализ данных по показателю *фотохимического тушения* (qP) показал, что с увеличением дозы УФ (А+В) он возрастает сразу после облучения. Такое повышение эффективности qP связано с акцептированием электронов реакционными центрами ФС II. С течением времени наблюдается восстановление механизма фотохимического тушения, что можно объяснить заменой поврежденного пула пластохинонов. Величина *нефотохимического тушения* флуоресценции (qN) с увеличением дозы облучения резко повышалась. Данная закономерность сохраняется у растений спустя 30 сут. после облучения, что говорит об изменениях в механизмах тепловой диссипации при влиянии облучения УФ.

Влияние острого УФ (А+В) излучения на ячмень в период роста стебля проявляется в дозозависимом снижении, как морфологических показателей, так и зерновой урожайности. При максимальных уровнях УФ облучения потери относительно контроля составили: сухой биомассы на 28%, высоты растений на 5 %, урожая зерна на 13% и массы 1000 зерен на 7%.

Таким образом, повреждения компонентов ФС II влияют на дальнейший рост и развитие растений, на формирование продуктивности, что проявляется в дозозависимом снижении как морфологических показателей, так и конечной урожайности.

## *Литература*

1 Barbato R., Bergo E. et. al. Ultraviolet B exposure of whole leaves of barley affects structure and functional organization of photosystem II // The Journal of Biological Chemistry. – 2000. – V. 275. No. 15 – P. 10976-10982.

2 Landry L.G., Stapleton A.E., et.al. // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 1997. – V. 94. – P. 328–332 .

3 Tsygvintsev P.N., Guseva O.A., Tatarova M.Yu. Effect of acute UV irradiation of barley in different stages of organogenesis on yield // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 487. – 012032. doi:10.1088/1757-899X/487/1/0120321.

4 Caldwell M.M., Ballare C.L., Bornman J.F. et. al. Terrestrial ecosystems increased solar radiation and interactions with other climatic factors // Photochem. Photobiol. Sci. – 2003. – V. 2 – P. 29-38.

5 Zadoks J., Chang T., Konzak C. A decimal code for the growth stages of cereals // Weed Research. - 1974. – V. 14. - P. 415-421.

## **ПОИСК ГОМОЛОГОВ ДНК-ГЛИКОЗИЛАЗЫ ПИРИМИДИНОВЫХ ДИМЕРОВ БАКТЕРИОФАГА Т4 В ОКЕАНИЧЕСКИХ МЕТАГЕНОМАХ**

*А.Н. Карманова<sup>1,2</sup>, А.А. Зимин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> - *Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ  
РАН, г. Пуцино, Россия*

<sup>2</sup> – *Вятский государственный университет, г. Киров, Россия*

Основную защиту от влияния УФ-излучения на бактериофаг Т4 оказывает продукт гена *denV* фага Т4 – DenV. Данный белок бифункционален и несет функции ДНК-гликозилазы пиримидиновых димеров и апиримидиновой эндонуклеазы [1]. Поиск гомологов этого белка может оказаться весьма полезным для характеристики океанических метагеномов пеологической микробиоты. Для сравнения а.к. последовательностей DenV фага Т4 с базами данных использовался алгоритм PSI-BLAST

[2] с уровнем достоверности результатов  $E\text{-value} < 3e^{-29}$ . Полученный файл с а.к. последовательностями гомологов DenV T4 в формате FASTA использовали для обработки в пакете программ MEGA6 [3]. Выравнивание проводили в MUSCLE [4]. Эволюционная история была выведена с использованием метода минимальной эволюции [5]. На этом дереве (рис. 1) можно выделить несколько групп, объединенных в крупные подветви. В первой - эндонуклеазы метагеномов, морских и почвенных бактерий, возбудителей кишечных инфекций и фага T4. Во второй – гомологи из фагов, кишечной микрофлоры, возбудителей кишечных инфекций и микрофлоры почвы. В третьей – эндонуклеазы из *Prochlorococcus* sp, из метагеномов и возбудителей бруцеллеза. По данным получившегося дерева можно предположить, что эндонуклеаза DenV фага T4 наиболее близка к эндонуклеазам типичных морских бактерий, эндонуклеазы прохлорококков имеют гораздо больше отличий с вышеуказанными объектами, а также имеют меньше сходств с последовательностями из метагеномов, чем морские бактерии.

*Исследование частично поддержано для Зимина А.А. грантом РФФИ №20-54-53018 ГФЕН\_а.*

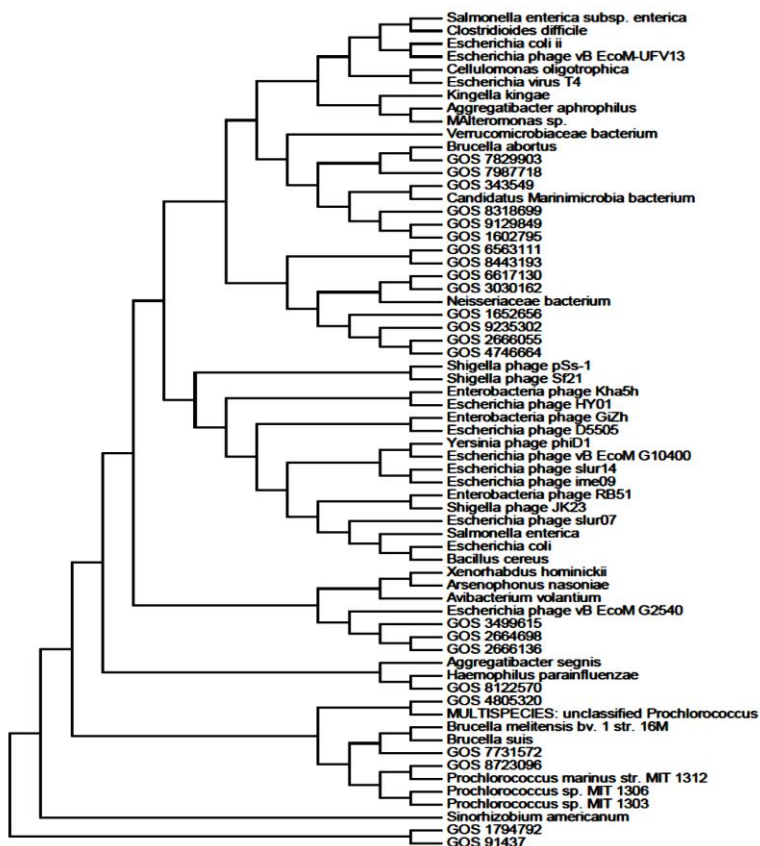


Рис.1. Дерево океанических гомологов DenV - белка фага T4, построенное методом Minimum Evolution.

### Литература

- 1 Rubin J.S. // Int J Radiat Biol. – 1988. – V. 54(3). – P. 309-65.
- 2 Altschul S.F., et al. // NAR. – 1997. – V. 25. – P. 3389–3402.
- 3 Tamura K., et al. // Mol. Biol. Evol. – 2013. – V. 30. – P. 2725–2729.
- 4 Edgar R.C. // Nucleic Acids Research. – 2004. – V. 32(5). – P. 1792-1797.
- 5 Rzhetsky A., Nei M. // Molecular Biology and Evolution. – 1992. – V. 9. – P. 945-967.

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

*Т.А. Коньшина<sup>1</sup>, С.А. Аскерова<sup>1</sup>, Е.А. Шепелева<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины  
труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия*

*<sup>2</sup> – Национальный исследовательский университет «МЭИ»,  
г. Москва, Россия*

На рабочих местах персонала объектов электроэнергетики может наблюдаться превышение предельно допустимых уровней (ПДУ) напряженности электрического поля промышленной частоты (ЭП ПЧ).

Защита от неблагоприятного влияния ЭП ПЧ персонала обеспечивается: ограничением времени пребывания в области превышения ПДУ ЭП ПЧ, перемещением рабочего места в зону с уровнем ЭП ПЧ ниже ПДУ, использованием средств защиты (коллективных и индивидуальных).

В большинстве случаев для защиты персонала от ЭП ПЧ выше ПДУ 5 кВ/м [1] оптимальным способом является применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), представляющих собой экранирующие комплекты. Основной характеристикой эффективности СИЗ от ЭП ПЧ является коэффициент экранирования  $K_{\Sigma}$  (дБ), который контролируется путем лабораторных испытаний.

На данный момент эффективность экранирования СИЗ от ЭП ПЧ в России и за рубежом определяется косвенными методами [2, 3], основанными на измерении токов стекания, проходящих через экранирующий комплект и через электропроводящий манекен, имитирующий тело человека. Использование таких методов затрудняет соотнесение реальных уровней фактора на рабочем месте с нормируемыми значениями [1].

Целью работы являлась оценка эффективности экранирования СИЗ от ЭП ПЧ при различных условиях работы

персонала с использованием современных методов оценки, включенных в новую редакцию ГОСТ [3].

Исследование эффективности СИЗ от ЭП ПЧ проводилось на образцах различной конструкции (комбинезон или куртка с брюками), используемых в настоящее время электротехническим персоналом, в высоковольтном зале кафедры ТЭВН НИУ «МЭИ».

Диэлектрический манекен тела человека размещался в области воздействия ЭП ПЧ с уровнями напряженности от 5 кВ/м до 25 кВ/м при вертикальном расположении и от 2 кВ/м до 12 кВ/м при горизонтальном расположении. Коэффициент экранирования СИЗ определялся путем измерения напряженности ЭП ПЧ портативным анализатором электрических и магнитных полей EFA-300 (Narda, США) внутри манекена в области головы и груди сначала без СИЗ, а затем внутри одетого в экранирующий комплект манекена. Полученные  $K_3$  при измерениях в голове и груди усреднялись для вертикального и горизонтального способов размещения манекена.

Отмечались более высокие  $K_3$  для вертикального размещения человека под источником ЭП ПЧ, причем наибольший для комбинезона  $80,23 \pm 4,37$  дБ по сравнению с СИЗ в составе куртки и брюк  $78,98 \pm 3,56$  дБ, тогда как при горизонтальном расположении человека относительно источника больших различий не наблюдалось. Коэффициенты экранирования СИЗ в составе куртки и брюк составил  $K_3 = 72,65 \pm 2,98$  дБ, а для комбинезона  $K_3 = 72,94 \pm 2,75$  дБ.

### *Литература*

1 СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». – 2016. – 72 с.

2 IEC 60895-2002 «Live working - Conductive clothing for use at nominal voltage up to 800 kV a.c. and  $\pm 600$  kV d.c.». – 2002. – 77 с.

3 ГОСТ 12.4.172-2014 «Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты». – М.: Стандартинформ, 2015. – 42 с.



## АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОГО НИИСХ

*Е.О. Кречетникова, В.В. Кречетников, И.Е. Титов,  
А.В. Саруханов*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Сельскохозяйственные территории Тульского НИИ подверглись радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. При ведении сельского хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях основной проблемой является риск получения продукции, не соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям. Одним из способов обеспечить производство нормативно чистой продукции является проведение адресных реабилитационных мероприятий, основанных на принципах адаптивно-ландшафтного земледелия [1].

Адаптивно-ландшафтное земледелие базируется на дифференциации систем земледелия на основе категории агроландшафта и ориентировано на экономически выгодное производство нормативно чистой продукции [2]. Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование ГИС агроэкологической оценки земель по определенным параметрам.

На первом этапе создания ГИС проекта была проведена векторизация карт Тульского НИИ с бумажных носителей и внесена соответствующая пространственно-ориентированная атрибутивная информация: содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве; агрохимические показатели почв сельскохозяйственных территорий (содержание гумуса, калия, фосфора, кислотность); типы почвы; рельеф.

Созданный ГИС проект и соответствующие базы данных будут использованы для сбора, хранения и анализа результатов обследования с целью проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

## *Литература*

1 Кузнецов В.К. Научные основы и системы мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий в адаптивно-ландшафтном земледелии: автореф. на соиск. ученой степ. докт. биол. наук. – Обнинск, 2014. – 50 с.

2 Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов: монография. – М.: Колос, 2011. – 443 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАДИОПРОТЕКТОРА ЦИСТАМИНА С УФ СВЕТОМ**

*П.С. Купцова<sup>1,2</sup>, Г.П. Жураковская<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Хорошо известен ряд химических соединений, обладающих протекторными свойствами по отношению к действию ионизирующего излучения на живые объекты [1]. Представляло интерес проверить влияние известного радиопротектора цистамина на выживаемость клеток при действии коротковолнового УФ света (254 нм), инактивирующее действие которого обусловлено тем, что энергия кванта сопоставима с энергией возможных химических связей [2].

На рис. 1 представлены результаты эксперимента, демонстрирующие эффективность цистамина при действии УФ света. Для диплоидных дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* дикого штамма XS800 проведено сравнение выживаемости клеток, подвергшихся облучению УФ светом без протектора (кривая 1) и в его присутствии (кривая 2). Клетки до облучения выдерживали 30 мин в 0,01 М водном растворе цистамина, что не приводило к изменению выживаемости. Присутствие цистамина при воздействии УФ света оказывало

выраженное защитное действие. Фактор изменения дозы (ФИД), определяемый отношением равноэффективных доз  $D_2/D_1$ , составил  $1,6 \pm 0,1$ .

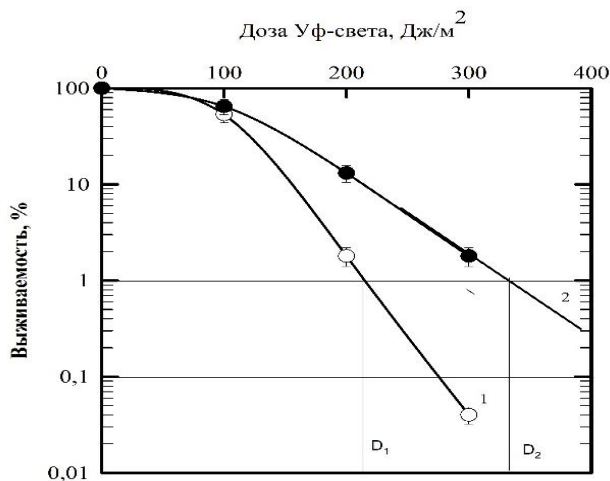


Рис. 1. Влияние радиопротектора цистамина на выживаемость диплоидных дрожжевых клеток *S.cerevisiae* дикого типа (штамм XS800), облученных УФ светом ( $I=4.5$  Вт/м<sup>2</sup>,  $\lambda=254$  нм) без протектора (кривая 1) и в его присутствии (кривая 2)

Полученный в работе результат может быть объяснен тем, что наибольшей чувствительностью к коротковолновому УФ свету отличаются дисульфидные мостики (-S-S-), разрывающиеся при поглощении фотона [3]. Именно такую дисульфидную связь содержит молекула цистамина. Следовательно, молекулы цистамина в растворе могут конкурировать за фотоны света с аминокислотами, входящими в состав дрожжевых клеток, способствуя их защите.

### Литература

1 Ярмоненко С. П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. — М.: Высш. шк., 2004. — 549 с.

2 Петин В.Г. Биофизика неионизирующих физических факторов окружающей среды. – Обнинск: Изд-во ГУ - МРНЦ РАМН, 2006. – 266 с.

3 Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 647 с.

## **СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ПОПУЛЯЦИЙ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧАЭС**

*Манухина Я.А.<sup>1</sup>, Казакова Е.А.<sup>2</sup>, Волкова П.Ю.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Более 30 лет назад обширные территории с природными экосистемами подверглись масштабному радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. Изучение влияния хронического облучения на природные популяции поможет понять механизмы адаптации к такому воздействию, которые до настоящего времени до конца не выяснены.

Цель работы – проанализировать состояние антиоксидантной системы хронически облучаемых популяций травянистых растений из зоны отчуждения ЧАЭС; оценить ее роль в адаптации к стрессовым условиям.

Нами проведено определение активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы (SOD), каталазы (CAT), аскорбатпероксидазы (APX) и гваяколовой пероксидазы (POX)) методом спектрофотометрии, а также содержания низкомолекулярных антиоксидантов HMAO (восстановленного (GSH) и окисленного глутатиона (GSSG), аскорбиновой кислоты (AsA)) и малонового диальдегида (МДА) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) в хронически облучаемых популяциях *Capsella bursa-pastoris*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale*, *Dactylis glomerata*,

*Aquilegia vulgaris*, произрастающих в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике Республики Беларусь.

Было выбрано два контрольных (Бабчин и Ломыш) и три радиоактивно загрязненных участка (Радин (Р), Кулажин (К), Масаны (М)) для отбора биологического материала (листьев) каждого вида исследуемых растений, а также почвы для оценки радиационной обстановки.

