



## First International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery

**Перша Міжнародна конференція  
«Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної  
енергетики та відновлення оточуючого середовища»**

**INUDECO'16**

**25-27 квітня 2016**

**Збірка матеріалів**



**Славутич, 2016**



## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Секція 1. Досвід ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно-безпечну систему.....   | 7  |
| Evolution of Radiation Situation in the Fukushima Zone During the Post-accidental Period and Prognosis for the Future. Kenji Nanba, Vasyl Yoschenko, Mark Zheleznyak .....   | 7  |
| Modelling of Radionuclide Transport in the Rivers of the Areas of Chernobyl NPP and Fukushima Daichi NPP. Kivva S., Zheleznyak M., Konoplev A., Wakiyama H. ....   | 11 |
| Ликвидация аварии на Чернобыльской АЭС на ранней стадии. Обзор. Кучинский В. К. ....   | 14 |
| Преобразование объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему. История, стабилизация, строительство нового безопасного конфайнмента, планы. Кондратенко С. А., Свечков С. Ф. ....   | 28 |
| Общие и нормативные предпосылки Чернобыля. Щербина В. Г. ....  | 38 |
| Проект адаптації системи JRODOS до умов Чорнобильської зони відчуження. М. І. Железняк, І. В. Ковалець, В. Раскоб, Є.О. Євдін .....  | 48 |
| Application of the Complex of Atmospheric Transport Models for Assessment of Impact on the Environment of the Territories of Former Uranium Production. A. Kchalchenkov, I. Kovalets, C. Asker, T. Lavrova, S. Todosienko, R. Avila..... | 56 |
| Обеспечение структурной целостности объекта «Укрытие». С. В. Свитус  | 64 |
| Радіоактивне забруднення підземних вод і ґрунтів локальної зони об'єкта «Укриття» та території будівництва нового безпечного конфайнмента. Литвин І. А., Панасюк М. І., Левін Г. В., Шестопапов В. М., Онищенко І. П. ....               | 73 |
| Соотношение радионуклидов в аэрозолях вблизи объекта «Укрытие». Калиновский А., Одинцов А. ....  | 75 |
| Ядерная опасность объекта «Укрытие». Высотский Е. Д. ....  | 82 |
| Сонячна активність і Чорнобиль. Філер Залмен .....   | 84 |
| Секція II. Зняття з експлуатації атомних електростанцій, поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом .....   | 89 |
| Стратегические аспекты снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС. Виктор Кучинский .....   | 89 |

|   |     |
|---|-----|
| Обращение с отработавшим ядерным топливом на ГСП «Чернобыльская АЭС»._Песков В. Г., Хоменко Д. В.....   | 94  |
| Оцінка впливів на навколишнє середовище під час закриття та консервації блоків № 1, 2, 3 Чорнобильської АЕС._Холодюк А. О., Сізов А. О., .....  | 108 |
| Особенности утилизации радиоактивно загрязненного металла плавлением на основе эффекта самодезактивации._Балакин В., Машинистов В., Белан К. ....   | 114 |
| Стан та актуальні проблеми радіаційного контролю атомних електростанцій України – уроки Чорнобильської аварії._Казимиров О. С., Казимирова Г. П., Мартинюк Л. Б., Ієвлев С. М., Чорний Є. В.....  | 120 |
| Прогнозна оцінка просторового розподілу потужності дози від навколишньої радиоактивно забрудненої території при будівництві комплексу споруд центрального сховища відпрацьованого ядерного палива.<br>Павловський Л. І., Бахмачук П. О., Стоянов О. І. .... | 126 |
| Особливості моделювання міграції техногенного тритію.<br>Коваленко О., Кряжич Ольга, Каревіна Наталія .....   | 131 |
| Секція III._Реінтеграція територій та соціальна адаптація населення у зв'язку з припиненням експлуатації містоутворюючих підприємств .....  | 137 |
| Запровадження принципу регіоналізму для реінтеграції територій і соціальної адаптації населення._Кременовська І., Святогор О.....   | 137 |
| Ukrainian Scientific and Technological Cluster of Nuclear Power Plants Decommissioning, Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management.<br>Anatolii Nosovskyi, Maxim Saveliev .....  | 143 |
| Екологічна безпека: міф чи реальність?_Маріц Дарія.....   | 147 |
| Передбачення аварій на ЧАЕС та її наслідків._Бугрим В.....  | 150 |
| Вода – нові можливості._Гришук В. П. ....   | 159 |
| Секція IV._Аварійне реагування на об'єктах критичної інфраструктури.....  | 161 |
| Розробка програмного каркасу для контролерів базової системи керування процесом з урахуванням вимог до інтегрування з іншими підсистемами і реалізації сервісних функцій діагностики та обслуговування._Міркевич Р. М., Путятіна В. А.....                  | 161 |
| Секція V._Інформаційні технології підтримки зняття з експлуатації АЕС .....   | 166 |
| Технологічні моделі ситуаційного управління._Коваленко О. ....  | 166 |
| До вибору протоколу серіалізації при розробці комунікаційних модулів SCADA-систем._Марков Р. В. ....  | 168 |

|  |     |
|--|-----|
| Ідентифікація аномальної поведінки трафіку комп'ютерної мережі на основі EWMA-статистики. Скітер І., Бальченко І. ....   | 171 |
| Перспективи застосування засобів спостереження військового призначення для охорони територій типу «Чорнобильська зона». Бардін О., Олійник Р. ....                                   | 178 |
| Секція VI. Технології розумного міста у XXI столітті .....   | 182 |
| Сервисы для «умного города». Николай Пихтарь, Алексей Кучаев. ....   | 182 |
| Информационная технология управления сложным комплексом без непосредственного присутствия оператора в опасных зонах. Савицкая Я. А. ....   | 185 |
| Розробка зручної оболонки для Zoneminder. Бурмака І. А., Вітер В. О. ....  | 188 |
| Розробка автоматизованого робочого місця адміністратора приватної клініки. Бальченко І. В., Вітер В. О., Ертман Х. Р., Кулик Е. Е., Легкобит Я. О. ....                              | 190 |
| Разработка мобильного приложения на платформе Android для сервера видеонаблюдения Zoneminder. Гавриленко А. В. ....  | 193 |
| Побудова систем відеоспостереження на базі програмного комплексу Zoneminder. Вітер В. О., Бурмака І. А. ....   | 196 |
| Розумні міста України. Злобіна О. В., Міщенко Т. С. ....   | 200 |
| Новейшие мировые практики управления организациями. Требования современного мира. Пивень Ю. В. ....  | 205 |
| Новейшие мировые практики управления организациями. Сравнительный анализ. Антонов Е. А. ....   | 206 |
| Перспективи інтеграційних процесів інформаційного простору міст України. Ніколаєва К. А. ....  | 207 |
| Науковий проект CARTHER – карбонові наночастинки для прикладного застосування в області тераностики. К. Войтенко, М. Ісаєв, О. Левінсон, В. Скришевський, А. Рожин, В. Лисенко ..... | 210 |
| Фотоакустична діагностика технологічних дефектів неоднорідних матеріалів. А. Кузьмич, Р. Бурбело .....   | 212 |
| Облачные решения реализации модели «умный город». Гриценко В. И., Урсатьев А. А., Лозинский А. П. ....   | 214 |
| Автоматизація процесу оцінювання рівня професійних компетенцій студентів ІТ-спеціальностей. Пархоменко О. М. ....  | 216 |

|  |     |
|--|-----|
| Использование облачных технологий видеонаблюдения в рамках программы интеллектуального города. Дятлов Е. И. ....   | 222 |
| Концепції PL-logistics і Greencomputing в інформаційних технологіях «розумного міста». Литвинов В. В. <sup>1</sup> , Скакаліна О. В. <sup>2</sup> .....    | 227 |
| Прикладні аспекти використання нейромережевого методу групового урахування аргументів. Скакаліна О. ....   | 232 |
| Створення місцевих інформаційних комісій для інформаційного забезпечення населення у сфері ядерної і радіаційної безпеки. Іваненко Н. ....                 | 241 |
| Секреты компьютерного анализа данных. Шаталов В. ....  | 245 |
| Веб-портал університетського бізнес-центру. Хворостенко Р. Ю. ....   | 249 |
| Нейро-нечітка система для виявлення вторгнень в мережу. Гребенник А., Трунова О. ....  | 251 |
| Симуляция интерфейса «твердое тело – жидкость» методами молекулярной динамики. С. Бурьян, Н. Исаев, М. Градек, Ф. Лемуа, К. Терментзидис, Л. Булавин ..... | 259 |

**Секція 1.**

**Досвід ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно-безпечну систему**

EVOLUTION OF RADIATION SITUATION IN THE FUKUSHIMA ZONE  
DURING THE POST-ACCIDENTAL PERIOD AND PROGNOSIS  
FOR THE FUTURE

Kenji Nanba, **Vasyl Yoschenko**, Mark Zheleznyak

*Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University  
1 Kanayagawa, Fukushima City, Fukushima Prefecture, 960-1296 Japan  
[vasylyoschenko@gmail.com](mailto:vasylyoschenko@gmail.com)*

**Annotation:** In approximately 25 years after the Chernobyl accident, on March 11, 2011, the magnitude 9 Great East Japan earthquake 70 km off the pacific coast of Tohoku region had triggered the powerful tsunami that severely damaged the coastline. Besides the great devastation in the impacted area, the tsunami caused the accident at the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant (FDNPP). The FDNPP release was less than in Chernobyl, and its major part deposited in the ocean. The radioactive contaminated area in Japan is much less than the area of contamination after the Chernobyl accident. However, the consequences of the Fukushima accident have not been yet overcome.