В лаборатории проводилась пробоподготовка материала к следующему ВЭЖХ анализу, а также спектрофотометрии.

Расчетным методом установлено, что на контрольных участках мощность поглощенной дозы (МПД) варьировала от 4,8 до 14,7 мкГр/сут, на загрязненных участках от 36 до 301 мкГр/сут.

В ходе анализа выявлен различный характер и выраженность изменений изучаемых показателей. Так, в популяциях *T. repens* установлена наиболее выраженная реакция антиоксидантной системы на радиоактивное загрязнение, по сравнению с другими изучаемыми видами растений (рис. 1).

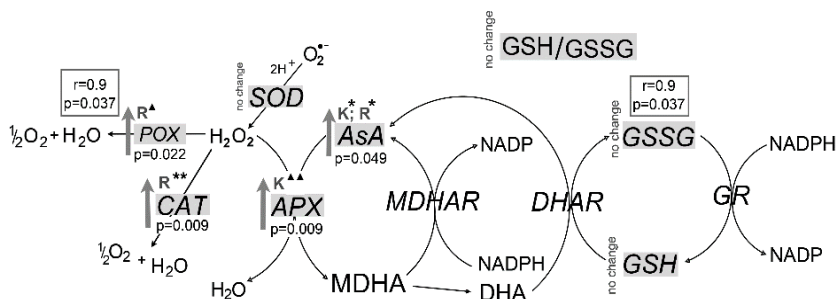


Рис.1. Состояние антиоксидантной системы *T. repens*

Полученные результаты демонстрируют угнетение работы компонентов антиоксидантной системы (GSH, POX, SOD) в популяции *D. glomerata* с загрязненных участков по сравнению с контрольными ( $p<0,05$ ). По всей видимости, стресс в этих популяциях наиболее выражен в сравнении с другими популяциями.

В популяции *T. officinale*, произрастающей на участке М с МПД 193 мкГр/сут, обнаружено значимое повышение активности РОХ и САТ, по сравнению с контролями ( $p < 0,05$ ). Увеличение концентрации МДА характерно для участков К и М ( $p < 0,05$ ).

Популяция *A. vulgaris* относится к радиочувствительному семейству, однако значимых изменений в содержании НМАО и МДА не наблюдалось. Активности изучаемых ферментов тоже не показали значимых отличий от контроля.

Таким образом, в четырех из пяти изучаемых популяциях травянистых растений, произрастающих в зоне отчуждения ЧАЭС, отмечено изменение состояния антиоксидантной системы под действием хронического облучения в низких дозах.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ № 18-34-20012.*

## **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЭП-4(0) ОТ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

*А.А. Махарадзе, Е.Н. Макарова-Землянская  
ФГАОУВО «Российский университет транспорта»,  
г. Москва, Россия*

На рабочих местах электротехнического персонала при работе на отключенной контактной сети железной дороги переменного тока возникает опасный фактор, такой как наведенное напряжение. Оно обусловлено возникновением разности потенциалов на отключенном проводнике, благодаря электромагнитному влиянию действующего, параллельно идущего проводника при протекании значительных токов. Основными путями прохождения тока являются путь «рука-рука» или «рука-нога».

Для обеспечения безопасных условий труда персонала при выполнении работ на отключенной контактной линии электропитания используют следующее: защита расстоянием,

защитное заземление и зануление, а также средства индивидуальной и коллективной защиты.

Для снижения риска поражения человека током наведенного напряжения на железной дороге используют индивидуальный защитный комплект ЭП – 4(0). Принцип его действия заключается в шунтировании тока, протекающего через тело человека. Комплект ЭП–4(0) изготавливается в соответствии с ГОСТ 12.4.283–2014 [2] и обладает основными защитными показателями в соответствии с требованиями ТР ТС 019/2011[3]. На рис.1 представлена электрическая схема замещения, при условии соблюдения защитных свойств комплекта.

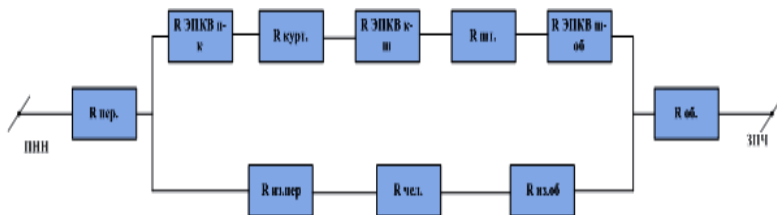


Рис. 1 – Эквивалентная схема для цепи протекания шунтируемого тока по пути «рука – нога»

Были произведены расчеты на основе эквивалентной схемы при различных уровнях напряжения по пути «рука-нога», результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Результаты расчета эффективности шунтирующего комплекта при прохождении тока по пути «рука – нога»

| № п/п | Значение наведенного напряжения, кВ | Ток через тело человека, А |
|-------|-------------------------------------|----------------------------|
| 1     | 1                                   | $1,82833 \cdot 10^{-5}$    |
| 2     | 6                                   | 0,0001097                  |
| 3     | 10                                  | 0,000182833                |
| 4     | 15                                  | 0,00027425                 |
| 5     | 27,5                                | 0,000502791                |

По результатам проведенных расчетов на основе электрических схем замещения и результатов измерений типовых шунтирующих СИЗ можно полагать, что костюм обеспечит безопасность электротехнического персонала при кратковременной максимальной силе тока около 200 А при соблюдении максимально допустимого уровня тока 6 мА.

Изученные средства индивидуальной защиты типа ЭП–4(0) являются дополнительным средством защиты и выступают в качестве "последнего рубежа" защиты человека.

### *Литература*

1 Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".

2 ГОСТ 12.4.283 – 2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Комплект защитный от поражения электрическим током. Общие технические требования. Методы испытаний. (Список изменений от 31.05.2016).

3 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ ФИТОСАНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

*Д.И. Петрухина, Е.И. Карпенко*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

В качестве перспективного направлений применения микроволновой или радиочастотной энергии рассматривается генерирование плазмы – частично или полностью ионизированного газа, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов почти идентичны. В свою очередь, использование нетермальной плазмы атмосферного давления в сельском хозяйстве является еще только развивающимся



направлением. В наших собственных исследованиях была проведена модернизация конструкции плазматрона для обработки семян зерновых культур на примере ячменя, зараженного болезнями. Цель работы состояла в изучении воздействия нетермальной плазмы на семена сельскохозяйственных растений и фитопатогены для последующего создания эффективных технологий обработки семенного материала.

В процессе работы нами был изучен международный опыт применения нетермальной плазмы в агропромышленном комплексе, возможность использования для противомикробной обработки в целях улучшения фитосанитарного состояния, а также влияния на ростовые показатели семян возделываемых культур и рост растений [1]. Также проведена предварительная оценка возможности применения нетермальной плазмы для обработки семян злаковых культур и влияния такой обработки на угнетение роста фитопатогенов, на всхожесть и ростовые показатели семян. Была осуществлена наладка и модернизация СВЧ-плазматрона для генерирования нетермальной плазмы, проведены испытания на установке, а также оценена технологическая возможность ее дальнейшего использования при проведении научно-исследовательских работ по обработке семян. Исследования проводились на семенах ячменя ярового сорта Владимир урожая 2018 г. в лабораторных условиях.

На основе результатов проведенных лабораторных экспериментов была показана возможность использования модернизированной конструкции СВЧ-плазматрона, разработанного в ВНИИРАЭ, для обработки семенного материала с сохранением физиологических характеристик семян. Так, в наших лабораторных исследованиях было определено время обработки аргоновой плазмой для снижения зараженности ячменя патогенными грибами. Зараженность грибами родов *Aspergillus* и *Penicillium* после обработки плазмой уменьшилась в 2 раза. Кроме того, воздействие плазмой в течение 30 сек и 1 мин способствовало накоплению сухой массы, а в течение 5 и 10 мин – сырой массы.

Таким образом, возможно сделать заключение о целесообразности применения обработки нетермальной плазмой семян ячменя. Конструкция СВЧ-плазматрона отличается высокой стабильностью, обеспечивает наиболее устойчивое поддержание разряда в течение длительного времени, как и его самообразование. Внедрение установки возможно на будущих этапах работ.

### *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). – [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/4/st\\_402.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/4/st_402.doc).

## **АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ ГЛУТАТИОНПЕРОКСИДАЗЫ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЕМЕНА *ARABIDOPSIS THALIANA* МУТАНТНОЙ ЛИНИИ И ДИКОГО ТИПА**

*М.Ю. Подобед, Д.Д. Бабина, Е.А. Казакова, Е.В. Бондаренко,  
П.Ю. Волкова*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Ионизирующее излучение (ИИ) является эффективным инструментом для изучения неспецифического стрессового ответа растений. В растительных клетках постоянно образуются активные формы кислорода (АФК), которые могут окислять практически все классы биологических молекул [1]. В стрессовых для клетки условиях возможно быстрое повышение содержания АФК и развитие окислительного стресса. В ликвидации АФК участвуют ферменты-антиоксиданты, одним из которых является глутатионпероксидаза (ГП). Экспрессию генов, кодирующих ГП, у разных видов растений может регулировать фитогормон абсцизовая кислота (АБК) [2], а

некоторые изоформы ГП принимают участие в передаче сигналов АБК [3].

В данной работе был проведен анализ активности ГП для двух линий семян *Arabidopsis thaliana*: *aba3-1* (мутантная линия, получена от IPRV, Франция) и Col-8 (дикий тип). Острое гамма-облучение семян проводили на базе ФГБНУ ВНИИРАЭ (установка «ГУР-120», источник  $^{60}\text{Co}$ ). Исследуемые дозы: 50, 100 и 150 Гр (мощность дозы 463 Гр/ч). После облучения семена переносили в фитотрон (21 °С, влажность 55%, плотность фотосинтетического фотонного потока 80 мкмоль  $\cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ). В процессе исследования оценивали динамику прорастания, площадь поверхности листьев (программа Easy Leaf Area) и биомассу.

Активность ГП оценивали по скорости окисления НАДФН посредством глутатионредуктазы по методике [4] с модификациями. Для проведения анализа были отобраны 16-ти дневные проростки растений (навеска составляла 0,13 г). Растения гомогенизировали в жидком азоте, затем ресуспендировали в 0,5 мл холодного ТЕ-буфера (50 мМ, pH 7,6). Гомогенаты центрифугировали 20 мин при 14500 об/мин. Супернатант (100 мкл) инкубировали в течение 5 мин при 37 °С в растворе, приготовленном на основе ТЕ-буфера, 0,25 мМ восстановленного глутатиона, 0,12 мМ НАДФН и глутатионредуктазы, в конечном объеме 1,65 мл. Для инициации реакции добавляли 50 мкл гидропероксида кумола, измерения проводили при длине волны 340 нм с использованием бескуветного спектрофотометра NanoDrop-2000 (Thermo Fisher Scientific, США). Показания спектрофотометра переводили в международные единицы ферментативной активности (МЕ). Статистический анализ был выполнен с использованием MS Office Excel 2019 и Statistica 8.0 для Windows.

После воздействия ИИ в дозах 100 и 150 Гр у растений всех линий статистически значимо снижались показатели биомассы и площади поверхности листьев. Для растений дикого типа наблюдалось повышение активности ГП после облучения (самое высокое значение относительно контроля в дозе 100 Гр), а

облучение линии *aba3-1* в разных дозах не влияло на активность ГП. Такие показатели могут быть связаны с тем, что линия *aba3-1* содержит рецессивно наследуемую мутацию гена *ABA3* (Tair locus: AT1G16540), кодирующего ключевой компонент последнего этапа биосинтеза АБК, а недостаточное количество эндогенной АБК может влиять на биосинтез и активность ГП.

### ***Литература***

1 Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода: учебное пособие. – М.: КДУ, 2007. 140 с.

2 Zhai C.Z., *et al.* Two wheat glutathione peroxidase genes whose products are located in chloroplasts improve salt and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tolerances in Arabidopsis // PLoS One. – 2013. – V. 8 – Is. 10 – e73989.

3 Miao Y., *et al.* An Arabidopsis glutathione peroxidase functions as both a redox transducer and a scavenger in abscisic acid and drought stress responses // Plant cell. – 2006. – V. 18, – Is. 10. – P. 2749-2766.

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.

## **ВЛИЯНИЕ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА СМЕРТНОСТЬ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ *F. FRUTICUM* В ТЕЧЕНИЕ 5 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ**

*Л.А. Трофимова<sup>1</sup>, Е.Е. Черкасова<sup>1</sup>, Г.В. Лаврентьева<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики

– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> - КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Калуга, Россия

В настоящее время все большую актуальность принимает экокентрический принцип нормирования радиационного фактора. Основные положения данного принципа изложены в публикациях МКРЗ 108 и 114 [1, 2]. Этот принцип основан на концепции «условных (референтных) животных и растений» [1].

Предложенный Комиссией набор референтных организмов подвергается критике, и ввиду этого необходимо обоснование новых видов референтных животных и растений при проведении как натуральных, так и лабораторных исследований.

В данной работе представлены результаты лабораторного эксперимента, в рамках которого проводилось изучение влияния  $\gamma$ -облучения на релевантный показатель – смертность наземного моллюска *F. fruticum*. Наблюдения проводились в течение 5 месяцев после облучения. Следует отметить, что моллюски давно применяются в качестве тест-объекта загрязнений окружающей среды.

Объектом исследования является наземный моллюск *F. fruticum*. Пробоотбор моллюсков осуществлялся на территории Национального парка «Угра». Для эксперимента было отобрано 240 половозрелых особей. Возраст наземных моллюсков определили по количеству оборотов раковины. Моллюски содержались в пластиковых контейнерах с кокосовым субстратом. Облучение проводили на  $\gamma$ -установке ГУР-120 с поглощенными дозами от 10 до 150 Гр с шагом в 10 Гр. После облучения в течение 5 месяцев раз в неделю снимали показатель смертности животных. Для интерпретации экспериментальных данных диапазон доз от 10 Гр до 150 Гр был разделен на группы: дозы от 10 до 40 Гр – малые дозы, от 50 до 80 Гр – средние дозы и 90–150 Гр – высокие дозы.

Анализ экспериментальных данных показал следующее (рис. 1). Смертность облученных моллюсков возрастает со временем и в зависимости от дозы облучения. При этом на протяжении всего эксперимента смертность в условном диапазоне малых доз составила 1,7%. В группах облученных животных средними дозами смертность через пять месяцев после облучения составила 15%, в то время как в первый месяц она была равна 0%. При высоких дозах облучения на момент окончания эксперимента смертность была самая высокая и составляла 25,7%. Следует также отметить, что при средних и высоких дозах смертность возрастает постепенно с учетом времени после облучения с 0% до 15% и с 1% до 27,5%,

соответственно. В контроле смертность на протяжении всего эксперимента была равна 0%.

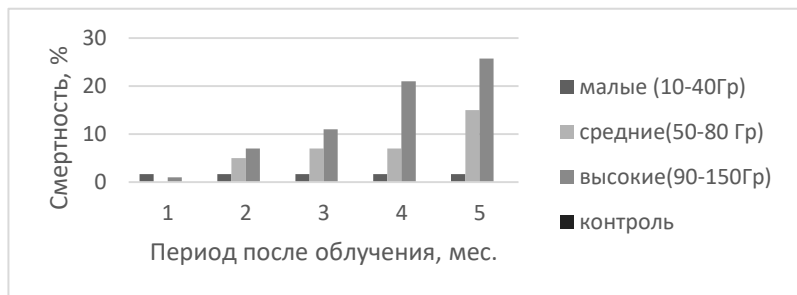


Рис.1. Смертность моллюсков после облучения в течение 5 месяцев

Вывод: при  $\gamma$ -облучении наземного моллюска в диапазоне доз от 10 до 150 Гр смертность животного возрастает с увеличением дозы облучения на фоне нулевой смертности в контроле.