The current efforts of the national and prefecture governments are aimed to the revitalization of Fukushima and to creation of the safe conditions for return of the evacuees to their homes at the part of areas of the Fukushima zone. However, decontamination cannot be carried out at the whole territory of the Fukushima zone, and the reliable long-term prognoses of the further redistribution of radiocesium in the Environment are of the crucial significance. IER scientists carry out the studies on the wide range of the radioecological problems of the Fukushima zone.

In approximately 25 years after the Chernobyl accident, on March 11, 2011, the magnitude 9 Great East Japan earthquake 70 km off the pacific coast of Tohoku region had triggered the powerful tsunami that severely damaged the coastline. Besides the great devastation in the impacted area, the tsunami caused the accident at the Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant (FDNPP). This accident, which is now called the Fukushima accident, was the second largest nuclear accident in the humankind history after the Chernobyl accident.

Both of the highest level 7 according to the International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), these accidents resulted in the releases to the Environment of the large amounts of radionuclides and in the radioactive contamination of the vast territories. In differ to the Chernobyl accident, at the FDNPP there was no release of the big amounts of the long-lived fuel component radionuclides, such as  $^{90}\text{Sr}$  and isotopes of transuranium elements (Pu, Am, Cu), which determine the radiation situation in the Chernobyl zone. The only long-lived radionuclides released from the FDNPP in the considerable amounts were  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ . Besides, the major part of the release deposited to the ocean, and

thus the radioactive contaminated area in Japan is much less than the area of contamination after the Chernobyl accident. However, the consequences of the Fukushima accident still are serious and have not been yet overcome.

Although the much less amounts of the radionuclides released and area of contamination, the levels of contamination and ambient dose rates in the near zone of the Fukushima accident, especially at the north-western trace of release, are very high and comparable to those in the Chernobyl exclusion zone. As an urgent reaction to the radioactive contamination of these territories, evacuation of the population was carried out. The radioactive contaminated territories were divided into the zones of evacuation according to the levels of the expected annual doses to population. The boundaries of the zones were re-established several times in the followed period based on the results of the regular surveys of the radiation situation; for some areas, the evacuation orders were declared as ready to be lifted. As of March 2016, the number of evacuees remains as high as about 174,000; at its peak, it reached 470,000.

The Fukushima accident also caused the large economic impact. The high costs were related to the housing and support of the evacuees. The economic activity at the contaminated territory has stopped, agricultural fields and forestry were abandoned, and fishery in the coastal areas was banned. Radiation control was implemented for the agricultural production manufactured in the Fukushima prefecture. At the later stage, the extensive decontamination measures have started at the residential areas, agricultural lands, roads and in the adjacent forest areas. It resulted in the necessity to develop the efficient decontamination measures and to manage the huge amounts of the radioactive contaminated soil and biomass. Numerous temporary storages of the radioactive waste were created. At the present stage, the interim storages are designed and the methods for extraction of radiocesium from the waste and its compacting are elaborated.

The extensive cleanup measures have been also performed at the FDNPP industrial site. To perform these activities, thousands of workers were employed for the job in the conditions of the high ambient dose rates. As of January 2016, according to the data by TEPCO (owner of the FDNPP), the total number of the workers involved in the onsite cleanup activities was more 46,500. More than 22,000 received the doses above 5 mSv, almost 10,000 – at least 20 mSv, and 6 workers were exposed over 250 mSv [1]. It is clear that the further long-term and extensive efforts are needed for the decommissioning of the FDNPP.

Outside the FDNPP industrial site, the sequential airborne surveys demonstrate the gradual decrease of the air dose rates in the Fukushima zone. The rate of decrease is higher that it could be predicted from the radioactive decay. It reflects the effects of attenuation of radiation in soil due to radiocesium vertical migration in the soil profile, redistribution of the radionuclides in the forest ecosystems, decontamination etc. Radiation control data show absence of the contaminated rice at the market; the test fishery is performed at the ocean. Overall, the current efforts of the national and prefecture governments are aimed to the revitalization of Fukushima and to creation of the safe conditions for return of the evacuees to their homes at the part of areas of the Fukushima zone.



However, it is clear that decontamination cannot be carried out at the whole territory of the Fukushima zone. Indeed, although the extensive and efficient decontamination of the residential areas, roads and agricultural fields, such measures can be hardly performed at the large scale in the forests, at the steep mountain slopes etc. It should be emphasized that forests cover more than 60 % of the contaminated area. Therefore, in the long-term the large amounts of radiocesium still will be presented in the vicinity of the areas where people will return in the future.

In these conditions, the reliable long-term prognoses of the further redistribution of radiocesium in the Environment are of the crucial significance. Many research institutions in Japan are involved in elaboration of such prognoses. Institute of Environmental Radioactivity (IER) of Fukushima University was established on 1<sup>st</sup> July, 2013 with the grant for enhancing and promoting national university reform of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) [2]. To the moment, we have 4 main divisions that work in the close collaboration in order to achieve the comprehensive understanding of the environmental dynamics of radiocesium. The high-skilled institute team is international and consists of the scientists from Japan, Ukraine, the USA, RF, the UK and Bangladesh.

Radioecological Transfer and Effects Division works in the fields of the forest and freshwater radioecology, soil and plant dynamics, effects of radiation to plants and radioecological effects to animals. Results of the studies revealed the distribution and fluxes of radiocesium in the forest ecosystems [3], identified the radiosensitive plant species and typical effects of radiation [4], radiological impact on freshwater fish [5] and characterized the dependence of the soil-to-plant transfer factors of the chemical forms of radiocesium in soils. The long-term program of monitoring of the dose rates to the wild animals based on the approaches and tools developed in the similar study in the Chernobyl zone [6] has recently started.

Studies of the Radioisotope Geoscience Division (atmospheric, marine and terrestrial radionuclide dynamics and hydrology) enabled assessment of the total release of radiocesium during the Fukushima accident by specification of the marine component of deposition [7] and specified the forms of radiocesium in the freshwater environment [8]. The large efforts has been spent for quantification of the parameters and modelling the radiocesium wash-off in the river catchments and its further redistribution; for this purpose, set of the software tools was developed and applied. These works were performed together with the Measurements and Forecasting Division (radiation and transfer modelling, monitoring and mechatronics systems development).

Finally, Radiation Morphology Division carries out the radionuclide activity measurements in the huge amount of the environmental samples collected by our researchers, and performs the stable elements concentration measurements, determination of chemical forms, granulometry, electron and ion-beam microscopy, X-ray diffractometry and the in-depth analyses. One of the research directions of this division is development of the reagents for the efficient absorption of radiocesium from contaminated soils.

Since the foundation of IER our scientists have published 26 papers in the leading international journals, presented 4 reports for the Ministry of Environment, attended numerous international conferences. Special attention was paid to presenting our activities and main results to people during the public meetings and in the mass media.

IER has the collaboration with the numerous national and foreign research institutes, participates in the international projects PREPARE and COMET and has signed the Memorandums of Understanding with the set of the foreign institutions including several institutions in Ukraine. These documents form the ground for establishing the collaboration and for the joint research projects. Recently, we have received an approval for the new Japan-Ukraine collaborative project SARTREPS aimed to perform the joint studies with several Ukrainian institutes in the Chernobyl zone. The project will serve as a ground for the exchange by the knowledge and experience obtained during the works on elimination of the consequences of the two major radiation accidents.