### *Литература*

1 ICRP Publication 108. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants // Annals of the ICRP. – 2008. – 251 p.

2 ICRP Publication 114. Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants // Annals of the ICRP. – 2009. – 111 p.

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДУКЦИИ АБЕРРАЦИЙ ХРОМОСОМ В КЛЕТКАХ В14-150 ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ УГЛЕРОДА В НИЗКИХ ДОЗАХ**

*М.В. Трошина, Е.В. Корякина, В.И. Потетня, С.Н. Корякин  
МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

Изучение биологического действия плотноионизирующих излучений в диапазоне низких доз важно, как для повышения качества лучевой терапии, так и для прогнозирования реакций организма в условиях космических перелетов. В ряде работ как зарубежных, так и отечественных исследователей было показано, что при низких дозах протонов, нейтронов,  $\alpha$ -частиц зависимость биологического эффекта от поглощенной дозы не является линейной и состоит из участка с быстрым возрастанием количества повреждений от дозы (гиперчувствительность – ГЧ), замедления роста повреждений (индуцированная радиорезистентность – ИР или плато) и последующим переходом в линейную или линейно-квадратичную зависимость при дозах ближе к 1 Гр. Аналогичный эффект был выявлен и в случае ионов углерода со значениями линейной передачи энергии (ЛПЭ) 10,7 кэВ/мкм [1] и 70 кэВ/мкм [2], а также для 10–12 кэВ/мкм и 25–27 кэВ/мкм [3]. В настоящей работе исследовали зависимости индукции аббераций хромосом в клетках линии В14-150, облученных ионами углерода в условиях, идентичных условиям эксперимента, описанным в [3].

Эксперименты были проведены на ВРБС канала № 25 ускорителя У-70 (ИФВЭ, г. Протвино). Энергия ионов углерода составляла 450 МэВ/нуклон. Перед началом облучения биологических объектов измеряли глубинное дозовое распределение с помощью ионизационных камер, а также определяли равномерность поперечного профиля пучка ионов углерода с помощью радиохромных пленок.

В качестве тест-системы использовали перевиваемую линию клеток китайского хомячка В14-150 (фибросаркома). Облучение

клеток проводили в стационарной фазе роста культуры на 7–10 сутки после пересева. Флаконы с клеточным монослоем облучали в водном фантоме на глубине ~10 см (ЛПЭ ~10–12 кэВ/мкм) и за пиком Брэгга на расстоянии ~1 см от максимума дозы (ЛПЭ ~25–27 кэВ/мкм). После облучения объекты при температуре тающего льда транспортировали в лабораторию, трипсинизировали, переносили во флаконы со свежей питательной средой и выдерживали в CO<sub>2</sub>-инкубаторе (37 °С, 5% CO<sub>2</sub>) 24–25 часов. Препараты первого митоза готовили в соответствии со стандартными методиками. При анализе учитывали весь спектр aberrаций хромосом (АХ).

Кривая выхода АХ в клетках В14-150, облученных за пиком Брэгга имеет резкий подъем в диапазоне доз 0–0,1 Гр и замедление роста количества АХ до 0,2–0,3 Гр. Для больших доз наклон кривой увеличивается. В случае облученных в проксимальной части кривой Брэгга клеток, данная зависимость имеет «плато» в диапазоне доз 0,1–0,3 Гр.

Полученные результаты согласуются с опубликованными ранее для линии клеток СНО-К1 [3], что позволяет предположить схожесть биологического эффекта для разных типов клеток, подвергнутых воздействию одинакового спектра излучения.

### *Литература*

1 Насонова Е.А., Шмакова Н.Л., Комова О.В. Цитогенетические эффекты малых доз ионизирующей радиации с различной ЛПЭ в лимфоцитах периферической крови человека и возможные механизмы их реализации // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2006. – Т. 46. – №4. – С. 457-460.

2 Xue L. et al. ATM-dependent hyper-radiosensitivity in mammalian cells irradiated by heavy ions // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2009. – V. 75. – №1. – С. 235-243.

3 Корякина Е.В. и др. Исследование эффектов малых доз излучения при воздействии ускоренных заряженных частиц / Радиация и организм: материалы научно-практической конференции. – Обнинск: МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ "НМИЦ Радиологии" Минздрава России, 2017. – С. 64-66.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНАЦИИ ИНГИБИТОРА NOS И ФЕНИЛЭФРИНА**

*М.Д.Фомичев<sup>1</sup>, В.М.Макарчук<sup>2</sup> Л.И. Шевченко<sup>2</sup>,  
М.В. Филимонова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> - МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»,  
г. Обнинск, Россия*

В настоящее время широкое распространение в лечении онкологических больных получило применение различных видов лучевой терапии. Соответственно, более остро встает вопрос о защите нормальных тканей, находящихся в зоне лучевого воздействия. Даже несмотря на то, что развитие медицинской радиологической техники и методов лучевой терапии с каждым годом набирает обороты, частота развития ранних лучевых реакций и отдаленных лучевых повреждений сохраняется практически на прежнем уровне. В таких случаях угрозу для пациента представляет не столько прогрессирование роста опухоли, сколько появление губительных для жизни осложнений радиотерапии.

В связи с этим актуальным становится вопрос о комбинации радиопротекторов, способных в безопасных дозах оказывать эффективное защитное воздействие на нормально функционирующие клетки, расположенные в непосредственной близости от опухолевого очага.

Это стало одним из перспективных направлений исследовательских работ лаборатории МРНЦ им. А.Ф. Цыба, в которой был создан ряд уникальных соединений, обладающих свойствами ингибиторов синтаз оксида азота (NOS), действие которых основано на явлении гипоксии в тканях.

Целью данного исследования является изучение возможности комбинированного применения представителя гипоксических радиопротекторов – ингибитора NOS (шифр NMD) и  $\alpha$ -адреномиметика фенилэфрина, вызывающего

сужение артериол, повышение артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов

На начальном этапе проводятся экспериментальные исследования, базирующиеся на определении выживаемости гемопоэтических клоногенных клеток методом селезеночных эндоколоний. Животные были случайным образом разделены на несколько групп: одну контрольную и три опытные, и подвергнуты тотальному облучению в дозах, равных 6 Гр (гамма – облучение  $^{60}\text{Co}$ , установка «Агат»). Всем особям предоставляется свободный доступ к питьевой воде и брикетированному корму. Особи первой экспериментальной группы за 30 минут до начала исследования получили NMD в оптимальной радиозащитной дозе  $1/5 \text{ LD}_{50}$  внутривентально, второй – фенилэфрин в оптимальной терапевтической дозе 13 мг/кг (с учётом коэффициента пересчёта доз). Животным третьей группы были введены оба соединения в указанных дозах. Проводится ежедневный учёт состояния особей и динамики их веса. По окончании опыта, в соответствии с методикой, радиозащитная эффективность соединений будет оценена по количеству выживших селезеночных эндоколоний.

Результаты этого эксперимента позволят оценить потенциал данной комбинации и запланировать продолжение исследований с участием других схем соединения. Впоследствии эта конфигурация веществ может стать наиболее оптимальным противолучевым средством, используемым для людей, не только нуждающихся в эффективной защите немалигнизированных клеток при терапии, но и подвергнувшихся радиационному воздействию в результате аварий на атомных станциях или террористических актов.

## **КАМЕРНЫЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТА РАДИОАКТИВНЫХ ЧАСТИЦ В ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОМ ТРАКТЕ МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

*С.Г. Шаповалов<sup>1</sup>, Э.Н. Денисова<sup>1</sup>, Г.В. Козьмин<sup>1</sup>, В.А. Бударков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> – ФГБНУ ФИЦВиМ, пос. Вольгинский, Россия*

Прогнозирование исхода радиационного поражения сельскохозяйственных животных при загрязнении окружающей среды и кормов «горячими» радиоактивными частицами (РЧ) является важной задачей радиоэкологии и ветеринарной радиобиологии.

Целью данной работы является создание и сравнение камерных моделей транспорта РЧ в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) моногастричных животных, таких как свиньи, морские свинки и крысы.

Методология текущего исследования базируется на построении камерной модели пищеварительного тракта моногастричных животных, показанной на рис.1. С помощью данного подхода представляется возможным получение данных о зависимости содержания РЧ в отделах ЖКТ с течением времени. По аналогичному принципу была разработана двухкамерная модель пищеварительного тракта морских свинок.

После построения соответствующих моделей были решены системы дифференциальных уравнений с применением многофункциональной интерактивной вычислительной системы РТС Mathcad Prime 4.0. Результаты произведенных вычислений позволили провести оценку значений биокинетических параметров (табл. 1), опираясь на экспериментальные архивные данные ВНИИРАЭ и ФИЦВиМ [1].

Установлено, что константы скорости транспорта, приведенные в табл. 1, удовлетворительно описывают изменение содержания РЧ в желудке ( $q_1$ ), тонком отделе кишечника ( $q_2$ ) и толстом отделе кишечника ( $q_3$ ) для крыс и

свиней, а также в желудке ( $q_1$ ) и кишечнике ( $q_2$ ) морских свинок. Коэффициент детерминации составил не менее 0,7.

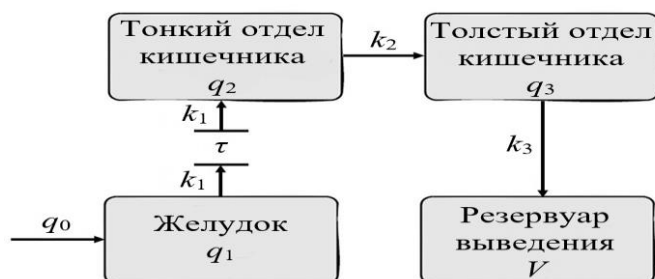


Рис. 1. Камерная модель ЖКТ крыс и свиней для описания транспорта радиоактивных частиц

Таблица 1  
Биокинетические параметры камерных моделей ЖКТ крыс, свиней и морских свинок

| Вид животного  | Биокинетические параметры моделей, ч <sup>-1</sup> |       |       |
|----------------|----------------------------------------------------|-------|-------|
|                | $k_1$                                              | $k_2$ | $k_3$ |
| Крысы          | 0.430                                              | 0.470 | 0.140 |
| Свиньи         | 0.009                                              | 0.030 | 0.075 |
| Морские свинки | 0.150                                              | 0.094 | -     |

\*Примечание.  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  – константы скорости выведения РЧ для каждого из отделов ЖКТ животных

С помощью вышеуказанных камерных моделей и констант скорости выведения РЧ представляется возможным проведение процедуры анализа закономерностей распространения РЧ в различных отделах ЖКТ моногастричных животных, а также оценка величин мощностей и поглощенных доз внутреннего облучения животных.

### Литература

1 Анненков Б.Н., Пантелеев Л.И., Сарапульцев И.А., Козьмин Г.В. и др. Отчёт о НИР. – Обнинск: ВНИИСХР, 1981. – 180 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПОЗОНА НА ФИБРОБЛАСТЫ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА

*Р. О. Шаталова<sup>1</sup>, В. А. Ревкова<sup>2</sup>, Д. С. Ситников<sup>3</sup>,  
И. В. Ильина<sup>3</sup>, Л.Н. Комарова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

*<sup>2</sup> - Федеральный научно-клинический центр специализированных  
видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА  
России, г. Москва, Россия*

*<sup>3</sup> - Объединенный институт высоких температур Российской  
академии наук, г. Москва, Россия*

Данное исследование посвящено изучению влияния мощного широкополостного терагерцового излучения на фибробласты кожи человека. Особенностью данной работы является определение максимальных параметров времени облучения монокультуры клеток.

Клетки высаживали за сутки до облучения в специальные чашки Петри (ibidi) с полимерным дном и силиконовыми вставками в заданной концентрации. Чашки помещали в термоячейку с постоянной температурой 37 °С, для поддержания кислотно-основного баланса среды во время длительного облучения, предварительно к культуральной среде добавляли раствор HEPES (Gibco) [1]. Клетки подвергали терагерцовому излучению высокой мощности (импульсы с интенсивностью 32 ГВт/см<sup>2</sup> и напряженностью электрического поля 3,5 МВ/см, следующие с частотой 100 Гц [1]) в течении 1,5 ч и 6 ч с последующей фиксацией клеток через 24 час.

Исследование метаболических нарушений и снижения выживаемости клеток проводили на основе иммуноцитохимического анализа количества ферментов апоптоза (каспаза 3) и оценке морфологии митохондрий [2].

В табл. 1 представлены результаты иммуноцитохимического анализа активности каспаз.

Таблица 1

Зависимость активности каспаз от времени воздействия  
терагерцового излучения

| Номер группы                                    | 1               | 2               |
|-------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Время облучения, мин                            | 90              | 3600            |
| Время от окончания облучения до фиксации, мин   | 1440            | 1440            |
| Плотность посева клеток, клетки/см <sup>2</sup> | $5 \times 10^5$ | $5 \times 10^5$ |
| Наличие каспаз в эксперименте                   | +++             | ++++            |
| Наличие каспаз в параллельном контроле          | +               | +++             |

Представленные результаты демонстрируют сравнительное увеличение активности ферментов апоптоза у группы клеток, облучаемых на протяжении 6 час., относительно группы клеток, подверженных облучению в течение 1,5 час. При этом морфология митохондрий не менялась ни в одной из исследуемых групп.

Следовательно, полученные данные свидетельствуют о том, что даже продолжительное влияние ТГц излучения на фибробласты кожи человека не приводит к их гибели. Тем не менее увеличение количества ферментов апоптоза в параллельном контроле говорит о необходимости оптимизации условий содержания клеток при длительном облучении.

*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 И'ина I.V., Sitnikov D.S., Agranat M.B. // High Temperature. – 2018. – V. 56. – No. 5. – P. 789.
- 2 Brentnall M., Rodriguez-Menocal L., De Guevara R., Cepero E., Boise L.H. // BMC Cell Biology. – 2013. – V. 14. – No. 1. – P. 32.

## КЛАСТЕРНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ В ДНК МЫШЕЙ C57BL/6 ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОСТРОГО ТОКСИЧЕСКОГО ГЕПАТИТА

*А.С. Шафорост<sup>1</sup>, А.А. Зятков<sup>1</sup>, Н.Н. Вейкина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> – УО «Гомельский государственный медицинский  
университет», г. Гомель, Беларусь*

*<sup>2</sup> – ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,  
г. Гомель, Беларусь*

Понимание механизмов повреждения и оценка регенераторного потенциала печени являются необходимым условием планирования терапии острых и хронических заболеваний печени и оценки необходимости пересадки донорского органа.

Целью настоящей работы является определение уровня кластерных повреждений ДНК у лабораторных мышей с экспериментально индуцированным острым токсическим гепатитом.

Объектом исследования являлись 10-недельные мыши самцы линии C57BL/6 разделенные на 2 группы: контроль (n=10), острый токсический гепатит (n=10). Острое токсическое повреждение печени индуцировали путем однократного внутрибрюшинного введения 30% раствора CCl<sub>4</sub> в оливковом масле (La Espanola, Испания) в количестве 3 мкл/г веса животного, контрольным животным вводили аналогичный объем 1х PBS [1]. Через 72 часа после начала эксперимента отбирали фрагмент средней лопасти печени массой около 100 мг, который помещали в 50 мкМ раствор антиоксиданта TEMPOL (Sigma Aldrich, США) приготовленный на 1х PBS.

Выделение ДНК из биоматериала проводили с помощью коммерческого набора Fermentas Genomic DNA Purification Kit (Thermo Scientific, Литва) согласно инструкции. Концентрацию ДНК измеряли на безкюветном спектрофотометре NanoDrop ND-1000. Определение количества APE1-повреждений проводили согласно [2].

В результате анализа полученных данных установлено, что количество кластерных повреждений, которые можно выявить с помощью эндонуклеазы APE1 в образцах ДНК intactных животных в 1,83 раза меньше, чем в группе с острым токсическим поражением печени и составляет  $41,91 \pm 22,73$  APE1 кластера/миллион пар оснований (п.о.) (рис. 1).

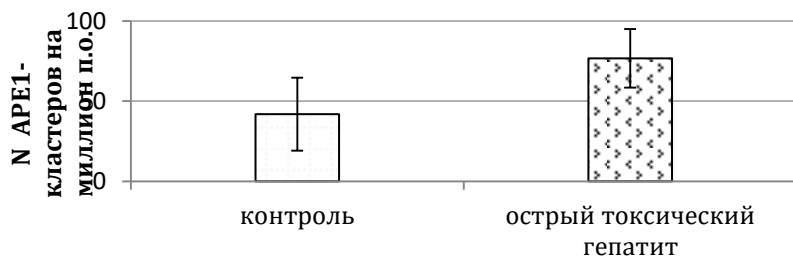


Рис. 1. Количество APE1-кластеров в ДНК из печени контрольных животных и мышей с индуцированным острым токсическим гепатитом

Количество двунитевых разрывов в ДНК животных, которым вводили гепатотоксин составляет  $27,56 \pm 7,72$  на миллион п.о.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе развития острого токсического поражения печени происходит формирование комплекса различных повреждений ДНК таких, как сайты с утраченными основаниями, включая окисленные и модифицированные алкоксиаминами, которые можно выявить с помощью эндонуклеазы APE1.

### *Литература*

1 Налобин Д.С. Влияние биорегуляторов, выделенных из печени и сыворотки крови млекопитающих, на заместительную регенерацию печени мыши : дис. ... канд. биол. наук : 03.03.05 / Д.С. Налобин. – Москва, 2016. – 110 с.

2 Georgakilas A.G., Redon C.E., Ferguson N.F., Kryston T.B., Parekh P., Dickey J.S., Nakamura A.J., Mitchell J.B., Bonner W.M., Martin O.A. Systemic DNA Damage Accumulation Under in Vivo Tumor Growth can be Inhibited by the Antioxidant Tempol // Cancer Lett. – 2014. – V. 353, № 2. – P. 248-257.



# **ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ МИКРОВОЛНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

*А.Ю. Шестериков*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Использование СВЧ-установок для тепловой обработки различных материалов заслуживает большого внимания, так как отличается от классических способов нагрева (горячего воздуха, пара и т.д.) своими экономичностью, качеством и экологичностью. Использование СВЧ-установок для тепловой обработки в сельском и лесном хозяйстве очень широко. Например, при сушке оцилиндрованных бревен удалось получить благоприятную для качества древесины температуру, также отмечается отсутствие трещин после сушки [1]. Хорошо себя зарекомендовало использование СВЧ-установки для распуска закристаллизовавшегося меда. Отмечается значительное превосходство в производительности и энергозатратах при обработке меда с сохранением его потребительских качеств. Расчетная производительность СВЧ-установки выглядит следующим образом: стандартный 20 л куботейнер с медом должен распускаться за 10-15 мин. Для сравнения, по данным, приведенным в работе, 25 кг меда нагреваются на водяной бане до 40 °С в течение 43 час, в то время как для нагревания воздухом необходимо 72 час. [2].

Микроволновое излучение представляет из себя электромагнитную волну в диапазоне частот от 0,3 до 300 ГГц (2,45 ГГц в бытовых приборах).

Сам микроволновый нагрев происходит в результате взаимодействия между облучаемым материалом и электромагнитной волной. В связи с этим на качество и эффективность нагрева влияет не только геометрия облучаемого объекта, но и его диэлектрическая проницаемость [3].

Диэлектрическая проницаемость в данном случае определяется уравнением:

$$\varepsilon = \varepsilon' - \varepsilon'',$$

где  $\varepsilon'$  – действительная часть, отвечающая за измерение электромагнитной энергии, запасенной в материале,  $\varepsilon''$  – комплексная часть, характеризующая фактор диэлектрических потерь, которая описывает энергию, рассеиваемую в материале.

В зависимости от облучаемого объекта (зерновые, бобовые культуры, композитные изделия и т.д.) будет отличаться диэлектрическая проницаемость [4]. В связи с этим невозможно выполнять обработку различных объектов с одинаковыми параметрами облучающей установки. Поэтому определение диэлектрической проницаемости является важным для выполнения исследовательских работ.

Также данные о диэлектрической проницаемости необходимы и при моделировании температурного профиля нагреваемого объекта, когда возможно выполнять моделирование процесса и прогнозировать действия [5]. Подобный подход положительно скажется на качестве, скорости и экономии средств при работе.

### *Литература*

1 Платонов А.Д., Курьянова Т.К. и др. Оценка использования свч установок малой мощности для сушки оцилиндрованных бревен // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №70. – С. 1-11.

2 Тихонов В.Н., Алёшин А.Н. и др. СВЧ-установка для роспуска меда // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2017. – №6. – С. 52-58.

3 Med V., Orsat V., Raghavan V. Microwave heating and the dielectric properties of foods // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. – 2017. – P. 23-43. (doi: 10.1016/B978-0-08-100528-6.00002-4).

4 Цымбал А.А., Будников Д.А. Диэлектрические свойства зерновых // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – №4. – С. 52-55.

5 Просунцов П.В., Резник С.В. и др. Моделирование прогрева связующего полимерных композиционных материалов с использованием СВЧ-излучения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – №12. – С. 83-92. (doi: 10.18698/0536-1044-2018-12-83-92).

## **СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ МИКОТОКСИНОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕТЕРМАЛЬНОЙ ПЛАЗМОЙ**

*В.И. Шишко*

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
радиологии и агроэкологии», г. Обнинск, Россия*

Микотоксины — это большая группа вторичных продуктов метаболизма грибов или плесени, которые представляют серьезную опасность для здоровья человека и окружающей среды. Следует также отметить, что отрицательное действие микотоксинов на человека может быть вызвано не только через продукты растительного происхождения, загрязненные токсинами, но и переносом микотоксинов и их метаболитов в продукты животного происхождения, такие как животные ткани, молоко и яйца. Рост грибов и образование микотоксинов могут происходить в полевых условиях и/или во время хранения при определенных условиях температуры и влажности [1]. Одним из видов устранения или блокировки их активности в пище и кормах является плазменная обработка.

В зависимости от условий генерации плазму можно разделить на низкое, атмосферное или высокое давление, а также разделить на тепловую и нетепловую плазму [2].

На примере одного из исследований [3], мы можем наблюдать эффективность применения холодной плазмы атмосферного давления (CAPP - cold atmospheric pressure plasma) на лесных орехах (1000 Вт, 12 мин), где было достигнуто снижение концентрации афлатоксинов более чем на 70%. Афлатоксины В<sub>1</sub> и G<sub>1</sub> были более чувствительны к плазменной обработке по сравнению с афлатоксинами В<sub>2</sub> и G<sub>2</sub>

соответственно. В другом исследовании [4] рассматривали уже влияние нетермальной СВЧ аргонной плазмы при атмосферном давлении. После обработки данной плазмой остатки микотоксинов анализировали с помощью тонкослойной хроматографии и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Анализ показал, что афлатоксин В<sub>1</sub>, дезоксиниваленол были полностью удалены после 5 сек обработки плазмой. Эффективность обработки высоковольтной атмосферной холодной плазмой (HVACP – high voltage atmospheric cold plasma) на кукурузе, заражённой афлатоксином, описано в исследовании зарубежных ученых [5]. Токсин был разложен на 62% и 82% за 1 и 10 мин после обработки, при относительной влажности воздуха 40%.

При анализе работ по данной тематике особое значение уделялось времени обработки продукции нетермальной плазмой, а также микотоксинам, которыми были заражены сельскохозяйственные продукты. По результатам рассмотренных работ можно сделать вывод о том, что плазменная обработка может не только разрушать микотоксины в загрязненных пищевых продуктах, но и стерилизовать микроорганизмы, как источников микотоксинов.

### ***Литература***

- 1 Bryden W.L. Mycotoxin contamination of the feed supply chain: implications for animal productivity and feed security // *Animal Feed Sci Technol.* – 2012. – V. 173 (s 1–2). - P. 134–158.
- 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 Siciliano, Spadaro D., Prella A., Vallauri D., Cavallero M.C., Garibaldi A., Gullino M.L. Use of cold atmospheric plasma to detoxify hazelnuts from aflatoxins // *Toxins (Basel).* – 2016. – V. 8(5). - P. 125.
- 4 Bong Joo Park, Kosuke Takatori, Yoshiko Sugita-Konishi, Ik-Hwi Kim, Mi-Hee Lee, Dong-Wook Han, Kie-Hyung Chung, Soon O. Hyun, Jong-Chul Park. Degradation of mycotoxins using

microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure // Surface & Coatings Technology. – 2007. – V. 201 – P. 5733 – 5737.

5 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

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА (*FRUTICICOLA FRUTICUM*) ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ НИЗКОДОЗОВОМ ИОНИЗИРУЮЩЕМ ОБЛУЧЕНИИ**

*Р.Р. Шошина<sup>1</sup>, Г.В. Лаврентьева<sup>2,3</sup>, Е.В. Черкасова<sup>3</sup>,  
Б.И. Сынзыныс<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>- ООО фирма «Экоаналитика», г. Калуга, Россия*

*<sup>2</sup>- КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия*

*<sup>3</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия*

На сегодняшний день особую актуальность приобретает изучение и выработка рекомендаций по сохранению здорового качества окружающей природной среды. В целях создания адекватной системы радиационной безопасности окружающей среды необходимо корректное представление о закономерностях формирования радиобиологических эффектов в объектах биоты в отсутствие человека. В работе представлены результаты анализа натурного эксперимента, проведенного (с 2010 по 2015 гг.) на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению <sup>90</sup>Sr. В рамках исследований изучена экологическая цепочка почва – растительность – малый биологический объект (*F. fruticum*). Для изучаемой цепочки определены биогеохимические показатели: удельная активность <sup>90</sup>Sr в почве, растительности, раковинах наземных моллюсков; коэффициенты накопления (КН), морфометрические показатели (высота, диаметр раковины) наземных моллюсков, уровень белков-металлотионеинов (МТ) в мягких телах наземных

моллюсков. Для построения зависимости «доза-эффект» был произведен расчет мощностей поглощенных доз облучения для моллюсков методом Монте-Карло. При этом рассчитанная для моллюска мощность поглощенной дозы не достигает скринингового порога, установленного МКРЗ (87,6 мГр/год) [1], однако приближается к нему с учетом статистических погрешностей, достигая значения  $76 \pm 9$  мГр/год. Таким образом, диапазон дозовых нагрузок в данной работе характеризует эффекты низкодозового хронического облучения.

Анализ биогеохимических показателей в системе «почва-растительность-раковины моллюсков» свидетельствуют об аккумулялирующей способности растительности (*Urtica dioica*) и моллюска по отношению к  $^{90}\text{Sr}$ . Значения КН  $^{90}\text{Sr}$  раковинами моллюсков характеризуется широким диапазоном значений от  $0,211 \pm 0,002$  до  $23,3 \pm 3,5$ , при этом наблюдается снижение изучаемого показателя с увеличением удельной активности радионуклида в растительности (А), которая описывается моделью  $\text{КН} = 1/[4,7\text{E} - (4 \cdot \text{A})]^{0,7}$ .

В рамках изучаемого диапазона дозовых нагрузок (от  $0,32 \pm 0,07$  до  $76 \pm 9$  мГр/год) [2] установлено, что изменение морфофизиологических показателей начинается с пороговой мощности дозы облучения  $37 \pm 6$  и  $42,3 \pm 5,8$  мГр/год.

Так, повышение уровня белков-МТ (от  $12,4 \pm 1,4$  до  $57 \pm 9$  мкг/г) в мягких тканях моллюска в зависимости от мощности дозы облучения организма представлено кусочно-линейной функцией  $y = a + k(x - b)$  ( $p < 0,05$ ), где  $a$  - постоянное значение до порога (19,3),  $b$  – критическое (пороговое) значение мощности поглощенной дозы (42,3),  $k$  – коэффициент пропорциональности в области линейного отклика (1,12) ( $p < 0,05$ ), с пороговой мощностью дозы  $42,3 \pm 5,8$  мГр/год.

Изменение высоты раковины наземных моллюсков характеризуется первоначальным ростом (от  $0,41 \pm 0,06$  см) и дальнейшим снижением показателя (до  $1,5 \pm 0,3$  см) начиная с мощности поглощенной дозы  $37 \pm 6$  мГр/год. Изменение высоты раковины описывается уравнением вида  $y = 0,0051x e^{(-0,0016x)}$  ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, малый биологический объект *F.fruticum* аккумулирует в раковинах  $^{90}\text{Sr}$ , что формирует дозовую нагрузку на организм. При этом достижение пороговой мощности дозы облучения  $37\pm 6$  и  $42,3\pm 5,8$  мГр/год приводит к изменениям в физиологическом статусе моллюска.

### ***Литература***

- 1 ICRP Publication 91 // Ann. ICRP. – 2003. – V. 33. – P. 21–75.
- 2 Лаврентьева Г.В., Шошина Р.Р. [и др.] // Радиация и риск – 2017. – Т. 26. – № 4. – С. 110–114.

## **СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СЕКЦИЯ**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ФИТОГЕННЫХ ПОЛЕЙ РЕЙНУТРИИ БОГЕМСКОЙ, РЯБИННИКА РЯБИНОЛИСТНОГО И ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО В УСЛОВИЯХ БОРОВСКОГО РАЙОНА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

*С.Д.Андрейчук, И.Г.Харитонов*  
*МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа»,  
Экологический клуб «Росток», г.Боровск, Россия*

Рейнутрия богемская, рябинник рябинолистный и золотарник канадский, введенные в культуру как декоративные растения, в настоящее время активно внедряются в местные экосистемы и подавляют развитие аборигенной флоры. Данных о механизмах, позволяющих этим инвайдерам успешно распространяться и влиять на аборигенные виды, нет. Некоторые исследователи высокую конкурентную способность дичающих растений-пришельцев связывают с их высокой аллелопатической активностью [1]. Однако, аллелопатический фактор инвазионных растений до настоящего времени мало изучен.

Известно, что основным посредником аллелопатии является почва [2], а лиственный опад растений-пришельцев - источником значительного количества биологически активных веществ, участвующих во взаимодействии между растениями. Поэтому целью работы было исследовать аллелопатическую активность или фитотоксичность почв в пределах фитогенных полей (ФП) рейнутрии, рябинника и золотарника. Было проведено биотестирование почв ФП этих видов, определен индекс и класс их токсичности, а также изучена сезонная динамика фитотоксичности почв. Исследования выполнены на территории Памятника природы регионального значения, расположенного в п.Институт. г.Боровска. Фитотоксичность почв оценивали методом почвенных пластин по общепринятой методике [3]. В качестве тест-отклика учитывали: всхожесть, энергию



прорастания семян, длину пятидневных стеблей и корешков кресс-салата.

Установлено, что почвы обладали фитотоксичностью в отношении тест-растения, что проявлялось в ингибировании энергии прорастания семян и ростовых характеристик стебля и корня проростков кресс-салата. Процент ингибирования составил: энергии прорастания - 6,7%; 16,7% и 24,4%; длины стебля- 32,3%; 53,3% и 46,7%; длины корня 10,9%; 38,0% и 12,3% у рейнутрии, рябинника и золотарника, соответственно. Внесение в почвы сорбента (активированного угля) снижало их токсичность и приводило к усилению ранних ростовых процессов тест-объекта.

Экологическое состояние почв в ФП изучаемых видов на момент проведения исследований не являлось критичным. Максимальный уровень индекса токсичности почв по шкале Кабилова Р.Р. соответствовал IV классу (низкая токсичность) у травянистых многолетников рейнутрии и золотарника и III классу (средняя токсичность) у кустарника рябинника.

Фитотоксичность почв в подкроновом пространстве изучаемых видов изменялась на протяжении вегетационного периода, что, очевидно, связано с особенностями разложения листового опада растений-интродуцентов. Максимальный уровень индекса фитотоксичности зарегистрирован в конце июля во всех вариантах опыта.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что рейнутрия, рябинник и золотарник являются биологическими загрязнителями. Их способность синтезировать фитотоксины является причиной напряженности ФП и представляет собой форму экологической конкуренции с аборигенными видами.

### ***Литература***

1 Симагина Н.О., Лысякова Н.О. Динамика аллелопатической активности *Vupleurum fruticosum* L. в течение вегетации и онтогенеза. // Уч. зап. Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 273-281.

2 Гродзінський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. – Київ: Наукова думка, 1973.

3 Красильников Н.А. Методы изучения почвенных микроорганизмов. - М., 1966. – 176 с.

## **РЕЗИСТЕНТНОСТЬ К АНТИБИОТИКАМ БАКТЕРИЙ КОЖИ РУК И ПОЛОСТИ РТА**

*В.М. Боброва, И.В. Лекаш*

*ЧОУ Обнинская свободная школа, г Обнинск, Россия*

Неконтролируемое применение антибиотиков привело к тому, что многие бактерии стали устойчивы к ним. В настоящее время повсеместно возрастает число лекарственно-устойчивых форм бактерий [1].

Массовому распространению резистентных бактерий способствуют бесконтрольное и нерациональное применение антибиотиков для лечения и особенно для профилактики различных инфекционных заболеваний без достаточных к тому оснований, а также использование пищевых продуктов (мясо домашних птиц и др.), содержащих антибиотики и другие факторы.

В эксперименте участвовали 6 человек – 3 ученицы и три учителя разного возраста. Посев с кожи рук делали методом отпечатка пальца. Из полости рта брали пробы стерильными ватными палочками и сеяли на агар, для посева из воздуха чашку Петри оставляли открытой в классе на 5 уроке в течение 40 минут. Чашки инкубировали 2 суток при 37 С, затем фотографировали [2].