References:

1. TEPCO, 2016. [http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu16\\_e/images/160331e0101.pdf](http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu16_e/images/160331e0101.pdf). – Last achieved April 9, 2016.
2. IER, 2016. <http://www.ier.fukushima-u.ac.jp/english/message.html>. – Last achieved April 9, 2016.
3. V. Yoschenko, T. Takase, A. Konoplev, K. Nanba, Y. Onda, S. Kivva, M. Zheleznyak, N. Sato, K. Keitoku, 2016. Radiocesium distribution and fluxes in the typical *Cryptomeria japonica* forest at the late stage after the accident at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. – *Journal of Environmental Radioactivity* doi:10.1016/j.jenvrad.2016.02.017.
4. Y. Watanabe, S. Ichikawa, M. Kubota, J. Hoshino, Y. Kubota, K. Maruyama, S. Fuma, I. Kawaguchi, V. I. Yoschenko, S. Yoshida, 2015. Morphological defects in native Japanese fir trees around the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. – *Scientific Reports* 5, Article number: 13232 (2015) doi: 10.1038/srep13232.
5. T. Wada, A. Tomiya, M. Enomoto, T. Sato, D. Morishita, S. Izumi, K. Niizeki, S. Suzuki, T. Morita, G. Kawata, 2016. Radiological impact of the nuclear power plant accident on freshwater fish in Fukushima: An overview of monitoring results. – *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 151. – p. 144–155 doi: 10.1016/j.jenvrad.2015.09.017.
6. T. G. Hinton, M. Byrne, S. Webster, J. Beasley, 2015. Quantifying the spatial and temporal variation in dose from external exposure to radiation: A new tool for use on free-ranging wildlife. – *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 145, p. 58–65.
7. M. Aoyama, M. Kajino, T. Y. Tanaka, T. T. Sekiyama, D. Tsumune, T. Tsubono, Y. Hamajima, Y. Inomata, T. Gamo, 2016.  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the North Pacific Ocean derived from the March 2011 TEPCO Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, Japan. Part two: estimation of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  inventories in the North Pacific Ocean. – *Journal of Oceanography*, Vol. 72, p. 67–76.
8. A. Konoplev, V. Golosov, G. Laptsev, K. Nanba, Y. Onda, T. Takase, Y. Wakiyama, K. Yoshimura, 2015. Behavior of accidentally released radiocesium in soil-water environment: Looking at Fukushima from a Chernobyl perspective. – *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol. 151, p. 568–578.

MODELLING OF RADIONUCLIDE TRANSPORT IN THE RIVERS OF THE AREAS  
OF CHERNOBYL NPP AND FUKUSHIMA DAICHI NPP

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТА РАДИОНУКЛИДОВ В РЕКАХ ВБЛИЗИ  
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС И АЭС ФУКУШИМА ДАЙИЧИ

**Kivva S.**<sup>1,2)</sup>, Zheleznyak M.<sup>1)</sup>, Konoplev A.<sup>1)</sup>, Wakiyama H.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University,  
1 Kanayagawa, Fukushima City, 960-1296 Japan*

<sup>2)</sup> *Institute of Mathematical Machines and System Problems, National Academy of  
Sciences of Ukraine, Prospect Glushkova, 42, Kyiv, 03680, Ukraine*  
[vasylyoschenko@gmail.com](mailto:vasylyoschenko@gmail.com)

**Annotation:** Since 2013 the models of the radionuclide transport in rivers and reservoirs developed in the Institute of Mathematical Machines and System Problems (IMMSP) of National Academy of Sciences after the Chernobyl accident have been implemented and extended to be applied for the river systems in the zone of the fallout of the Fukushima Daiichi NPP accident in the Institute of Environmental Radioactivity (IER), Fukushima University. The objective of the presentation is to provide an overview of the results of the modeling studies of radionuclide fate in the rivers and reservoirs of the Dnieper River basin in comparison with the modeling results and the observed data for the rivers and reservoirs of the Fukushima fallout zone, including the spatial and temporal distribution and of  $^{137}\text{Cs}$  in water, suspended and bottom sediments. The higher intensity of the precipitation and steeper slopes of the watersheds in Fukushima area as compared to the Chernobyl zone are the reasons for the higher radiocesium wash-off from the catchments. The main results of the study are development of the distributed watershed model that can successfully simulate the radionuclide transport with suspended sediments. The successful testing of the distributed model provides the background for the simulation of the watersheds of the larger scales for small, medium and large rivers. The models will be a useful tool to predict the movement of radiocesium in Fukushima watersheds during future intense typhoon rainstorms. The models are used to predict the influence of watershed remediation efforts, such as soil removing and deforestation, on radiocesium movement.

Since 2013 the models of the radionuclide transport in rivers and reservoirs developed in the Institute of Mathematical Machines and System Problems (IMMSP) of National Academy of Sciences after the Chernobyl accident have been implemented and extended to be applied for the river systems in the zone of the fallout of the Fukushima Daiichi NPP accident in the Institute of Environmental Radioactivity (IER), Fukushima University. The objective of the presentation is to provide an overview of the results of the modeling studies of radionuclide fate in the rivers and reservoirs of the Dnieper River basin in comparison with the modeling results and the observed data for the rivers and reservoirs of the Fukushima fallout zone, including the spatial and temporal distribution and of  $^{137}\text{Cs}$  in water, suspended and bottom sediments.

The 1986 accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) caused a significant radioactive contamination of the Dnieper River basin, and, in particular, the Pripyat River watershed. The ChNPP is situated approximately 30 km from the confluence of the Pripyat River with the Kiev Reservoir of the Dnieper river. The watersheds and floodplain territory in the vicinity of the ChNPP and the surrounding watersheds (including those in Russia and Belarus) are heavily contaminated by  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ . From these contaminated areas, radionuclides migrate into the Kiev Reservoir, and, consequently, downstream along the cascade of six Dnieper reservoirs toward the Black Sea. Spring flood events, generated by snow melting, and periodic rainfall floods in the Pripyat River watershed lead to elevated levels of radioactive contamination of the water supply sources for the Ukrainian population consuming the Dnieper River water downstream from Kiev. The set of the IMMSP' models: 1-dimensional and 2-dimensional models describing radionuclide transport in solute and with suspended sediments was applied for the justification of the water protection measures at ChNPP – the construction of the flood protection dams at Pripyat River Floodplain and for the assessment of the risks of the Pripyat River and Dnieper River contamination in a case of the dam break at the Chernobyl Cooling Pond.

The 2011 accident at the Fukushima Daiichi NPP, Japan caused  $^{137}\text{Cs}$  contamination of the watersheds of Abukuma River – the largest river of the fallout area, and the number of the rivers crossing the heavily contaminated «no exit» territories and flowing to the populated areas of the Fukushima Prefecture. There are deep reservoirs on some of these rivers at Mano Dam – Manogawa River, at Yokokawa Dam – Otagawa River, Takanokura Dam – Mizunashi Gawa River. In both cases – after Chernobyl accident and after Fukushima accident the rivers can transport radionuclide from the most contaminated areas restricted for the population to more clean populated areas. In both cases the reservoirs play a role of the «traps» for the contaminated sediments. However, the potential risks of the secondary remobilization of  $^{137}\text{Cs}$  during the extreme events – the highest floods of in cases of the dam breaks should be studied as a part of the post accidental radiation safety analyses for the Fukushima watersheds.

The main conclusion for the compared watersheds is that the higher intensity of the precipitation and steeper slopes of the watersheds in Fukushima area as compared to the Chernobyl zone are the reasons for the higher radiocesium wash-off from the catchments but dilution in higher runoff keeps activity concentrations of radiocesium in river water of Fukushima area relatively small. The deeper reservoirs of the Fukushima Prefecture store larger part of the fluxes of the particulated radiocesium than the Dnieper reservoirs with the lower risks for its remobilization. The distributed hydrological «rainfall-runoff» models provide possibilities of the physically based simulation of surface and subsurface flow on watersheds based on the GIS processed data. The success of such modeling approaches for the predictions of the runoff and soil erosion provides a basis for the implementation of the distributed models of the radionuclide washoff from the watersheds. The field studies provided on the Chernobyl and Fukushima catchments provides unique data sets for the comparative testing and improvements of the modeling tools for the watersheds located in the areas of the very different geographical and hydro-meteorological condition

Two distributed watershed models of surface and subsurface flow, sediment and radionuclide transport – RUNTOX and DHSVM-R have been used to simulate the radionuclide transport in the basin of the Dnieper River, Ukraine and the watersheds of Prefecture Fukushima. DHSVM-R is the extension of the distributed hydrological model DHSVM of University of Washington (<http://www.hydro.washington.edu/Lettenmaier/Models/DHSVM/>) by the including of the module of the watershed radionuclide transport. DHSVM is a physically based, distributed hydrology-vegetation model for complex terrain based on the numerical solution of the network of one-dimensional equations. The surface flow submodel of DHSVM has been modified in the developed DHSVM-R: four-directions schematization for the model's cells has been replaced by the eight-directions scheme, more numerically efficient finite -differences scheme was implemented, The new module of radionuclide wash-off from catchment and transport via stream network in soluble phase and on suspended sediments including bottom-water exchange processes was developed for DHSVM-R.

The testing of DHSVM-R has started in 2014 for Fukushima watershed experimental plots. The major amount of  $^{137}\text{Cs}$  is washed out from watershed on sediments and only small fraction in solute. The reason for such phenomenon that was not observed at Chernobyl can be – steeper slopes, more intensive rains (daily maximum in Fukushima city at 160 mm, hourly maximum 69 mm) and higher Kd values due to the volcanic kind of soils. The virtual rain of the daily amount 200 mm (as in mountains around Fukushima city) was applied for Farmland A1 – slope 7.36 % and imaginary watershed (case B) the same as A1 however slope as in Chernobyl plots 4 %. Due to the high nonlinearity in erosion equations for the such heavy precipitations the total amount of washed out  $^{137}\text{Cs}$  with sediments for the steep watershed A due to the simulated rainstorm (11 530 Bq) is at 20 times higher, than such amount for mild slope watershed B (690 Bq) when the watershed A is only twice steeper than B.