От каждого испытуемого брали по 5 колоний разного вида (цвет, форма) и пересевали на агар для последующего определения их устойчивости к цефалексину.

Для выявления резистентных бактерий использовали Петри-тест – культивирование бактерий на агаре с определенными концентрациями антибиотика – 20мкг/мл, 5 мкг/мл и 1 мкг/мл.. Индивидуальные колонии (по 5 из микрофлоры кожи и полости рта от каждого испытуемого и по 10 из микрофлоры воздуха)

пересевали с помощью стерильных зубочисток на агар с антибиотиком. Результаты учитывали через 2 суток инкубации.

Оказалось, что среди выбранных нами колоний были с исходной устойчивостью к цефалексину, причем, на чашке с наименьшей концентрацией цефалексина выросло больше колоний и от большего количества участников. Среди микрофлоры воздуха резистентные колонии не были обнаружены.

В целом выявлено 6 колоний микроорганизмов с кожи рук от двух испытуемых и 7 колоний из микрофлоры полости рта от 3 участников эксперимента. Надо отметить, что резистентные бактерии выявлены как у ученицы, лечившейся цефалексином (на коже рук и в полости рта), так и у учительницы, которая не принимает антибиотики.

В дальнейшем, мы планируем продолжить работу по следующим направлениям:

1. Проверить устойчивость бактерий, резистентных к цефалексину, к антибиотикам с другим механизмом действия.
2. Определить систематическое положение резистентных бактерий методом окраски по Граму.

#### **Выводы:**

1. Среди колоний бактерий из полости рта и с кожи рук выявлены устойчивые к антибиотик у цефалексин.
2. Устойчивые бактерии кожи обнаружены у двух участников эксперимента, а полости рта – у трех.
3. Количество устойчивых колоний увеличивается с понижением концентрации антибиотика в агаре при 20 мкг /мл - 3 колонии, при 1 мкг/мл – 13 колоний.
4. Среди бактерий из воздуха к настоящему моменту не обнаружены резистентные формы.

#### ***Литература***

1. Клец О.П., Минкина Л.Н. Антибиотики. учебное пособие. – Иркутск: ИГМУ, 2013. - 151с.
2. Резистентность микроорганизмов к антибиотикам: [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://>

## **ВЫСШИЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «СКАЗЫ КАЛУЖСКОГО БОРА»**

*Д.А. Додина, Ю. В. Тесник*

*МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №26,*

*г. Калуга, Россия*

*ГОУ ДО «Эколого-биологический центр», г. Калуга, Россия*

Памятник природы федерального значения «Калужский городской бор» - это удивительный участок соснового леса с примесью лиственных пород, гордость жителей нашего края. «Калужский городской бор» богат представителями высших растений. Они являются интереснейшим объектом исследований. Маршрут экотропы «Сказы Калужского бора», на которой проводилось исследование, проходит по 5, 10, 14 и 24 кварталам. Часть тропы проходит по «Жёлтой просеке» (так её называли спортсмены ориентировщики за ярко-жёлтый цвет на карте) представляет собой узкую полосу (ширина в среднем 11 м 20 см), очищенную от деревьев, которая берет свое начало у Калужского филиала ФГУ "МНТК им. С.Н. Федорова" и ГБУЗ КО "Калужская областная детская больница", и отделена от них бетонной стеной. Материал базы собирался в течение сентября 2017 г. – октября 2018 г. во время маршрутных учетов, сбор, идентификация и анализ экологических групп проводились по стандартным методикам [1] и с помощью определителя Губанова И. А. [2].

В процессе исследования получены следующие результаты и сделаны выводы: 1. На территории экотропы выявлены 134 вида высших сосудистых растений, относящихся к 111 родам и 49 семействам. Растения экотропы представлены 4 отделами. По числу видов самым богатым отделом является отдел Покрывосеменные растения (126 видов/ 94%). 2. Среди

жизненных форм выделены древесные, полудревесные растения и наземные травы. Наибольшая группа по числу видов наземные травы (98 видов/73%), а именно - многолетние травы (86 видов/64,2%). Наименьшую долю в соотношении жизненных форм составляют кустарнички 1,5% - 2 вида и полукустарнички - 1 вид/1%. Среди учтённых видов нам встречались эфемероиды. По способу питания все растения - автотрофы, встречен 1 гетеротроф (полупаразит) - Зубчатка обыкновенная.

3. В зависимости от требований растений к увлажнению мы выявили 7 экологических групп. Прослеживается преобладание мезофитов (91 вид/67,9%). По отношению к свету выделено 3 группы. Наиболее богата по числу видов группа гелиофитов (79 видов/ 59%). 4. Среди учтённых видов выделены 24 фитоценоотические группы. Наибольшая группа по числу видов лесная (34/ 25,4%). 5. По адвентивному статусу выявлено 118 видов (88,1%) аборигенных растений и 16 адвентивных вида (11,9%), все адвентивные виды являются инвазионными. Среди растений, учтённых на тропе, преобладает автохтонный элемент.

6. Среди хозяйственно-ботанических групп выделена 21 группа. Наибольшая по числу видов группа лекарственных растений (74 вида).

Данное исследование может быть использовано при разработке экологических троп разного уровня, а также при проведении экскурсий в природу. Собранные материалы имеют важное значение для природоохранных целей и являются базой для мониторинговых работ, планирующихся на территории бора в дальнейшем. Результаты, полученные в ходе исследования, дополняют сведения о биоразнообразии растений "Калужского городского бора" и Калужской области.

### ***Литература***

1 Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н. М. Решетникова, С. Р. Майоров, А. К. Скворцов, А. В. Крылов, Н. В. Воронкина, М. И. Попченко, А. А. Шмытов. - М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2010. – 548 с.

2 Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Определитель сосудистых растений центра европейской России. 2-е изд. – М.: Аргус, 1995. – 560 с.

## **РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ДОРОЖНОГО БЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ**

*Е.А. Елистратов, Н.В. Шутенко  
МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 7»,  
г. Калуга, Россия*

Транспортно-дорожный комплекс является мощным источником загрязнения природной среды. Широко применяется асфальтобетонное покрытие, основанное на использовании битума. При достижении высоких температур битум начинает выделять различные вещества, 30 из которых являются вредными для человека, в частности, фенол и производные нафталинов [1]. Экологически чистым дорожным покрытием является бетон. Оптимальным соотношением ингредиентов (цемент, песок, наполнитель) для приготовления дорожного бетона является пропорция 1:2:5 [2]. Предпочтение отдается крупным наполнителям, в качестве которых наиболее целесообразно использовать базальтовый гравий [3]. Однако стоимость такого бетона высока.

Целью работы стала разработка нового дорожного бетонного покрытия с наименьшими затратами и минимальной угрозой для природной среды.

Расчеты проводились на основе действующих нормативно-технических документов. Лабораторные испытания проводились в лаборатории ЗАО «ДСУ-1» г. Калуга. Выражаю благодарность Генеральному директору А. И. Жирнову и начальнику производственной лаборатории И. Н. Бочаровой.

Предлагаемая ЩГИЦС (щебёночно-грунтово-иловцементная смесь) будет состоять из: 1) гранитного щебня; 2) песчаного грунта; 3) ила (озерного или прудового); 4) цемента; 5) воды.

Песчаный грунт является менее затратным дорожным материалом, нежели песок. Для очистки песчаного грунта от примесей пылеватых и глинистых частиц, а также глины и других вкраплений необходимо внедрение гидропромывных установок, с помощью которых грунт песчаный по классификации будет соответствовать песку природному. Вследствие продолжительной эксплуатации гидропромывных установок затраты на их работу окупятся в связи с тем, что вложения в грунт песчаный в разы ниже, чем в песок. Также необходимо установить оборудование для рассева песка (пескогрунта) по фракциям. Для внедрения ила в состав данного бетона необходимо складировать его в компост и выдерживать в течение года. В таком случае на выходе получится отличный продукт, богатый известью (в состав которой входит Са и Mg). Для герметизации деформационных швов бетонных покрытий применяем герметик битумно-полимерный «ИЖОРА».

Расход материалов на изготовление 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси (условное обозначение по ГОСТ 7473-2010 — БСТ В30 П2 М400): щебень: порода, наибольшая крупность, марка по дробимости — гранит фр.5-20 М1200; водоцементное (В/Ц) отношение — 0,40; выход — 2580: ил — 120 кг, щебень — 1150 кг, песчаный грунт — 630 кг, цемент — 500 кг, вода — 180 л.

Внедрение предлагаемого продукта в производство позволит улучшить состояния окружающей среды.

### *Литература*

1 Экологическая доктрина Российской Федерации. Утв. Расп. Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р.

2 Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов (к ГОСТ 27006-86).

3 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций СНиП 82-02-95.

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРУКТОЗЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛЕЙ СВИНЦА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ**

*А. М. Ледкова<sup>1</sup>, М.М. Рассказова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> - МБОУ «Средняя образовательная школа №11 им. Подольских курсантов», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Целью работы являлось изучение отдельного и комплексного действия соли свинца и стимуляторов роста (фруктозы) на морфометрические и биохимические показатели пшеницы мягкой.

Для проведения эксперимента закладывали в рулоны по 40 зерновок мягкой пшеницы сорта Скипетр и помещали их в раствор разных концентраций в 3 повторности. На 3 суток измеряем энергию прорастания. На 7 суток определяем морфометрические показатели (длина корней, coleoptilia и ростков, на 10 суток измеряли биохимические показатели (концентрации фотосинтетических пигментов и каталазы).

В ходе выполненной работы выявлено, что соли свинца и растворы фруктозы на ранних этапах онтогенеза стимулируют прорастание зерновок, однако механизм их воздействия может быть различным, что подтверждается данными, полученными при проращивании в смеси этих веществ. Растворы свинца вызывают увеличение средней длины корней и снижение прироста фотосинтезирующих побегов. Удлинение корней и уменьшение общей фотосинтезирующей активности можно рассматривать как возможную адаптационную реакцию к физиологическому стрессу, свидетельствующую о наличии у растений защитного механизма в условиях экологического риска при загрязнении почв солями свинца. Применение стимуляторов роста снижает негативное воздействие загрязнителей, однако и действие стимуляторов роста будет



ограничиваться в зависимости от дозы и вида тяжелого металла, который попадает в почву.

При анализе содержания хлорофилла А выяснилось, что его концентрация зависит от условий прорастания и начальных этапов вегетации. Выращивание проростков на среде, содержащей соли свинца значительно снижает содержание Хл а по сравнению с контролем и другими вариантами эксперимента, сочетанное использование может снизить его токсическое действие и увеличить продуктивность фотосинтеза.

Каталаза является показателем окислительного стресса. На рис. 1. видно, что концентрации каталазы повышается при 0,1 ПДК, 10 ПДК снижает концентрацию относительно контроля. Растворы фруктозы, а также ее сочетанное использование не дает значимых отклонений от контроля.

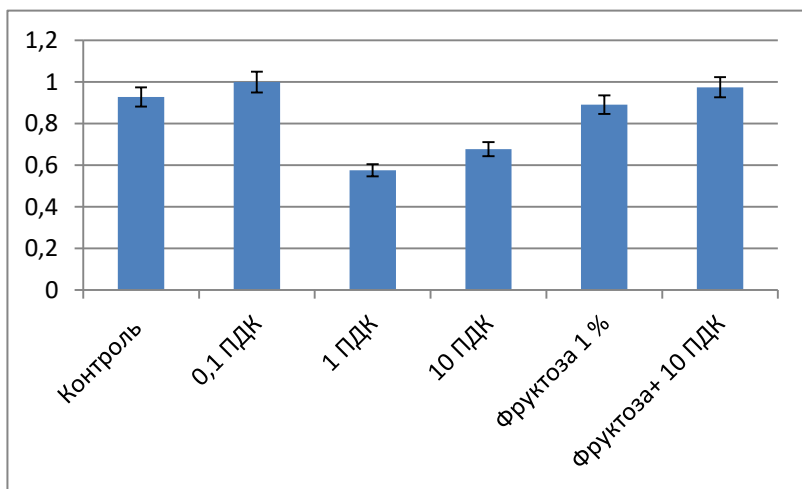


Рис.1. Содержание каталазы в пробах эксперимента(мг/мл)

Токсическое воздействие свинца на пшеницу мягкую проявляется в удлинении корней и задержке роста надземных побегов, снижение концентрации Хл а в тканях. Применение стимуляторов роста (фруктозы) снижает фитотоксичное действие в период активного роста надземных побегов, что, возможно, позволит снизить степень экологического риска на техногенно загрязненных территориях.

## *Литература*

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях. – Л., 1987. – 142 с.
2. Гордеева И. В. Влияние фруктозы на прорастание семян и развитие проростков *Fagopyrum esculentum* // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №. 11 (53) Часть 2. – С. 119-122.

## **МОНИТОРИНГ ПОПУЛЯЦИИ ПЛАУНА ТОПЯНОГО НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БОРОВСК**

*Д.С. Матвеев, И.Г.Харитонова*

*МОУ «Средняя общеобразовательная ноосферная школа»,  
г. Боровска, Россия*

Основным экологическим риском экосистем города является потеря биоразнообразия природных сообществ, которые формируют среду обитания для всех видов. Таким видом на территории города Боровска Калужской области является представитель заболоченных мест обитаний краснокнижный вид плаун топяной (*Lycopodium inundatum*) [1]. На территории Калужской области впервые обнаружен Майоровым в 1996 г. [2]. В 2007 году учениками ноосферной школы были изучены условия его произрастания на территории болот города Боровска, выявлены лимитирующие и сопутствующие факторы их распространения. В связи с вышесказанным является актуальным осуществлять мониторинг состояния популяции плауна топяного в условиях урбанизированных местообитаний.

В ходе полевых работ обследовано болото «Фабричное», расположенное на окраине города Боровска. На площади около 80 гектар расположены сменяющие друг друга сукцессионные серии низинного, переходного и верхового болота. Преобладают низинные болота. В 2019 г. данной территории присвоен статус памятник природы регионального значения [3].

Исследования популяции плауна топяного проводились в августе-сентябре 2007, 2009, 2011, 2014 и 2019 гг. Нами определялась видовая принадлежность плауна [4], плотность популяции, соотношение вегетативных и спороносных побегов в популяции. Оценивалась площадь популяции в течение 12 лет исследований. Сопутствующие плауну виды описывались методом трансект [5] в 2007 и 2019 гг. Длина трансекты составляла 30 метров.

Мониторинг состояния популяции плауна топяного (*L. inundatum*) в течение 12 лет показал, что он увеличил свою численность с 2007 по 2014 г.г. на 10,65% (с 50,47 кв.м в 2007 г. до 61,3 кв. м в 2014 г.). Средняя скорость увеличения площади составила 1,52 кв.м в год. В период с 2014 по 2019 гг. площадь произрастания уменьшилась на 23,12 кв.м. (табл.1)

Плаун топяной произрастал в ассоциации: болото сосново-березовое осоково-сфагновое, достаточно сильно подверженной антропогенному воздействию. Снижение численности плауна может быть связано с рядом факторов: во-первых, с выжиганием травы на болоте (весной 2015, 2017 и 2018 г.г. нами отмечены пожары, сильно пострадали древесные формы, но побеги плауна появляются только во второй половине июня, а траву выжигали в апреле-мае). Возможно, что уменьшение популяции плауна связано с естественными сукцессионными процессами, происходящими на болоте. Распространяющиеся мощные побеги тростника и рогоза могут вытеснять растения плауна с его места обитания. Данный вопрос требует дальнейших исследований.

Таблица 1

Динамика изменения площади популяции плауна топяного за 12 лет исследований

| Год исследований | Площадь популяции, кв.м | Изменение площади по сравнению с предыдущим периодом, % | Скорость роста площади популяции, кв.м/год |
|------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2007             | 50,47                   | -                                                       | -                                          |
| 2009             | 53,77                   | 6,53                                                    | 1,65                                       |
| 2011             | 56,10                   | 4,33                                                    | 1,17                                       |
| 2014             | 61,12                   | 8,94                                                    | 1,67                                       |
| 2019             | 38,00                   | -23,12                                                  |                                            |

### ***Литература***

1 Перечень редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную Книгу Калужской области (по состоянию на 01.10.2015 г.), 2015 Электронный ресурс. Режим доступа: [http://www.admoblkaluga.ru/sub/ecology/OxранаOC/Krasnaa\\_kniga/](http://www.admoblkaluga.ru/sub/ecology/OxранаOC/Krasnaa_kniga/)

2 Майоров С.Р. К биологии плауна заливаемого в Калужской области. – Материалы Калужской научно-практической конференции, 1996 г, часть 1. – Калуга, 1996. – С. 42-44.

3 Постановление Правительства Калужской области от 27.03.2019 № 190 «Об объявлении болотного массива на правом берегу реки Протва к югу от г. Боровска Боровского района особо охраняемой природной территорией регионального значения - памятником природы». Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.admoblkaluga.ru/sub/ecology/OxранаOC/>

4 Определитель сосудистых растений центра европейской России /Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Изд. 2-ое. – М.: «Аргус», 1995. – 560 с.

5 Боголюбов А.С., Лазарева Н.С. Изучение флоры своей местности – М.: «Экосистема», 2002. – 220 с.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЗДОЛ «ПОЛЁТ»

*П.В. Мурыскина<sup>1</sup>, М.М. Рассказова<sup>1,2</sup>, Н.В. Воронкина<sup>3</sup>, В.А. Рыбачук<sup>2</sup>, Е.М. Рыжова<sup>1</sup>,*

<sup>1</sup> - МБОУ «Средняя образовательная школа №11 им. Подольских курсантов», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

<sup>3</sup> - КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, Россия

Биологическое разнообразие растений является основой для сохранения устойчивости экосистемы. Под действием антропогенных факторов в экосистему внедряются чужеродные виды, часто вытесняя аборигенные, что может отрицательно сказаться на состоянии природного сообщества. ЗДОЛ «Полёт» расположен на территории крупного лесного массива, что является благоприятным фактором, влияющим на здоровье отдыхающих школьников. К тому же до сегодняшнего времени разнообразие флоры на территории лагеря никто не изучал.

Результаты последней инвентаризации флоры Калужской области опубликованы в издании «Калужская флора» (2010). Согласно приведенным сведениям выявлено 1484 вида, относящихся к 582 родам и 125 семействам [1].

Целью работы являлось изучить видовое разнообразие растений на территории пригородного леса ЗДОЛ «Полет».

Нами было установлено 6 площадок, расположенных равномерно, но в разных климатических и природных условиях. Для исследований использовали геоботанические описания по Шенникову (1964) и маршрутный метод [2].

Всего нами было зафиксировано 44 вида, относящихся к 27 семействам. К спектру ведущих семейств можно отнести семейство Сложноцветные (5 видов), большинство семейств представлено 3 и 2 видами, 14 семейств представлено 1 видом. Также среди изученных растений выделено 18 лекарственных и 8 ядовитых.

Большинство растений являются многолетними. К двулетним относится – Горлюха ястребинковая (*Petasites spurius*), два вида однолетних – Недотрога мелкопестная (*Impatiens parviflora*), Марьянник дубравный (*Melampyrum cristatum*).

При анализе встречаемости растений на разных площадках выяснилось, что в списке нет ни одного растения, который был описан на всех 6 площадках. На пяти площадках из шести была отмечена сныть обыкновенная (*Aegopodium podargaria*), которая хорошо разрастается в разных экологических условиях. На четырёх площадках произрастают такие виды, как черноголовка обыкновенная, копытень европейский, Мать-и-мачеха обыкновенная и ландыш майский и другие виды, характерные для плодородных лесных почв, где образуют однородный сплошной ковёр. На трёх площадках были встречены 6 видов: герань лесная, марьянник дубравный, осока волосистая, подорожник большой, чина чёрная, одуванчик лекарственный. такие виды, как: чина весенняя, клевер луговой, живучка ползучая, кочедыжник женский, вербейник монетчатый, зеленчук жёлтый, клевер луговой, лютик кашубский и осока пальчатая были встречены нами на двух из шести площадок и предпочитают отдаленные участки в глубине. Почти половина видов встретилась только на одной площадке и требует особенных мест обитания, предпочитает специфические условия.

### ***Литература***

1 Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н.М. Решетникова, С.Р. Майоров, А.К. Скворцов, А.В. Крылов, Н.В. Воронкина, М.И. Попченко, А.А. Шмытов. М.: Т-во научных изданий КМК. 2010. 548 с.

2 Шенников А. П. Введение в геоботанику: Учебное пособие. – ЛГУ, 1964.

## БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ РЕКИ РЕПИНКА

М. С. Пролеткин<sup>1</sup>, М. М. Рассказова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> - МБОУ «Средняя образовательная школа №11 им. Подольских курсантов», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

Водные беспозвоночные являются важным компонентом экосистем [1]. В числе водных беспозвоночных присутствуют биофильтраторы, которые обеспечивают очистку природной воды от различных примесей, в том числе и вредных. По территории нашего города протекает река Репинка, сведений и биоразнообразия водных беспозвоночных в публикациях не обнаружено.

Цель исследования: изучить биоразнообразие беспозвоночных животных реки Репинка Калужской области.

Репинка – левый приток реки Протвы, крупнейший в Обнинске. Длина 3,5 км, ширина русла до 1 метра, глубина от 5 до 30 см, дно песчано-гравийно-галичное. Исследование проводилось в июле – сентябре 2019 г., на участке р. Репинка, протекающей по территории г. Обнинска, вплоть до впадения в р. Протва, были установлены 5 точек отбора проб. В намеченных участках с помощью гидробиологического скребка отбирались пробы беспозвоночных животных, определение проводилось с помощью определителей водных беспозвоночных с использованием бинокуляра МБС-10 [2].

Всего на всем протяжении маршрута на 5 точках было обнаружено 14 видов, причем в пробах часто обнаруживались отдельные особи околотовидных видов (*Fruticicola fruticum*). Наибольшее разнообразие отмечено в точке №5 – место впадения р. Репинки в р. Протва. Там зафиксировано 9 видов из 14 видов. Более высокое разнообразие объясняется тем, что точка находится на стыке двух экосистем, уровень воды здесь намного выше и рельеф дна более разнообразный, что создает

более разнообразные микроусловия, благоприятные для жизни гидробионтов: *Glyphotaelius pellucidus*, *Coenagrion rernale*.

Наименьшее разнообразие отмечено на точке 2 (всего 2 вида) и несколько выше на точке 3 (4 вида). Здесь отмечен песчаный и каменистый грунт, глубина до 20 см, такие субстраты являются бедными и безжизненными и типичны для олиготрофных водоемов.

Доминирующим видом является личинка поденки *Baëtis fuscatus*. Личинки поденок предпочитают чистые водоемы, однако, среди изученных проб макрозообентоса, нами зафиксирован только один вид, что может свидетельствовать о четкой приуроченности этого вида к характеру водотока. Из литературы известно, что поденки рода *Baëtis* приурочены к водотокам с быстрым течением с каменистым дном [3]. Личинки *Baëtis fuscatus* были зафиксированы, главным образом, на каменисто-песчаном дне реки, что подтверждается литературными сведениями об их экологии.

Таким образом, в ходе проведенного исследования получены первичные сведения о биоразнообразии представителей макрозообентоса малой реки Репинка. Судить об устойчивости экосистемы и делать окончательные выводы можно будет только после выявления дополнительных источников загрязнения водоема и более детальном обследовании.

### ***Литература***

1 Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002.

2 Чертопруд М. В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010.

3 Неизвестнова-Жакина Е.С. Личинки поденок р. Оки. и ее бассейна по сборам Окской Биологической Станции. – 1931.



## БИОРАЗНООБРАЗИЕ МОХОВИДНЫХ ОВРАЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Е.М. Рыжова<sup>1,3</sup>, М.М. Рассказова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> - МБОУ «Средняя образовательная школа №11 им. Подольских курсантов», г. Обнинск, Россия

<sup>2</sup> - Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал НИЯУ «МИФИ», г. Обнинск, Россия

<sup>3</sup> - Экологический клуб «Экос», г.Обнинск, Россия

За последние 15 лет благодаря исследованиям Телегановой В.В. значительно расширился видовой список бриофлоры, произрастающих на территории Калужской области [1]. Однако разнообразие мхов северо-восточных районов области и особенности их распространения изучены недостаточно полно. Особый интерес представляет изучение бриофлоры овражных комплексов: более половины специфичных видов Калужской области являются петрофитами, большинство из них проявляет приуроченность к комплексам с обнажениями карбонатных пород [2].

Целью исследования было сравнение видового разнообразия и особенностей произрастания моховидных крупных лесных оврагов, расположенных на территории пригородного леса города Обнинска, и на склонах реки Таруса.

Материал был собран на участках широколиственного и хвойных типов леса на обнажениях и растительных субстратах, расположенных в пределах оврагов Долгининский и Зайцевский и на склонах реки Таруса близ деревни Лысая гора. В ручье Долгининский имеют место выходы нижнекаменноугольных отложений, представленных пестроцветными глинами и известняками, в левобережном обнажении оврага Зайцевский вскрываются дерново-подзолистые почвы.

Определение мхов производилось по Краткому определителю мохообразных Подмосковья [2].

За три года исследований на территории оврагов Долгининский и Зайцевский, и на склонах реки Таруса было выявлено 43 вида моховидных из двух отделов, 4 классов, 8

порядков, 24 семейств и 32 родов. К ведущему порядку относится *Hypnales* (27 видов). Ведущим семейством является *Brachytheciaceae* (9 видов). Впервые для территории пригородного леса г. Обнинска определено 24 вида мохообразных. На склонах реки Таруса было определено 33 вида 10 видов из 43 были выявлены в оврагах г.Обнинска и на склонах р.Таруса.

Большая часть выявленных видов на обоих участках являются обычными [1]. Однако на берегах р. Тарусы отмечено в 2 раза больше видов со спорадическим распространением (*Hygroamblystegium varium*, *Hypnum cupressiforme* и др.) и 3 редких вида. Коэффициент сходства Жаккарда -21,3%. Это обуславливается тем, что несмотря на сходство в целом геоэкологических условий, на склонах реки Таруса субстраты для произрастающих мхов более разнообразны.

Большинство видов являются эпифитами и эпиксилами, произрастают на валеже, поваленных деревьях, разлагающейся древесине. Среди деревьев преобладает липа, это обусловлено характером фитоценоза. Виды *Brachythecium rivulare*, *Oxyrrhynchium hians*, *Plagiomnium cuspidatum* отмечены как на субстрате коры липы, так и на почвенных обнажениях. В целом полученные данные по распространению моховидных совпадают с литературными источниками на территории Калужской области и Подмосковья [1,3]. Однако виды *Didymodon rigidulus*, *Eurhynchiastrum pulohellum*, *Leskea polycarpa* среди всех возможных мест их обитания были обнаружены нами на дне оврага на поверхности окремнезненного известняка. Редкие виды для Калужской области такие как *Dicranum flagellare* обнаружен на поваленном дереве липы, *Hygroamblystegium tenax* –на сыром известняке, *Seligeria pusilla* – на обнаженном известняке.

### **Литература**

1 Телеганова В.В. Флора листостебельных мхов Калужской области и её анализ // Вестник Калужского университета. – 2013. – 1-2. – С. 29-36.

2 Телеганова В.В. Ценные биологические комплексы, территории и биотопы Калужской области // Известия Калужского общества изучения природы. Книга девятая. (Сборник научных трудов) / Под ред. С.К. Алексеева и М.Н. Сионовой. – Калуга: Издательство КГПУ им. К.Э. Циолковского, 2009. – С. 9-14.

3 Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. – Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2003.

4 Красная книга Калужской области. Том 1. Растительный мир. – Калуга, ООО «Ваш домъ», 2015. – 536 с.

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УЧАСТКОВ «КАЛУЖСКОГО ГОРОДСКОГО БОРА» С ПОМОЩЬЮ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ**

*С.Д. Тесник, Ю. В. Тесник*

*МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №26,*

*г. Калуга, Россия*

*ГОУ ДО «Эколого-биологический центр», г. Калуга, Россия*

Несомненна важность и актуальность исследований особо охраняемых природных территорий близ городских массивов, такой территорией является “Калужский городской бор”. Биондикационные исследования с помощью трутовых грибов на его территории в последние годы не проводились. Рекреационная нагрузка на некоторых участках бора ежегодно возрастает, что добавляет важностью мониторинга, в том числе методом биоиндикации с помощью трутовых грибов. Трутовики можно использовать для неспецифической косвенной биондикации антропогенных трансформаций лесных и лесопарковых экосистем, так как ксилотрофные макромицеты чутко реагируют на любые изменения в окружающей среде [1]. Преимуществом трутовиков в биоиндикации является их доступность для мониторинговых работ в течение практически всего бесснежного периода. Гипотеза: можно предположить, что трутовые грибы служат показателем экологического состояния

362

лесных сообществ Калужской области. Для проведения исследования мы заложили пробные площади (10x10) в 21 и 22 кварталах бора по обе стороны от тропинки, ведущей к домику лесника. Всего было заложено 8 пробных площадей: 2 контрольные (№1к, №2к), 6 площадей с рекреационной нагрузкой (№3 – 5 – молодой сосняк, №6 – 9 – спелый сосняк). Материал собирался в течение сентября 2019 г.- января 2020 г. Идентификация трутовиков проводилась по стандартной методике с помощью определителя Бондарцева [2].

В процессе работы мы сделали следующие выводы: 1. В районе исследований выявлено 22 вида трутовых грибов, относящихся к 8 семействам. Наиболее многочисленное семейство *Coriolaceae*. 2. По субстратной специализации присутствуют 3 группы: факультативные сапротрофы (3 вида); облигатные сапротрофы (2 видов); облигатные паразиты (7 видов). По степени разложения древесины выделены 4 группы трутовиков. Наибольшая часть трутовиков (9 видов) предпочитает разрушенную древесину. 3. Прослеживается неравномерное распределение видов трутовиков, их численности и субстратных единиц по ПП. Наибольшее видовое разнообразие на ПП №1к, №2к. Наибольшая численность находок – на ПП №7. Наибольшее число субстратных единиц – на ПП №8. 4. Среди учтённых трутовиков выделены 10 индикаторных видов, которые принадлежат к 4 индикаторным группам. Индикаторные виды учтены на каждой ПП. 5. По данным комплексного анализа трутовых грибов (по видовому разнообразию и численности видов, индикаторным видам и индексу Симпсона) на ПП №5 и №8 наблюдается повышенная антропогенная нагрузка. Наша гипотеза подтвердилась частично: трутовые грибы можно использовать для оценки экологического состояния пробных площадей лесных сообществ по двум направлениям (с помощью индикаторных групп и по методике А. Г. Медведева). Но для этого нужно составить методическое пособие комплексной оценки с помощью микоиндикации для Калужской области. На основании выводов, составлены следующие рекомендации: 1) Несмотря на достаточное изучение темы, необходимо провести дальнейшее

исследование выбранной территории на протяжении весенне-летне-осеннего сезона текущего года.

Мы приносим искренние благодарности к. б. н. доценту Сионовой М. Н. за помощь в определении большого числа видов макромитетов и ценные консультации.

### ***Литература***

1 Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. - М.: Наука, 2003. - 348 с.