DHSVM-R after the testing for watershed experimental plots have been applied for the simulation radionuclide transport for the watershed of Nida river crossing the restricted heavy contaminated zone of the fallout of the Fukushima Daiichi accident and then flowing to the populated coastal areas. The special optimization procedures were developed to calibrate the model using monitoring data from the Nida River watershed. The model demonstrated successful description of the radionuclide transport in Nida river during the extreme typhoon generated flood.

The radionuclide transport in the system «watershed- river reservoir» was modeled for the watershed of deep Takanokura reservoir on the Mizunashigawa River that is a tributary of the Nida River. The modeling results show how the short term flush floods on this mountain watershed provide short term intensive transport of  $^{137}\text{Cs}$  with the suspended sediments. Two-dimensional depth integrated model COASTOX is used to simulate the dynamics of  $^{137}\text{Cs}$  in the bottom deposition of the reservoir showing the propagation of the bottom contaminated plum from the mouth of the inflowing river to the reservoir's dam.

The watershed model DHSVM-R was used to simulate the efficiency of the cleaning activities in the river basin on the contamination of the Nida river water, It is shown that

even large scale cleaning on the plain areas of this mainly mountain watershed can not diminish significantly the river water contamination.

The main results of the study is development of the distributed watershed model that can simulate the radionuclide transport with suspended sediment that is much more important for Fukushima watersheds then for Chernobyl watersheds. The successful testing of the distributed model provides the background for the simulation of the watersheds of the larger scales for small, medium and large rivers. The models will be a useful tool to predict the movement of radiocesium in Fukushima watersheds during future intense typhoon rainstorms. The models are used to predict the influence of watershed remediation efforts, such as soil removing and deforestation, on radiocesium movements.

## ЛИКВИДАЦИЯ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС НА РАННЕЙ СТАДИИ. ОБЗОР

**Кучинский В. К.**

*ГСП «Чернобыльская АЭС», Украина*

26 апреля 1986 г. на территории Украины на четвертом энергоблоке Чернобыльской АЭС произошла самая тяжелая авария в истории мировой атомной энергетики:

- аварии присвоен 7 уровень по шкале INES;
- в течение 10 дней выброшено около 50 МККи радиоактивности;
- загрязнено 200 000 км<sup>2</sup> территории.

В результате взрыва произошло полное разрушение активной зоны реактора, систем безопасности и физических барьеров (рис. 1). Это привело к полной потере контроля над четвертым блоком, а также к невозможности контроля реакции деления и отводом остаточного тепловыделения ядерного топлива.



Рисунок 1 – Фото аварийного блока с вертолета в первые дни после аварии

На начальной стадии аварии главной задачей работ было восстановление контроля над обстановкой и возвращение аварийного блока в контролируемое состояние, при котором обеспечиваются ключевые функции безопасности – прекращение цепной реакции деления и обеспечение подкритичности, долговременное охлаждение топлива и локализация радиоактивных материалов.

Все мероприятия на блоке были направлены на устранение трех главных угроз:

- ядерная опасность – возникновение самоподдерживающейся цепной реакции деления;
- тепловая опасность – возможность образования высокотемпературного (2000 °С) расплава из материалов активной зоны. Этот расплав мог прожечь структуры блока и достичь грунтовых вод;
- радиационная опасность – выброс активности в окружающую среду и высокий радиационный фон.

### Радиоактивные выбросы

После первого мощного выброса радиоактивных элементов, вызванного взрывом реактора, поток радиоактивности не прекратился. Его мощность определялась следующими процессами:

- остаточным выделением тепла за счет радиоактивного распада продуктов деления, наработанных в реакторе. С учетом выхода летучих продуктов деления эта величина составляла ~230 кВт/г ядерного топлива после взрыва и в дальнейшем спадала;
- выделением тепла вследствие химических реакций (в основном горения графита).

Интенсивность выброса с 26 апреля по 1 мая 1986 г. постепенно уменьшалась, после 1 мая до 6 мая монотонно нарастала, возможно, за счет разогрева ядерного топлива и постепенного создания в нижней части реактора объединения разрозненных скоплений топлива в единый расплав. После 6 мая интенсивность выброса резко упала почти в 1000 раз (рис. 2). Вероятно, это произошло из-за проплавления нижней двухметровой плиты реактора. Расплав растекся по нижним помещениям тремя потоками и начал остывать. По мере естественного спада остаточного тепловыделения уменьшался и выброс продуктов деления.

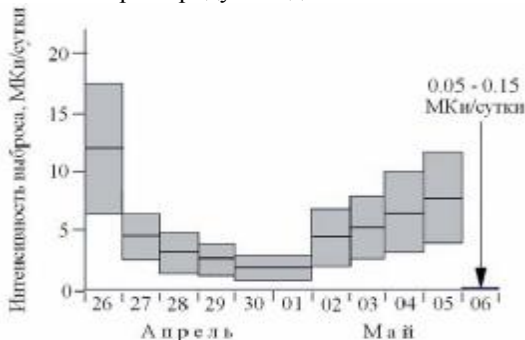


Рисунок 2 – Суточный выброс радиоактивных веществ в атмосферу во время Чернобыльской аварии (без учета благородных газов)

Величины рассчитаны на 6 мая 1986 г. с учетом радиоактивного распада. Выброс радиоактивности 26 апреля 1986 г. составил 740–890 ПБк. Предел неопределенности для всех выбросов  $\pm 50\%$  [1].

Благодаря процессу естественного остывания топлива выброс из блока во второй половине мая 1986 г. снизился в миллион раз от первоначальной величины и перестал быть определяющим фактором глобального радионуклидного загрязнения.

### **Эвакуация населения**

Одним из первых вопросов, решаемых созданной после аварии 26 апреля 1986 г. правительственной комиссией, было определение судьбы населения г. Припять, расположенного на расстоянии 4 км. от Чернобыльской АЭС. К полудню 26 апреля в городе Припять был налажен постоянный контроль радиационной обстановки. К вечеру 26 апреля уровни радиации в отдельных районах города превысили 100 мР/ч, в связи с чем правительственной комиссией было принято решение об эвакуации жителей Припяти. В ночь с 26 на 27 апреля из Киева и других близлежащих городов прибыли 1200 автобусов, 3 специальных железнодорожных поезда. Эвакуация началась 27 апреля 1986 г. в 14 ч. До конца дня из города было эвакуировано около 45 тысяч человек. В последующие дни было эвакуировано население из 10-км зоны Чернобыльской АЭС. В дальнейшем в результате ухудшения радиационной обстановки было принято решение об эвакуации населения из 30-км зоны вокруг Чернобыльской АЭС и ряда населенных пунктов за ее пределами. До конца 1986 г. было отселено около 110 тысяч человек из 188 населенных пунктов (включая г. Припять).

### **Первоочередные мероприятия по ликвидации аварии**

*Забрасывание реактора материалами с вертолетов.* В период активной стадии аварии с целью создания защитного барьера и снижения выбросов из разрушенного реактора в окружающую среду правительственная комиссия приняла решение начать сброс с вертолетов в шахту реактора материалов, предназначенных для локализации источника выбросов. Сброс материалов производился с высоты около 200 м (рис. 3).



Рисунок 3 – Забрасывание реактора материалами с вертолетов



За две недели, начиная с 24 апреля, на 4-й энергоблок было сброшено около 5000 т различных материалов, в том числе для охлаждения топлива – 2400 т свинца, для предотвращения возможной самоподдерживающейся цепной реакции – 40 т карбида бора, для прекращения горения графита – 800 т доломита, для фильтрации выброса продуктов деления – 1800 т песка и глины. Всего за апрель-май 1986 г. было сброшено около 16000 т различных материалов (табл. 1). К сожалению, как выяснилось позже, материалы, сброшенные на разрушенный блок, в шахту реактора в значительном количестве не попадали.

*Плита под фундаментом.* В первых числах мая 1986 г., когда принимались основные решения, практически отсутствовали какие-либо достоверные данные о состоянии реактора и ядерного топлива. Также отсутствовали данные о состоянии строительных и металлоконструкций. Существовала гипотетическая опасность, что достаточно большая часть ядерного топлива могла создать высокотемпературный расплав, проплавить перекрытие под реакторным отделением, фундаментную плиту и загрязнить радионуклидами грунтовые воды. В этих условиях было сложно с необходимой достоверностью смоделировать поведение топлива и его взаимодействие с окружающими материалами, строительными и металлоконструкциями. На основе консервативных расчетных оценок для различных сценариев поведения топливосодержащих масс (ТСМ) с учетом неопределенностей был сделан вывод о маловероятном, но принципиально возможном сценарии проникновения топлива на фундаментную плиту 4-го блока.

Таблица 1 – Характеристика сухих и жидких материалов, сброшенных в развал реактора (состоянием на 18 июня 1986 г.) [2].

| Название материала                           | Химическая формула   | Масса, т |
|--|--|----------|
| Карбид бора                                  | $B_4C$   | 40       |
| Доломит                                      | $MgCa(CO_3)_2$   | 1200     |
| Мраморная крошка, глина, песок               | –  | 3500     |
| Свинец (дробь + «чушки» и др.)               | Pb   | 6700     |
| Тринатрийфосфат (раствор)                    | $Na_3PO_4$   | 2500     |
| Другие пылеподавляющие композиции (растворы) | Латекс марки СКС-65гп, барда, жидкое стекло, каучук СКТН и др. | 2700     |
| Всего  |  | 16600    |

Для устранения этой потенциальной опасности было принято решение создать ловушку для расплава топлива, дополнительный «охлаждаемый горизонт» – железобетонную подфундаментную плиту размером 30×30 м, толщиной примерно 2,5 м, которая охлаждалась водой. При строительстве плиты на глубине 12 м вырыли 136-метровый подземный тоннель, по которому завезли все материалы. В средней части плиты были расположены трубы водяного охлаждения диаметром 100 мм. В теле плиты разместили датчики для обеспечения контроля температурного режима системы охлаждения (рис. 4). Работы по сооружению плиты начались в мае 1986 г. и

завершились 28 юня 1986 г. [3], благодаря героическому труду горняков в предельно тяжелых условиях (рис. 5). Однако в расчетах взаимодействия раскаленного топлива с конструкционными материалами реакторного отделения не учитывалось, что при взаимодействии топливо начнет смешиваться с конструкционными материалами или растворяться в их расплаве, в связи с чем будет значительно увеличиваться объем и улучшаться условия теплоотдачи. Поэтому реальная опасность проплавления существовала только для подреакторной плиты и перекрытия между помещением 305/2 и парораспределительным коридором.



Рисунок 4 – Проект плиты под фундаментом



Рисунок 5 – Шахтеры на сооружении плиты

Уже позже признали, что данное мероприятие было избыточным, и плиту не ввели в эксплуатацию по назначению.

*Строительство «стены в грунте».* Ученые опасались, что при возможном загрязнении грунтовых вод промплощадки Чернобыльской АЭС радиоактивные вещества могут беспрепятственно поступать в ближайшую водную артерию – реку Припять. Поскольку река Припять оказывать существенную роль в водоснабжении не только Киевского региона, но и центральной части Украины.

Правительственной комиссией было принято решение о создании защитного барьера, который предотвратил миграцию радионуклидов в реку Припять.

Для реализации этой задачи были объединены усилия инженеров бывшего СССР и компании Casagrande. Был разработан проект «Стена в грунте» при помощи грейферов KRC 2 (рис. 6) и гидравлических фрезеров K3L компании Casagrande (рис. 7).

Фактически была выполнена третья часть планируемых работ. За четыре месяца и к декабрю 1986 г. было создано 2,8 км защитного экрана вокруг восточной части промышленной площадки ЧАЭС.

*Меры по очистке территории.* Из-за выброса ядерного топлива из реактора радиационная обстановка на территории ЧАЭС представляла реальную угрозу. Мощности экспозиционной дозы, измеренные в первые дни на территории блока, превышали 200 Р/ч. По информации сотрудников ЧАЭС, наблюдались уровни более 600 Р/ч (рис. 8).



Рисунок 6 – Грейфер Casagrande

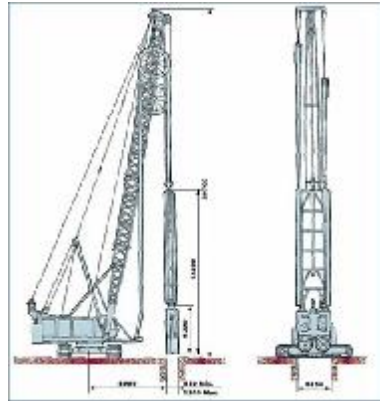


Рисунок 7 – Гидравлический фрезер Casagrande

Согласно справке КГБ состоянием на 19 ч. 28 мин. 4 мая 1986 г. уровень МЭД при входе в промышленную зону станции составлял 2 Р/ч, на дороге к блоку № 2 – 2 Р/ч, к блоку № 3 – 60 Р/ч, к блоку № 4 – 400 Р/ч. В отдельных местах на подступах к блоку № 4 он составлял 1000 Р/ч. Позднее оценки доз, полученные с помощью более точных приборов и методов, позволили уточнить верхний предел на уровне 1000, а в некоторых случаях, и до 5000 Р/ч [1].

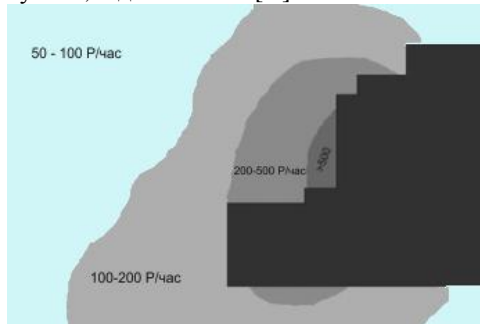


Рисунок 8 – Ретроспективная схема радиационной обстановки в районе 4-го энергоблока в мае 1986 г. [1].

Сразу же после аварии встал вопрос о долгосрочной консервации 4-го энергоблока путем строительства сооружения, которое бы ограничило выход радиоактивных веществ и ионизирующего излучения за пределы разрушенного энергоблока. Для обеспечения безопасности работ по консервации аварийного блока был выполнен комплекс работ по очистке окружающей территории.

Площадка была покрыта полимерным покрытием для снижения распространения загрязнения и минимизации рисков от попадания радиоактивных веществ в организм через дыхательные пути или желудочно-кишечный тракт. Удалили наиболее крупные загрязненные фрагменты, в частности, фрагменты активной зоны реактора

(обломки тепловыделяющих сборок, графита и конструкционных материалов реактора), элементы разрушенных строительных конструкций. Верхний загрязненный слой почвы был снят и загружен в контейнеры, либо перемещен к завалу с западной стороны блока и захоронен под каскадными стенами «Укрытия».

Часть снятого грунта, мусор и элементы завалов вывезли в места захоронения. Сыпучие и кусковые отходы с мощностью дозы гамма-излучения от поверхности от 1 Р/ч до 1000 Р/ч затаривали в металлические ящики (контейнеры) емкостью 1 м<sup>3</sup>. Контейнеры с мощностью дозы гамма-излучения свыше 300 Р/ч были захоронены за бетонными «пионерными» стенами с южной стороны разрушенного блока [2].

После дезактивации образовался своеобразный «сэндвич» из слоев почвы, в котором аварийный техногенный слой грунта был присыпан чистым слоем. Толщина послеаварийного слоя грунта в локальной зоне составляла от 1,7 м до 6,5 м, а на участках строительства «пионерных» стен она достигала 10 м. Толщина аварийного «активного» слоя колебалась в пределах 0,15–0,3 м. После завершения работ по удалению радиоактивных отходов территория вокруг аварийного энергоблока была покрыта слоем бетона толщиной до 0,5 м.

После проведения первых работ по очистке территории вокруг блока было принято решение о создании по периметру 4-го энергоблока «пионерных» защитных стен из железобетона. Их высота составляла около 6 м со стороны завала (северная сторона блока) и около 8 м с южной и западной сторон. Пионерные защитные стены позволили относительно безопасно доставить необходимую технику и начать строительные-монтажные работы по сооружению объекта «Укрытие» (рис. 9) [3].



Рисунок 9 – Создание «пионерных» защитных стен

Работы по расчистке выполнялись с помощью специальных инженерных машин разграждения (ИМР), созданных на базе танков и оборудованных защитным экранированием, грейферным захватом, техническим телевидением и приборами для выявления локальных источников ионизирующего излучения, а также бульдозерами с защитным экранированием. Эти машины появились на площадке уже в первых числах мая 1986 г. Разбросанные взрывом радиоактивные обломки сгребались и загружались ими в металлические контейнеры, затем контейнеры при помощи захвата-манипулятора устанавливали на бронетранспортеры или специально экранированные самосвалы КраЗ. ИМР были герметизированы, снабжены системой противорадиационной защиты, радиостанцией, радиометрами, приборами химической разведки, фильтро-вентиляционными установками (рис. 10).



Рисунок 10 – Инженерная машина разграждения

Практически вся используемая для дезактивации техника подверглась радиоактивному загрязнению выше допустимых уровней и была захоронена или помещена на буферное хранение в специальных местах в зоне отчуждения (рис. 11, 12).



Рисунок 11 – Захоронение загрязненной техники



Рисунок 12 – Площадка выдержки загрязненной техники

Сравнимыми по сложности и опасности с работами по очистке площадки оказались и работы по очистке кровли 3-го блока от радиоактивных фрагментов активной зоны, выброшенных во время взрыва. Мощности доз на кровлях иногда превышали 1000 Р/ч, а «рассеяние» фрагментов приводило к высокой неоднородности дозовых полей (в пределах шага МЭД могла меняться в десятки раз). Наиболее крупные обломки сбрасывались в развал реактора 4-го блока, более мелкие грузились в металлические ящики и удалялись. В результате к моменту окончания строительства «Укрытия» кровли были в основном очищены от фрагментов активной зоны [3].