2 Бондарцев А. С. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып.2. - Спб.: Наука, 1998. – 391 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Программный комитет III Международной (XVI Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск»</b>                                       | 3  |
| <b>Секция 1. Ядерная и тепловая энергетика</b>                                                                                                                       | 6  |
| Abdulraheem K. K., Laidani Z., Korolev S.A. Stability analysis and optimal control of a nuclear reactor based on point kinetics equations                            | 6  |
| Alhagaish I.K., Sakharov V.K.Characteristics of Bremsstrahlung radiation from thick tungsten target bombarded by 10, 20 and 60 MeV electrons                         | 7  |
| Duong Q.H., Avdeenkov A.V., Malakhov A., Bessarabov D.G. CFD simulation of forced ventilation facility to investigate effects of hydrogen leak in the confined space | 10 |
| Haque Z.U., Nakhobov A.V., Sanam S.A. Analysis of acoustic monitoring data regarding VVER reactor installations                                                      | 12 |
| Hossain S., Skomorokhov A.O., Islam R. Classification and cluster analysis for NPP diagnostics                                                                       | 13 |
| Islam R., Belousov P.A. Coolant leaks detection of primary circuit in NPP                                                                                            | 15 |
| Islam R., Skomorokhov A.O., Hossain S. Regression and neural network methods for NPP diagnostics                                                                     | 17 |
| Kundu S.K., Sevostyanov V., Slobodchuk V.I. Analysis of passive heat removal system from the containment shell of power unit with VVER-1200                          | 18 |
| Rana A.A., Samokhin D.S. To estimate reliability of mechanical equipment of nuclear power plant                                                                      | 20 |
| Sanam S.A., Nakhobov A.V., Haque Z.U. Analysis of vibrational monitoring data regarding VVER type reactor installation                                               | 21 |
| Shahabuddin A K M, Samokhin D.S., Rana A.A., Mahdi M.A. Genetic algorithm in the tasks of the reliability control of NPPS with a VVER reactor                        | 23 |

|                                                                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Алвахеба А.И., Сурин В.И, Бекетов В.Г. Применение электрофизического неразрушающего контроля на предприятиях атомной отрасли                                                                                         | 24 |
| Альсассф С.Х., Савандер В.И., Хассан А.А. Использование эрбия в качестве выгорающего поглотителя в реакторах типа ВВЭР при работе на удлинённых кампаниях                                                            | 26 |
| Асхадуллин С.Р., Милинчук В.К., Шилина А.С. Синтез водорода методом окисления бинарного расплава Sn – Al водяным паром                                                                                               | 28 |
| Берестов Р.М., Неведин А.В. Применение нейроинтерфейса в системах управления техническими средствами                                                                                                                 | 30 |
| Берестов Р.М., Неведин А.В. Разработка мобильного нейроинтерфейса                                                                                                                                                    | 32 |
| Бойко В.В., Лапкис А.А. Улучшение свойства изолируемости виброакустического контроля перегрузочных машин энергоблоков ВВЭР-1000                                                                                      | 33 |
| Каражелевская Ю.Е., Левон М.А., Терехова А.М. Америций – выгорающий поглотитель нейтронов                                                                                                                            | 36 |
| Коптелов Ю.С Перспективная конструкция блока детектирования диапазона источника систем АКНП для АЭС                                                                                                                  | 37 |
| Костарев В.С., Литвинов Д.Н., Аристов Н.М., Климова В.А., Ташлыков О.Л. Теплогидравлическое моделирование канала с мишенями для наработки изотопов в реакторе ИВВ-2М                                                 | 39 |
| Неведин А.В., Берестов Р.М. Автоматическая система контроля состояния оператора БЩУ АЭС                                                                                                                              | 41 |
| Распопов Д.А., Белоусов П.А. Возникновение техногенных рисков в результате аварий в энергосистемах объектов ядерной отрасли                                                                                          | 43 |
| 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 | 45 |

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Секция 2. Ядерный топливный цикл. Проблемы обращения с отходами</b>                                                                                                                                | 48 |
| Уйен Во Т. Т., Сынзыныс Б.И., Лаврентьева Г.В. Доза облучения и оценка радиологического риска для населения города Далата (Вьетнам) при аварийной ситуации на хранилище жидких радиоактивных отходов  | 48 |
| <b>Секция 3. Техногенный и экологический риски. Радиационная безопасность</b>                                                                                                                         | 50 |
| Amoah P. A., Pripachkin D. A. The effect of varying collimator geometry in alpha-spectrometry of environmental analysis using Matlab and Monte Carlo                                                  | 50 |
| Demin V.F., Golosnaya A.A. , Korolev S.A. , Kuznetsov V.P., Makarov V.I. Prospects for achievement of guaranteed safety of small nuclear power plants                                                 | 52 |
| Ifayefunmi O.S., Mirzeabasov O.A., Synzynys B.I. Radiosensitivity of <i>Lemna minor</i> to gamma-rays from cobalt 60, and internal beta-irradiation from tritium: indirect equivalent dose estimation | 53 |
| Orumo Kenoll, Elokhin A.P., Ksenofontov A.I. Legal and economic mechanism of environmental protection in the Federal Republic of Nigeria                                                              | 55 |
| Sadhukhan R. K., Synzynys B.I. Natural radioactivity around Rooppur nuclear power plant before commissioning                                                                                          | 57 |
| Адарова А.И., Чернуха А.Е., Соловьев А.Н. Оценки радиационных полей в границах каньона при проведении дистанционной терапии на базе нейтронного генератора                                            | 59 |
| Акимов А.М., Магдыч Е.А., Котельникова С.А. Пылеподавление на горнорудных предприятиях при транспортировании горных масс                                                                              | 60 |
| Батраков Г.Ф., Кременчуцкий Д.А., Холопцев А.В., Куриная Ю.С. Временная изменчивость концентрации продуктов распада радона-222 в приземном слое атмосферы Севастопольского региона                    | 62 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Бурякова А.А., Удалова А.А., Крышев А.И., Каткова М.Н. Модельный расчет содержания $^{131}\text{I}$ в окружающей среде для оценки доз облучения населения вблизи АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»                                                                                                             | 64 |
| Василенко А.А., Елохин А.П. Автоматизированная система дистанционного измерения придонной радиоактивности в глубоководных акваториях                                                                                                                                                                     | 66 |
| Вилков М.В., Ванюшкин А.В., Яценко Н.А. Утилизатор органического мусора с высокоэффективной передачей тепла                                                                                                                                                                                              | 68 |
| Газиев И.Я., Крышев А.И. Оценка дозы облучения населения и радиационных рисков от выбросов Нововоронежской АЭС                                                                                                                                                                                           | 70 |
| Гешель И.В., Андреева Н.В., Сидорова Е.В. Пути снижения накопления $\text{Sr}^{90}$ в продукции растениеводства при применении азотных удобрений                                                                                                                                                         | 72 |
| Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Радиоэкологическая оценка окружающей среды с использованием программы «Erica tool 1.2»                                                                                                                                                                    | 74 |
| Жукова Ю.М., Жуков Я.Д. Радиационный контроль при проведении инженерно-экологических изысканий природно-территориальных комплексов Калужской области                                                                                                                                                     | 76 |
| Захарова А.А., Мялин А.Н. Аутизм. Экологические риски                                                                                                                                                                                                                                                    | 78 |
| Зозуль Ю.Н., Киселев С.М., Лащеннова Т.Н. Комплексная оценка риска для населения в районе расположения ЯРОО                                                                                                                                                                                              | 79 |
| Ибрагим К.Л., Муленга Ч.М., Званцев А.А., Камнев В.А. Применение термолюминесцентных дозиметров при измерении гамма-излучения в шахте-хранилище реактора ИРТ-МИФИ                                                                                                                                        | 82 |
| Карпенко Е.И., Нуштаева В.Э., Соломатин В.М. Оценка доз облучения биоты в районе расположения АО «СХК»                                                                                                                                                                                                   | 84 |
| Киселев С.М., Лащеннова Т.Н., Шлыгин В.В., Исаев Д.В., Ахромеев С.В., Зозуль Ю.Н., Бельский Ю.С., Старинский В.Г. Комплексная оценка состояния окружающей среды на территориях, загрязненных в результате аварии на атомной подводной лодке в дальневосточном регионе России (б. Чажма. Приморский край) | 86 |

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Козарь И.А. Радиационный мониторинг участка реки Ипуть, пострадавшего в результате аварии на ЧАЭС                                                                       | 88  |
| Комиссаров А.Б., Игнатенко Г.К. Учебно- демонстрационный центр по ядерной и радиационной безопасности в стенах учебного заведения                                       | 90  |
| Коровкина Э.П., Бирюков А.П., Арчегова М.Г.<br>Динамика статистики злокачественных новообразований среди населения, проживающего вблизи объектов атомной промышленности | 92  |
| Костерев В.В. Оценка риска аварийной транспортировки отработавшего ядерного топлива железнодорожным транспортом                                                         | 94  |
| Кострюков Е.И., Рожкова В.А., Сынзыныс Б.И. Радиационная обстановка вокруг Смоленской АЭС перед вводом в эксплуатацию системы ОСМРО                                     | 96  |
| Кречетников В.В., Титов И.Е., Карпенко Е.И.,<br>Кречетникова Е.О. Создание атласа радиозологической обстановки в 30 км зоне СХК                                         | 97  |
| Лашенцова Т.Н., Майзик А.Б., Пепелов И.Л. Радиационная безопасность при проведении дезактивации поверхностей, которые имеют загрязнение альфа-радионуклидами            | 99  |
| Ле Ф.Т., Момот О.А., Сынзыныс Б.И. Оценка риска для жителей города Далата (Вьетнам) и Обнинска (Россия) при употреблении питьевой воды, содержащей оксид трития         | 101 |
| Лукьянов В.Е., Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Грунская Л.В.<br>Новый подход индикации изменения риска сильных землетрясений                                              | 103 |
| Меджидов И.М., Басова М.А., Кураченко Ю.А. Оценка доз при брахитерапии органов головы и шеи источником $^{252}\text{Cf}$                                                | 105 |
| Мерзлова О.А. Утилизация древесных отходов в условия радиоактивного загрязнения земель                                                                                  | 107 |
| Мехди М., Панин М.П., Припачкин Д.А., Mohammadi B.<br>Моделирование параметров горячего выброса радиоактивности в результате аварии на ЧАЭС                             | 109 |

|                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Михайлова А.Ф., Ташлыков О.Л. Модернизация базы данных индивидуального дозиметрического контроля АО «ИРМ»                                                                                                      | 111 |
| Михайлова А.Д., Тихонова О.А. Нейропсихологический скрининг у пациентов с болезнью Паркинсона, работающих на атомных станциях                                                                                  | 113 |
| Нгуен В.Т., Момот О.А. Оценка дозовых нагрузок на население от воздействия предприятий ЯТЦ России                                                                                                              | 115 |
| Нгуен Ч. Ф., Момот О.А. Анализ динамики содержания техногенных радионуклидов в объектах окружающей среды во Вьетнаме                                                                                           | 117 |
| Нилова Е.К., Бортновский В.Н., Никитин А.Н., Тагай С.А., Дударева Н.В., Жукова Л.В. Загрязнение <sup>241</sup> Am почвы и местных продуктов на территории Брагинского района Гомельской области Беларуси       | 119 |
| Нитрян А.И., Стебельков В.А. Особенности расследования преступлений с рассеиванием ЯРМ в окружающей среде                                                                                                      | 122 |
| Нуштаева В.Э., Спиридонов С.И., Карпенко Е.И., Нуштаев С.Н., Курбаков Д.Н. Оценка доз облучения референтных организмов биоты в районе размещения Балтийской АЭС                                                | 124 |
| Олейник А.В., Зубачева А.А., Каткова М.Н. Содержание техногенных радионуклидов в приземном слое атмосферы г. Обнинска в 2009-2018 годах                                                                        | 126 |
| Олейников С.А., Соболев А.В. Расчетная модель при запроектной аварии с падением самолёта на ПЗРО                                                                                                               | 128 |
| Олейников С.А., Соболев А.В. Инженерные решения для защитных конструкций объектов ядерного топливного цикла                                                                                                    | 130 |
| Орловский П.С., Шалухова М.А. Проблемы оценки риска радиоактивного загрязнения продуктов                                                                                                                       | 133 |
| Панов А.В., Цыбулько Н.Н., Титов И.Е., Кречетников В.В. Методология и результаты почвенно-радиоэкологического районирования радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель Республики Беларусь и России | 135 |
| Переволоцкая Т.В., Переволоцкий А.Н. Оценка формирования радиационной обстановки в природных биогеоценозах при аварийных радиоактивных выпадениях                                                              | 137 |

|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Пичкунова А.А., Лычагин А.А., Корякин С.Н., Казаков Е.И.,<br>Корякина Е.В. Оценка радиационной безопасности в<br>помещениях каньона нейтронного генератора НГ-14                                                                              | 139 |
| Подлущий М.С., Лукашенко С.Н., Томсон А.В., Удалова А.А.<br>Исследование загрязнения тритием территории, прилегающей<br>к бывшему хранилищу радиоактивных отходов                                                                             | 141 |
| Помясова М.Г., Тхорик О.В., Карпенко Е.И. Нормативно-<br>правовая база по облучению и контролю качества мясной<br>продукции                                                                                                                   | 143 |
| Саруханов А.В., Крыленкин Д.В., Сидорова Е.В., Курбаков<br>Д.Н., Кречетникова Е.О. Содержание тяжелых металлов в<br>зерне пшеницы ( <i>Triticum aestivum</i> ) сельскохозяйственных<br>угодий в районе планируемого размещения балтийской АЭС | 146 |
| Старинский В.Г., Бельских Ю.С., Шлыгин В.В., Киселев С.М.<br>Исследование содержания радона в воздухе детских<br>образовательных учреждений с применением интегральных<br>методов дозиметрии                                                  | 148 |
| Стругов Е.Д., Ширманов И.А., Лёзов А.Д., Шпаковская Т.В.,<br>Ильина Д.К., Ташлыков О.Л. О вкладе трития в дозу<br>облучения населения и персонала                                                                                             | 149 |
| Титов И.Е., Кречетников В.В., Исамов Н.Н., Кузнецов В.К.,<br>Панов А.В. Применение геоинформационных систем при<br>радиационно-экологическом мониторинге 30-км зоны<br>наблюдения Ростовской АЭС                                              | 152 |
| Толкаева М.С. Теоретическое обоснование необходимости<br>учета синергизма тяжелых металлов с другими агентами для<br>оценки экологического риска                                                                                              | 153 |
| Фомичев В.В., Пахолик Д.А., Кузнецов Н.В., Кочнов О.Ю.<br>Оценка ожидаемой радиационной обстановки при аварии во<br>время транспортировки ТРО                                                                                                 | 155 |
| Хоа Н.Т., Сынзыныс Б.И. Оценка техногенного риска при<br>авиаперевозке тук 145/С с ОТВС реактора DNRR<br>исследовательского центра в Далате (Вьетнам)                                                                                         | 157 |
| Шаповалов С.Г., Денисова Э.Н., Снегирев А.С., Басова М.А.,<br>Козьмин Г.В., Исамов Н.Н., Кураченко Ю.А.                                                                                                                                       | 159 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Облучение пищеварительного тракта моногастричных животных «горячими» радиоактивными частицами                                                                                                                                                                      |     |
| Шарифьянов Е.В., Ташлыков О.Л. Оценка профессионального облучения при эксплуатации АЭС с быстрыми натриевыми реакторами                                                                                                                                            | 161 |
| Щур А.В., Валько О.В., Федосеев О.И. Применение GIS-технологий в радиационной безопасности                                                                                                                                                                         | 163 |
| <b>Секция 4. Биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды</b>                                                                                                                                                                                          | 166 |
| Al-Ghizzi M.A.B., Bakaeva E.N. Water quality of the lower section of the Don river according to the algoindication (p-ibi)                                                                                                                                         | 166 |
| Артамонова А.А., Шаталова Р.О., Балдов Д.А., Рассказова М.М., Сынзыныс Б.И. Экспериментальное обоснование метода биотестирования радиоактивного загрязнения водомов с помощью представителей семейства рясковых: <i>Lemna minor</i> и <i>Spirodella polyrrhiza</i> | 168 |
| Афонин А.А., Ляпунова Е.Р. Закономерности действия кадмия и лития на дрожжевые клетки                                                                                                                                                                              | 170 |
| Аюпова А. И., Минакова Е.А. Оценка воздействия автомобильных дорог на качество окружающей среды г. Казани методом биоиндикации                                                                                                                                     | 172 |
| Батраченко Е.А. Диагностика состояния урбозкосистем методами лишеноиндикации                                                                                                                                                                                       | 174 |
| Берестина А.В., Бахвалов А.В. Микробиологический мониторинг как индикатор состояния чистых помещений                                                                                                                                                               | 177 |
| Битаршвили С.В., Празян А.А., Гераськин С.А. Фитогормональный статус японской красной сосны с нарушениями апикального доминирования в районе Фукусимской АЭС                                                                                                       | 179 |
| Вилкова В.В, Шабунина В.В. Уреазная активность нарушенных рекреационной нагрузкой коричневых почв заповедника «Утриш»                                                                                                                                              | 181 |
| Дауд Р.М., Колесников С.И. Влияние модельного загрязнения                                                                                                                                                                                                          | 182 |