По состоянию на 10 августа 1986 г. было дезактивировано 862 тыс. м<sup>2</sup> внутренних помещений главного корпуса АЭС, обработано свыше 500 тыс. м<sup>2</sup> других зданий на промплощадке, вывезено 25 тыс. м<sup>3</sup> грунта, территория площадью 187 тыс. м<sup>2</sup> покрыта железобетонными плитами. Проведение работ по очистке окружающей территории и создание защитных пионерных стен позволили снизить радиационный фон в 100 раз и приступить к выполнению основного комплекса строительно-монтажных работ по сооружению объекта «Укрытие» [4].

### **Строительство саркофага**

Особенность и сложность выполнения работ по консервации аварийного энергоблока заключалась в отсутствии опыта преодоления последствий такой масштабной аварии как в отечественной, так и в мировой практике, а также в отсутствии на то время специальных нормативных документов для разработки проектных решений.

Для реализации задачи изоляции разрушенного энергоблока в кратчайшие сроки было создана организация УС-605, которая обеспечила монтаж и строительство саркофага. В УС-605 были построены 4 бетонных завода, организован отдел дозиметрического контроля, управления механизации и автотранспорта, энергоснабжения, санитарно-бытового обслуживания, а также обслуживания баз проживания персонала. Подразделения УС-605 дислоцировались непосредственно на территории ЧАЭС, в г. Чернобыле и в близлежащих населенных пунктах Киевской области. Базы проживания и вспомогательные службы размещались на расстоянии от 50 до 100 км от места проведения работ. С учетом сложной радиационной обстановки и необходимости соблюдения требований, норм и правил радиационной безопасности был установлен вахтовый метод работы персонала с продолжительностью вахты 2 месяца. Численность работников одной вахты достигала 10 000 человек. Персонал на территории ЧАЭС работал круглосуточно в 4 смены. Весь персонал УС-605 комплектовался из специалистов предприятий и организаций Минсредмаша, а также военнослужащих (солдат, сержантов, офицеров), призванных из запаса для прохождения военных сборов.

Функции генерального проектировщика работ «по захоронению 4-го блока ЧАЭС» были возложены на ВНИПИЭТ (г. Санкт-Петербург). Научное руководство работами по захоронению 4-го блока ЧАЭС осуществлял Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова.

Окончательный вариант защитного сооружения предусматривал максимальное использование уцелевших несущих конструкций 4-го энергоблока в составе конструктивной системы объекта «Укрытие» (ОУ). Уцелевшие конструкции энергоблока

№ 4 создают опорный контур, на который опираются несущие элементы покрытия над разрушенным блоком. Сверху ОУ закрыт трубным накатом – 27 металлическими трубами диаметром 1220 мм, опирающимися на опорные балки Б1 и Б2 длиной 34,5 м, а над трубами устроена кровля из тонкого профилированного настила.

С северной стороны была выполнена каскадная стена из бетона в виде уступов высотой около 12 м. Опалубка уступов изготовлялась из металлических щитов. Каждый последующий уступ выполнялся с возможно большим приближением к разрушенному блоку. Внутри уступов укладывались изношенные и поврежденные металлоконструкции, а также контейнеры с высокоактивными отходами [3].

С запада была создана контрфорсная стена высотой 50 м (рис. 13–16).

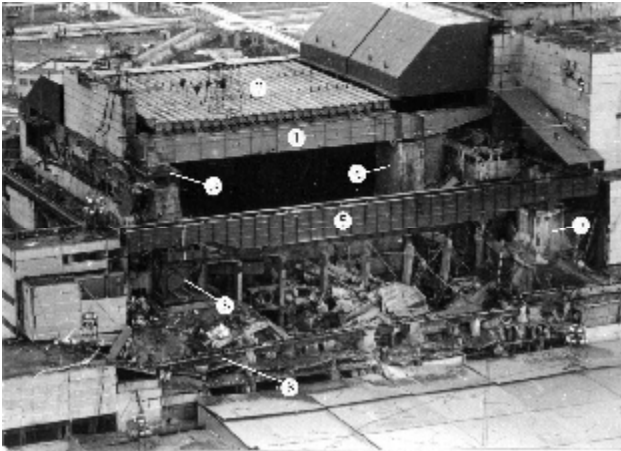


Рисунок 13 – Конструкции опор и несущих элементов покрытия объекта «Укрытие»: 1 – балка Б1 (балка Б2 находится за ней); 2 – трубный накат; 3 – верхняя часть стены по оси 50, усиленная корсетом; 4 – выхлопная шахта; 5 – балка «Мамонт»; 6 – западная опора б



Рисунок 14 – Строительство южной стороны объекта «Укрытие»



Рисунок 15 – Возведение северной (каскадной) стены объекта «Укрытие»



Рисунок 16 – Западная контрфорсная стена



В процессе строительства объекта «Укрытие» было уложено около 345 тыс. м<sup>3</sup> бетонной смеси и смонтировано металлических конструкций общим весом 7 тыс. т. Проектирование и сооружение объекта «Укрытие» осуществили за рекордно короткий срок – всего за полгода.

Строительно-монтажные работы выполнялись с использованием уникальных на то время машин и механизмов, в частности: гусеничных кранов «Demag» с грузоподъемностью на основной стреле до 650 т и на вспомогательной стреле – 112 т при вылете 78 м; автомобильных кранов «Liebherr», насосов для подачи бетонной смеси фирм «Schwing», «Putzmeister», «Worthington», а также других машин и механизмов, дооборудованных дистанционным управлением и средствами защиты (рис. 17–19) [3].



Рисунок 17 – Гусеничные краны «Demag» на строительстве объекта



Рисунок 18 – Бетононасос марки «Putzmeister»



Рисунок 19 – Бетононасос «Putzmeister» в работе у 4-го блока

30 ноября 1986 г. был подписан акт Государственной комиссии о приемке в эксплуатацию объекта «Укрытие» (рис. 20).



Рисунок 20 – Объект «Укрытие» после окончания строительства

После ввода в эксплуатацию ОУ условно считается, что аварийная стадия ликвидации аварии закончилась. Дальнейшие работы выполнялись в плановом порядке. После 1992 г. в планировании и реализации работ на ОУ активное участие принимало международное сообщество. Все действия выполнялись в соответствии с «Стратегией преобразования объекта «Укрытие», которая была разработана в соответствии с постановлением правительства Украины в 1996 г.

### **Заключение**

После ввода в эксплуатацию НБК в 2017 г. остатки разрушенного блока, несмотря на укрытие, по-прежнему будут представлять опасность. Законом Украины «Про загальнодержавну програму зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему» передбачено преобразование объекта в полностью экологически безопасную систему, для чего необходимо выполнить обширный комплекс мероприятий. Нужно демонтировать нестабильные конструкции ОУ, разработать технологии извлечения ТСМ, удалить и захоронить все остающиеся в объекте РАО [5]. Однако данные работы выходят за рамки финансируемых работ Чернобыльским Фондом «Укрытие», поэтому источник их финансирования все еще не определен. Наиболее актуальным вопросом становится демонтаж нестабильных конструкций, который должен завершиться до истечения установленного срока эксплуатации ОУ – 2023 г.

Тяжелым бременем на государственный бюджет Украины ложатся затраты на эксплуатацию НБК которые превысят эксплуатационные расходы ОУ в настоящее время ориентировочно в 5 раз (что составит порядка 60 млн. долларов США в год). Потребности финансирования деятельности ГСП ЧАЭС необходимо будет увеличить примерно на 50 %.

С окончанием реализации ПОМ необходимо детализировать долгосрочные мероприятия по преобразованию ОУ на основе уже достигнутых результатов. Такая разработка детальных программ должна быть выполнена с учетом всех факторов, для чего необходимо выполнить обоснование их безопасности (safety case) и связанных неопределенностей, в том числе с учетом создания геологического хранилища РАО и т. д.

При рассмотрении вопроса извлечения ТСМ и РАО и обращения с ними необходимо обратить внимание на затраты и оценку дозы облучения как на доминирующие факторы, определяющие сроки выполнения этих работ. Раннее извлечение радиоактивных отходов (через 50 лет) включает в себя их извлечение и хранение, а также обращение с высокоактивными отходами, что приводит к увеличению доз и большому количеству низко- и среднеактивных отходов. Позднее извлечение (через 500 лет) уменьшает дозовые нагрузки и количество РАО из-за радиоактивного распада, однако требует больших расходов на создание соответствующих инженерных барьеров, предотвращающих выход радионуклидов в окружающую среду до момента их извлечения, и больших эксплуатационных затрат.

Также необходимо конкретизировать конечное состояние ОУ или же то промежуточное, которое будет достигнуто при реализации долгосрочных мероприятий, с учетом специфики и дальнейших планов использования зоны отчуждения.

#### Список литературы:

1. Ядерное топливо в объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС / Р. В. Арутюнян, Л. А. Большов, А. А. Боровой, Е. П. Велихов, А. А. Ключников. – М.: Наука, 2010. – 240 с.
2. Осолков Б. Я. Обращение с радиоактивными отходами в начальный период ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Обзор и анализ. // Проблемы Чернобыльской зоны отчуждения. Научно-техн. сборник. Вып. 12. – Чернобыль: ДНДУ «Чернобыльский центр по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиозащиты», 2014.
3. Беляев И. А. Чернобыль – Вахта смерти. – М.: Общественный совет. Госкорпорация «Росатом», 2009. – 2-е изд.: стр. 228.
4. 25 лет объекта «Укрытие» (1986–2011). На пути к преобразованию / Ключников А. А., Краснов В. А., Рудько В. М., Щербин В. Н. – Чернобыль: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2011. – 288 с.: ил.
5. Отчет о состоянии безопасности объекта «Укрытие», SIP-P-PM-22-460-SAR-124-05. – ГСП ЧАЭС, 2008. – 436 с.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНУЮ СИСТЕМУ. ИСТОРИЯ, СТАБИЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВО НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙНМЕНТА, ПЛАНЫ

Кондратенко С. А., Сверчков С. Ф.

ГСП «Чернобыльская АЭС», Украина

**История**

В ноябре 1986 объект «Укрытие» (ОУ) был принят на техническое обслуживание, а уже в середине 1989 г. Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, как научный руководитель работ на объекте «Укрытие», предложил свою концепцию особо долговременного и экологически безопасного захоронения топлива. В ней предлагалось создать над существующим объектом герметичное «Укрытие-2», позволяющее полностью изолировать ТСМ от внешней среды и провести разборку объекта.

В 1990 г. генеральным проектировщиком – ВНИПИЭТ – было разработано технико-экономическое (ТЭО) «Укрытие-2» с предварительной проработкой нескольких вариантов преобразования ОУ в ЭБС.

Рассматривались такие варианты (рис. 1):

- «Холм» (полная засыпка объекта);
- «Арка» (создание герметичного Укрытия-2 над существующим объектом, обеспечивающего длительное хранение топлива, вплоть до окончательной разборки);
- «Промежуточное омоноличивание» (последовательная заливка бетоном помещений объекта, а в будущем его разборка).

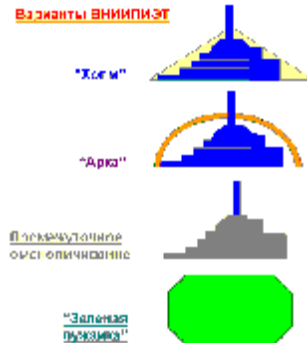


Рисунок 1 – Варианты ВНИПИЭТ

Каждый из вариантов имел свои преимущества и недостатки. Для окончательного решения проблемы преобразования «Укрытия» было предложено провести Международный конкурс.

Организация конкурса «Киев-92» была поручена Минчернобылью и АН Украины. Прием конкурсных предложений продолжался 14 месяцев – до 26.04.93 г. Всего

в оргкомитет поступило 394 предложения. 17 июня 1993 г. конкурс был завершен и, по результатам конкурса, первую премию решено было никому не присуждать.

Проект под девизом «Resolution», разработанный консорциумом французских фирм во главе с компанией Campenon Bernard SGE, был объявлен победителем и удостоен второй премии (\$10 тыс.).

Пять поощрительных премий получили проекты «Радуга» французской компании Буиг, «Монолит» Ленинградского ВНИПИЭТа, «Плутон» РНЦ «Курчатовский институт», проекты немецкой фирмы Hochtief – стальная конструкция и английской British Consortium – большое арочное перекрытие.

Проведенный конкурс был конкурсом идей. Ни один из представленных проектов не решал проблему преобразования объекта «Укрытие» в безопасную экологическую систему в комплексе. Либо была хорошо проработана строительная часть, либо – технология без строительной части.

В качестве основных рекомендаций, жюри конкурса под председательством академика Б. Е. Патона разработало рамочную концепцию преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, основанную на поэтапном подходе к решению этой проблемы и включающей такие основные этапы:

- этап 1 – исследование состояния объекта «Укрытие», мониторинг окружающей среды;
- этап 2 – информационное обеспечение общественности о состоянии объекта «Укрытие» и окружающей его промплощадки;
- этап 3 – стабилизация состояния объекта «Укрытие»;
- этап 4 – сооружение нового защитного сооружения – «Укрытие-2»;
- этап 5 – сооружение приповерхностных хранилищ для РАО;
- этап 6 – создание технологического участка по сортировке и переработке РАО;
- этап 7 – извлечение, кондиционирование и размещение в хранилищах радиоактивных материалов, находящихся внутри «Укрытия-2».

Следующим шагом стала разработка в 1994 г. технико-экономического обоснования одной из самых трудоемких и финансово затратных стадий Концепции – стабилизация и сооружение «Укрытия-2». Заказчиком выступила Европейская Комиссия.

В 1995 г. разработка ТЭО по преобразованию объекта была завершена, его основные выводы:

- Существующее «Укрытие» нестабильно и сейсмонеустойчиво. Необходимы срочные меры по его стабилизации.
- В связи с высоким уровнем радиации и состоянием конструкций ОУ долгосрочная стабилизация «Укрытия» не может быть выполнена.
- Необходимо строительство новой защитной оболочки, которая позволит осуществлять демонтаж четвертого блока.
- Задача проектирования и строительства второго укрытия является чрезвычайно сложной, многоплановой проблемой.
- Украина самостоятельно не сможет обеспечить финансирование такого проекта. Международное сообщество должно продемонстрировать свое желание помочь Украине решить проблемы, связанные с Чернобыльской аварией.

29.11.1996 г. по итогам выполнения проекта TACIS «Кратко- и долгосрочные меры по 4-му блоку ЧАЭС» международной группой экспертов разработан «Рекомендуемый курс действий», предусматривающий 3 фазы преобразования объекта «Укрытие»:

- Фаза 1: Стабилизация и другие краткосрочные меры.
- Фаза 2: Подготовка к преобразованию в экологически безопасное состояние.
- Фаза 3: Преобразование в экологически безопасное состояние.

Рекомендации международных экспертов подтвердили невозможность преобразования объекта «Укрытие» в место окончательного захоронения топливосодержащих материалов (ТСМ). ТСМ подлежат извлечению (в ближайшем или отдаленном будущем) и захоронению в соответствии с нормами для долгоживущих РАО.

### **Создание ПОМ**

В 1997 г. в продолжение работ по проекту TACIS «Кратко- и долгосрочные меры по 4-му блоку ЧАЭС» при взаимодействии Комиссии Европейского сообщества, США, Украины и группы международных экспертов был разработан «План осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» (ПОМ).

Разработка плана ПОМ преследовала две главные задачи:

- обеспечение разработки детального плана работ по ранее предложенным рекомендациям,
- разработка предварительной оценки стоимости, достаточной для обеспечения международной финансовой поддержки.

Для сбора средств на реализацию ПОМ был создан Чернобыльский фонд «Укрытие» (ЧФУ).

20 ноября 1997 г. в Нью-Йорке состоялась конференция стран-доноров, которые взяли обязательства на выделение средств в этот Фонд. Управление Фондом было поручено Европейскому банку реконструкции и развития (ЕБРР).

4 февраля 1998 г. Верховный Совет Украины ратифицировал «Рамочное соглашение между Украиной и ЕБРР по деятельности Чернобыльского фонда «Укрытие».

22 апреля 1998 г. был подписан контракт с победителем тендера на оказание консультационных услуг. Консультантом Группы управления проектом ПОМ стал консорциум, в который вошли компании Bechtel и Battelle (США) и EDF (Франция).

План осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» базируется на Фазах 1 и 2 из Рекомендуемого курса действий – Стабилизация и другие краткосрочные меры и подготовка к преобразованию в экологически безопасное состояние.

План осуществления мероприятий является руководящим документом проекта, в котором приведены последовательные шаги по стабилизации существующей конструкции ОУ, строительству Нового безопасного конфинмента (НБК) и разработке долгосрочной стратегии преобразования площадки ОУ в экологически безопасную систему. ПОМ – это не подробное техническое решение, скорее – это документ, в котором изложен систематический подход к нахождению оптимизированного решения.

Целью проекта ПОМ является реализация первоочередных мероприятий по преобразованию существующего объекта Укрытие в экологически безопасную систему.

Конечной целью ПОМ является возведение НБК и демонтаж нестабильных строительных конструкций объекта «Укрытие».

План осуществления мероприятий организован на основе пяти целей, которые необходимо достигнуть в ходе его реализации и, в соответствии с логикой ПОМ, эти цели разбиты на 22 задачи (рис. 2).



Рисунок 2 – Цели и задачи ПОМ

В настоящий момент выполнено 18 задач, из которых 2 задачи находятся в статусе «отложенных». В рамках задачи 14 «Характеризация ТСМ» на этапе Первоочередных проектов была предпринята попытка проведения характеризации ТСМ неразрушающими дистанционными методами контроля. В результате проведенного тендера на закупку оборудования и услуг по характеризации ТСМ стало ясно, что проведение масштабной характеризации является дорогостоящим проектом, выходящим за рамки финансирования задачи 14 ПОМ. Еще более затратными и более длительными являются работы по характеризации ТСМ с представительным отбором проб. По задаче 14 было признано, что проведение полномасштабной характеризации ТСМ связано с большими дозо- и трудозатратами и, исходя из принципов ALARA, нецелесообразно. В связи с этим, Решением П7 НАЭК «ЭНЕРГОАТОМ» (предварительное решение по стратегии извлечения ТСМ) для целей характеризации ТСМ предусмотрена разработка программы мониторинга поведения ТСМ в течение времени до извлечения и во время извлечения ТСМ.