селеном на активность каталазы почв аридных экосистем юга России

|                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Дикарев А.В. Исследование контрастных реакций ярового ячменя на действие кадмия по физиолого-биохимическим параметрам и продуктивности                                                            | 184 |
| Жалнина А.А., Ускалова Д.В., Дорохов А.В., Устенко К.В. Морфо-функциональные эффекты низкоинтенсивного радиочастотного облучения <i>Daphnia magna</i> в ювенильный период в условиях голодания    | 187 |
| Карманова А.Н., Зимин А.А. Создание экспериментальной модели для изучения биоаккумуляции фагов двустворчатыми моллюсками <i>Unio pictorum</i>                                                     | 189 |
| Королько С.А., Харитонов Т.Д. Диагностика состояния почв щели Квашина заповедника «Утриш» по активности каталазы                                                                                  | 191 |
| Косовская М.А., Лямина Н.В., Катвалюк А.Л., Ильязов Р.Г. Методика экспресс-оценки состояния атмосферного воздуха биоиндикацией и биотестированием дендроформ                                      | 193 |
| Макаренко Е.С., Лыченкова М.А., Гераськин С.А. Морфологические особенности хвои при нарушении апикального доминирования у японской красной сосны в районе аварии Фукусимской АЭС                  | 195 |
| Минкина Ю.В., Воронков А.С. Гормон –индуцированная регенерация АФК мужского гаметофита петунии                                                                                                    | 197 |
| Мирзоев Э.Б. Методология оценки воздействия свинца на сельскохозяйственных животных при хроническом поступлении с рационом                                                                        | 199 |
| Мусихина Т.А., Черепанова К.А., Недорезов С.С., Иммамалиев Э.А. Оценка влияния крупнотоннажных отходов техногенных систем Кировской области на биологический тест-объект семена горчицы сарепской | 201 |
| Наумова А.А., Стрельцов А.Б. Актуальность методов биоиндикации при исследовании качества среды на территориях с антропогенной нагрузкой                                                           | 203 |
| Наумова Т. А., Стрельцов А. Б. Использование ГИС-                                                                                                                                                 | 205 |

|                                                                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| технологий при изучении экологических территорий<br>Калужской области                                                                                                                      |     |
| Силаева А.А., Цыбульский О.И., Новосёлова Т.Н., Протасов<br>А.А. Гидробиологические проблемы эксплуатации<br>технических водоемов энергетических станций                                   | 207 |
| Собина А.С. Биодиагностика экологического состояния почв<br>ботанического сада ЮФУ                                                                                                         | 210 |
| Тарадайко М.Н., Бакаева Е.Н., Игнатова Н.А. Использование<br>набора биотестов для оценки токсичности поверхностных вод                                                                     | 212 |
| Хуснуллин Р. Р., Кусюкбаева Э. И., Минакова Е. А.<br>Биомониторинг здоровья среды ВКГПБЗ методикой<br>флуктуирующей асимметрии листовой пластинки <i>Betula<br/>pendula</i> Roth           | 214 |
| Шабунина В.В., Вилкова В.В. Диагностика содержания<br>органического вещества в постпирогенных коричневых почвах<br>заповедника «Утриш»                                                     | 216 |
| Шмарев А.Н. Оценка стресса фотосинтетического аппарата<br>растений методом измерения флуоресценции хлорофилла А                                                                            | 217 |
| <b>Секция 5. Экологическая и фармацевтическая химия</b>                                                                                                                                    | 220 |
| Gadirova E.M. Modern methods for purifying phenol from waste<br>water                                                                                                                      | 220 |
| Haciyeva S.R., Gadirova E.M. Determination of PAH in waste<br>waters                                                                                                                       | 221 |
| Pozharnov I.A., Ramenskaya G. V., Epshtein N.B. Industrial<br>hygiene monitoring of the drug ticagrelor at a pharmaceutical<br>factory                                                     | 223 |
| Turan S., Ozdemir N., Koc C., Gadirova E., Demirak A. Spatial<br>analysis and evaluation of some physico-chemical parameters of<br>the fethiye bay through geographical information system | 225 |
| Turchanina O., Gadirova E. Biochemical processes in the<br>atmosphere                                                                                                                      | 226 |

|                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Асхадуллин С.Р., Шилина А.С., Милинчук В.К. Разработка технологии сорбционной очистки жидких радиоактивных отходов АЭС от радионуклидов стронция и цезия                                                                      | 228 |
| Бежин Н.А., Довгий И.И. Сорбционное концентрирование $^{90}\text{Sr}$ из морской воды для решения задач радиоэкологии                                                                                                         | 230 |
| Богданов И.И., Шитова А.А., Солдатова О.В., Южаков В.В., Шевченко Л.И., Филимонов А.С., Филимонова М.В. Оценка возможности применения ингибитора синтеза оксида азота для лечения комбинированных радиационных повреждений    | 232 |
| Выпова Е.Р., Солдатова О.В., Шитова А.А., Филимонова М.В. Оценка противоопухолевого потенциала сесквитерпеноидного гидрохинонаморского происхождения на экспериментальной опухоли АКЭ in vivo                                 | 234 |
| Джабаров Э.Э., Байрамова С.М., Агаева З.Р. Распределение радиоактивных элементов в природных ископаемых                                                                                                                       | 236 |
| Казаченок Н.Н., Шалухова М.А. Риск высвобождения $^{137}\text{Cs}$ , депонированного в верховьях Течи                                                                                                                         | 238 |
| Концевая И.И., Алексеенко О.Г. Эффект антибиотиков блокирующих синтез белка прокариот в <i>Allium</i> -тесте                                                                                                                  | 240 |
| Косаченко А.О., Шитова А.А., Солдатова О.В., Сабурова А.С., Макачук В.М., Шевченко Л.И., Филимонова М.В. Тестирование комбинированного соединения на основе фуллерена для таргетной противоопухолевой терапии in vivo         | 242 |
| Крыленкин Д.В., Саруханов А.В., Анисимов В.С., Гешель И.В., Фригидов Р.А. Содержание тяжелых металлов в травостое естественных лугов, сенокосов и пастбищ в 50 км зоне вокруг планируемого размещения площадки Балтийской АЭС | 244 |
| Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Андреева Н.В., Сидорова Е.В., Саруханов А.В., Новикова Н.В., Нуштаева В.Э. Влияние ООО «НЛМК-Калуга» на загрязнение снежного покрова                                                            | 246 |
| Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Сидорова Е.В., Андреева Н.В. Загрязнение снежного покрова в 30-км зоне                                                                                                                          | 248 |



Новолипецкого металлургического комбината

|                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Манакова О.М., Ларичева Т.Е., Ананьева О.А. Получение трековой мембраны на основе поливинилиденфторида для нужд мембранной дистилляции                                                                        | 251 |
| Милицина У. А., Карасева Е.Н. Валидация методики количественного определения аскорбиновой кислоты в жидком поливитаминном препарате                                                                           | 252 |
| Пинчук Г.Р., Эпштейн Н.Б. Спектрофотометрическое определение аскорбиновой кислоты в комбинированном лекарственном препарате                                                                                   | 254 |
| Пожарнов И.А., Раменская Г.В., Савенков Е.А., Эпштейн Н.Б. Разработка методики суррогатного мониторинга субстанции осимертиниба мезилата                                                                      | 256 |
| Прожорина Т.И., Преснякова Ю.А. Нитратное загрязнение питьевой воды г. Борисоглебска Воронежской области                                                                                                      | 258 |
| Прожорина Т.И., Преснякова Ю.А. Гидрохимическая оценка качества вод реки Воронеж                                                                                                                              | 260 |
| Пырко А.Н., Смольник М.В. Синтез новых производных диинденопиридина экологически безопасными методами                                                                                                         | 262 |
| Рыбачук В.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Суринова В.И., Филимонова М.В. Оценка противоопухолевого потенциала нового производного индол-3-карбоновой кислоты на экспериментальной опухоли АКЭ <i>in vivo</i> | 264 |
| Смирнова Е.А., Солдатова О.В., Шитова А.А., Филимонова М.В. Исследование возможности применения средства растительного происхождения <i>Gentiana lutea</i> L. в радиационной медицине и онкологии             | 266 |
| Смирнова Т.Л. Показатели устойчивого развития ядерной энергетики в РФ                                                                                                                                         | 269 |
| Сполохова М.В., Борисонова А.В. Разработка и валидация методики определения остаточного содержания индапамида                                                                                                 | 271 |
| Францкевич Е.А., Пожарнов И.А. Гигиеническое нормирование в рамках фармацевтического производства                                                                                                             | 273 |
| Шестакова В.А., Гремченко П.И. Сравнительный анализ                                                                                                                                                           | 275 |

|                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| экологического состояния городских почв на примере городов<br>Владимира и Обнинска                                                                                                                               |     |
| Яковишин Л.А., Гришковец В.И., Корж Е.Н., Головченко И.В.,<br>Нагирняк А.А. Молекулярные комплексы тритерпеновых<br>гликозидов с холестерином                                                                    | 277 |
| Яковишин Л.А., В.И. Гришковец, Корж Е.Н. Тритерпеновые<br>гликозиды лекарственных препаратов Бронхипрет® сироп и<br>Гербион® сироп плюща                                                                         | 279 |
| <b>Секция 6. Экологические аспекты действия<br/>неионизирующего и ионизирующего излучения</b>                                                                                                                    | 281 |
| Denisova E.N., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A. Assessment of<br>irradiation doses to the gastrointestinal tract of rats from “hot”<br>particles                                                                    | 281 |
| Fernandez Quiroga S., Oudalova A.A., Kiseleva L.A., Melnikova<br>T.V. , Montaño M. R. Environmental monitoring of soils near<br>the Research Institute of Physical Chemistry in Obninsk                          | 283 |
| Vuytsik P.A. Experimental study on the impact of radiofrequency<br>electromagnetic fields on reproductive function                                                                                               | 284 |
| Агеева Т.Н. $^{137}\text{Cs}$ в пищевой продукции леса на территории<br>Могилевской области                                                                                                                      | 286 |
| Аксенова К.С., Бубликова И.А. Анализ влияния эксплуатации<br>Ростовской АЭС на радиационные факторы территории<br>размещения                                                                                     | 288 |
| Бабина Д.Д., Подобед М.Ю., Бондаренко Е.В., Миценых А.С.,<br>Волкова П.Ю. Оценка фотосинтетических параметров ABI3<br>мутанта <i>Arabidopsis thaliana</i> после воздействия<br>ионизирующего излучения на семена | 290 |
| Басова М.А., Козьмин Г.В., Кураченко Ю.А. Дозовые<br>коэффициенты конверсии при поступлении с кормом<br>радиоактивных изотопов йода в организм коров                                                             | 292 |
| Белая О.В., Перов С.Ю. Вопросы гигиенической оценки<br>электромагнитных полей радиочастотного диапазона при<br>внедрении систем сотовой связи пятого поколения                                                   | 294 |

|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Бударков В.А., Зенкин А.С., Шаповалов С.Г. Симптоматика и течение радиационного язвенного гастроэнтероколита                                                                                                    | 296 |
| Васильев К.Г., Трошина М.В., Корякина Е.В., Потетня В.И., Соловьев А.Н., Голованова О.Ю., Корякин С.Н. Биологическая эффективность протонного сканирующего пучка в условиях ультра- и гипофракционирования дозы | 299 |
| Горбатов С.А. Применение СВЧ-плазматрона для обработки сельскохозяйственной продукции                                                                                                                           | 301 |
| Гурова С.А., Ревкова В.А., Ситников Д.С., Ильина И.В., Комарова Л.Н. Исследование временных параметров мощного терагерцового излучения на фибробласты кожи человека                                             | 303 |
| Гусева О.А., Гончарова Л.И., Цыгвинцев П.Н. Последствия острого УФ облучения для ячменя ( <i>Hordenum vulgare</i> L.)                                                                                           | 305 |
| Карманова А.Н., Зимин А.А. Поиск гомологов ДНК-гликозилазы пиримидиновых димеров бактериофага Т4 в океанических метагеномах                                                                                     | 307 |
| Коньшина Т.А., Аскерова С.А., Шепелева Е.А. Влияние условий воздействия на эффективность экранирования средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты                                | 310 |
| Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Саруханов А.В. Адаптивно-ландшафтное земледелие на радиоактивно загрязненной территории Тульского НИИСХ                                                        | 312 |
| Купцова П.С., Жураковская Г.П. Особенности взаимодействия радиопротектора цистамина с УФ светом                                                                                                                 | 313 |
| Манухина Я.А., Казакова Е.А., Волкова П.Ю. Состояние антиоксидантной системы популяций травянистых растений, произрастающих в зоне отчуждения ЧАЭС                                                              | 315 |
| Махарадзе А.А., Макарова-Землянская Е.Н. Анализ возможностей средства индивидуальной защиты ЭП-4(0) от наведенного напряжения                                                                                   | 317 |
| Петрухина Д.И., Карпенко Е.И. Изучение возможности применения нетермальной плазмы для фитосанитарной обработки сельскохозяйственных культур                                                                     | 319 |
| Подобед М.Ю., Бабина Д.Д., Казакова Е.А., Бондаренко Е.В.,                                                                                                                                                      | 321 |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Волкова П.Ю. Анализ активности глутатионпероксидазы после воздействия гамма-излучения на семена <i>Arabidopsis thaliana</i> мутантной линии и дикого типа                                                                                                  |     |
| Трофимова Л.А., Черкасова Е.Е., Лаврентьева Г.В. Влияние гамма-облучения на смертность наземных моллюсков <i>F. fruticum</i> в течение 5 месяцев после облучения                                                                                           | 323 |
| Трошина М.В., Корякина Е.В., Потетня В.И., Корякин С.Н. Закономерности индукции аберраций хромосом в клетках В14-150 при облучении ионами углерода в низких дозах                                                                                          | 326 |
| Фомичев М.Д., Макаrchук В.М., Шевченко Л.И., Филимонова М.В. Исследование противолучевой эффективности комбинации ингибитора NOS и фенилэфрина                                                                                                             | 328 |
| Шаповалов С.Г., Денисова Э.Н., Козьмин Г.В., Бударков В.А. Камерные модели транспорта радиоактивных частиц в желудочно-кишечном тракте моногастрических животных                                                                                           | 330 |
| Шаталова Р.О., Ревкова В.А., Ситников Д.С., Ильина И.В., Комарова Л.Н. Исследование критических параметров воздействия неионизирующего излучения терагерцового диапазона на фибробласты кожи человека                                                      | 332 |
| Шафорост А.С., Зятков А.А., Веялкина Н.Н. Кластерные повреждения в ДНК мышей C57bl/6 при моделировании острого токсического гепатита                                                                                                                       | 334 |
| Шестериков А.Ю. Диэлектрическая проницаемость материалов при тепловой обработке микроволновым излучением в сельском хозяйстве                                                                                                                              | 336 |
| Шишко В.И. Снижение уровня микотоксинов в сельскохозяйственной продукции при обработке нетермальной плазмой                                                                                                                                                | 338 |
| Шошина Р.Р., Лаврентьева Г.В., Черкасова Е.Е., Сынзыныс Б.И. Закономерности формирования биологических эффектов физиологического статуса малого биологического объекта ( <i>Fruticicola fruticum</i> ) при хроническом низкодозовом ионизирующем облучении | 340 |

|                                                                                                                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Секция 7. Школьная экологическая секция</b>                                                                                                                                                             | <b>343</b> |
| Андрейчук С.Д., Харитонов И.Г. Экологическая оценка состояния почв фитогенных полей рейнутрии богемской, рябинника рябинолистного и золотарника канадского в условиях Боровского района Калужской области. | 343        |
| Боброва В.М., Леках И.В. Резистентность к антибиотикам бактерий кожи рук и полости рта.                                                                                                                    | 345        |
| Додина Д.А., Тесник Ю.В. Высшие сосудистые растения экологической тропы «Сказы Калужского бора»                                                                                                            | 347        |
| Елистратов Е.А., Шутенко Н.В. Разработка инновационного экологически чистого дорожного бетонного покрытия                                                                                                  | 349        |
| Ледкова А. М., Рассказова М.М. Использование фруктозы для снижения фитотоксического действия солей свинца на морфометрические и биохимические показатели пшеницы мягкой                                    | 351        |
| Матвеев Д.С., Харитонов И.Г. Мониторинг популяции плауна топяного на урбанизированной территории города Боровск                                                                                            | 353        |
| Мурыскина П.В., Рассказова М.М., Воронкина Н.В., Рыбачук В.А., Рыжова Е.М. Видовое разнообразие растений на территории ЗДОЛ «Полёт»                                                                        | 356        |
| Пролеткин М.С., Рассказова М.М. Биоразнообразие водных беспозвоночных реки Репинка                                                                                                                         | 358        |
| Рыжова Е.М., Рассказова М.М. Биоразнообразие моховидных овражных комплексов                                                                                                                                | 360        |
| Тесник С.Д., Тесник Ю.В. Оценка состояния некоторых участков «Калужского городского бора» с помощью трутовых грибов                                                                                        | 362        |

Подготовка оригинала-макета А.А. Удалова, Л.А.Киселева

|                                       |                |                      |
|---------------------------------------|----------------|----------------------|
| ЛР № 020713 от 27.04.1998             |                |                      |
| Подписано к печати                    |                | Формат бум. 60х84/16 |
| Печать ризограф.                      | Бумага МВ      | Печ.л. 29,125        |
| Заказ №                               | Тираж 100 экз. | Цена договорная      |
| Типография НИЯУ МИФИ                  |                |                      |
| 115409, г. Москва, Каширское шоссе,31 |                |                      |