В рамках задачи 20 «Разработка технологии извлечения ТСМ» признано нецелесообразным, с учетом стоимости и графика, проведение детального проектирования и демонстрации прототипа технологии извлечения ТСМ с целью получения данных для разработки Стратегии извлечения ТСМ. Представленные Подрядчиком по данной задаче технические предложения по демонстрационному извлечению ТСМ ОУ

(прототип технології) по стоимості і часу реалізації виходять далеко за рамки задачі 20 ПОМ. Тому Міжнародна Координаційна Група експертів не рекомендувала продовжувати роботи по розробці технології извлечения ТСМ.

Таким образом, програмне Рішення П8 по Стратегії извлечения ТСМ в найближчий час до отримання всіх необхідних вихідних даних по стану ТСМ, по застосовності різних технологій на ОУ для извлечения ТСМ (с точки зрения трудозатрат, дозозатрат, стоимості і тривалості робіт) практично не може бути реалізовано.

Задачі 13 «Обращение с водой ОУ» і 22 «Строительство и ввод в эксплуатацию НБК» знаходяться в стадії реалізації.

### **Стратегія перетворення об'єкта «Укриття»**

28 грудня 1996 г. прийнято Постановлення № 1561 Кабінету Міністрів України «О мерах по перетворенню об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему», визначивше головну мету – швидше извлечение остатков ядерного топлива, их изоляцію і захоронення в відповідності з діючими національними і міжнародними стандартами.

На основі цього Постановлення експлуатуючої організацією в 2001 г. була розроблена «Стратегія перетворення об'єкта «Укриття», яка була затверджена Міжведомственою комісією по питанням комплексного рішення проблем ЧАЭС (протокол № 2 от 12.03.2001 г.).

В основу Стратегії покладені міжнародні фундаментальні принципи і концепції цілей безпеки, зображені в вимогах діючих норм, правил і стандартів по безпеці.

В «Стратегії перетворення об'єкта «Укриття» визначені задачі, цілі, стратегічні напрями діяльності і основні етапи перетворення об'єкта «Укриття» в екологічно безпечну систему.

Перетворення об'єкта в екологічно безпечну систему досягається шляхом реалізації трьох основних етапів. На першому етапі шляхом збереження поточних ризиків існуючого об'єкта «Укриття» досягнута переважно технічна мета безпеки. Виконано стабілізація (укріплення) відповідальних будівельних конструкцій, підвищена загальнотехнічна і пожежна безпека реалізацією системи протипожежної захисту, збільшено контроль показників безпеки об'єкта вводу в експлуатацію Інтегрованої Автоматизованої Системи Контролю.

Другий етап є перехідним, тобто підготовчим до заключного третього етапу, на якому, шляхом повного усунення ТСМ, як головних центрів радіологічної і ядерної небезпеки, повинно бути забезпечено досягнення загальної мети безпеки ОУ, як екологічної підсистеми в довготривалій перспективі і, відповідно, з альтернативними шляхами, забезпечення безпеки зберігання ТСМ в об'єкті «Укриття» в контролюваному стані.

Етап 1. Стабілізація стану існуючого об'єкта, підвищення експлуатаційної надійності і довговічності конструкцій і систем, які забезпечують стабілізацію і контроль показників безпеки «Укриття».



Этап 2. Создание дополнительных защитных барьеров, в первую очередь НБК, что обеспечит необходимые условия для технической деятельности на этапе 3 и безопасность персонала, населения и окружающей среды, подготовительные инженерно-технические работы, направленные на разработку технологий извлечения из ОУ ТСМ на этапе 3, создание инфраструктуры для обращения с РАО объекта «Укрытие».

Этап 3. Извлечение из ОУ ТСМ и долгосуществующих РАО, их кондиционирование с последующим хранением и захоронением в хранилищах РАО в соответствии с действующими стандартами, снятие с эксплуатации объекта «Укрытие».

#### **Работы по ПОМ в соответствии с первыми двумя этапами Стратегии**

*Цель стабилизации локализирующего сооружения (ЛС) объекта «Укрытие» – снижение рисков его обрушения и выброса радиоактивных веществ в окружающую среду.* В соответствии с Техническим решением ГСП ЧАЭС «О количестве неотложных стабилизационных мероприятий принятых к реализации в рамках стабилизации строительных конструкций на ОУ», согласованным ГКЯР (письмо № 14-14/2560 от 18.05.04 г.), в качестве неотложных были приняты к реализации 8 стабилизационных мероприятий – №№ 2, 3, 5, 8, 11, 14 и 14а, Б/н (рис. 3, табл. 1).

В 2008 г. работы по стабилизации строительных конструкций были завершены (Консорциум «Стабилизация»). Из табл. 2 видно, что в результате выполнения стабилизационных мероприятий вероятность разрушения наиболее нестабильных конструкций ОУ была снижена на 2 порядка.

Таблица 1 – Перечень стабилизационных мероприятий

| №         | Зона работ   | Краткая техническая характеристика  |
|-----------|--|---|
| 2         | Западная зона  | Новая конструкция для восприятие вертикальных и горизонтальных опорных реакций от блока балок Б1/Б2 по осям 50/П и 50/Ж                       |
| 3         | Южная зона   | Усиление каркаса деаэрационной этажерки   |
| 5         | Северная зона  | Обеспечивается объединение элементов покрытия в осях П-С с контрфорсной стеной и добетонирование ее до проектной отметки                      |
| 8         | Кровля и опоры кровли  | Обеспечивается совместная работа южных щитов-«ключешек» с южными щитами   |
| 11        | Северная зона  | Обеспечивается объединение щитов-«ключешек» с северной контрфорсной стеной путем замоноличивания анкеров-фиксаторов                           |
| 14<br>14а | Западная опора балки «Мамонт».<br>Восточная опора балки «Мамонт» | Усиление связей западной опоры для восприятия экстремальных нагрузок.<br>Обеспечение устойчивости восточной опоры при экстремальных нагрузках |
| Б/н       | Локальная герметизация конструкций легкой кровли                 | Возможная замена профилированного настила в зонах производства работ для обеспечения безопасного выполнения мер стабилизации                  |

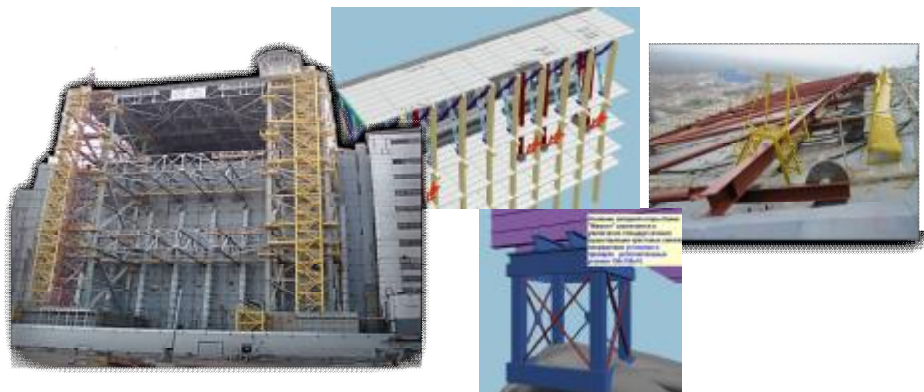


Рисунок 3 – Стабилизационные мероприятия

Таблица 2 – Вероятности отказа основных конструкций локализирующего сооружения ОУ после выполнения неотложных стабилизационных мероприятий

| Конструкции и узлы                                      | Номер СМ | Вероятность разрушения             |                                       | Вид определяющей нагрузки |
|---|----------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
|   |          | до стабилизации, год <sup>-1</sup> | после стабилизации, год <sup>-1</sup> |                           |
| Стена по оси 50 с прилегающим каркасом                  | № 2      | $1,3 \times 10^{-1}$               | $2 \times 10^{-3}$                    | Сеймика                   |
| Западная контрфорсная стена                             | № 2      | $1 \times 10^{-4}$                 | $1 \times 10^{-4}$                    |                           |
| Покрытие между западной контрфорсной и стеной по оси 50 | № 2      | $1 \times 10^{-4}$                 | $1 \times 10^{-4}$                    |                           |
| Западные «ключки»                                       | № 2      | $1,4 \times 10^{-2}$               | $1 \times 10^{-4}$                    | Экстр. ветер              |
| Деаэрационная этажерка                                  | № 3      | $1,3 \times 10^{-1}$               | $1 \times 10^{-3}$                    | Сеймика                   |
| Опоры балки «Мамонт»:                                   |          |                                    |                                       |                           |
| западная:<br>на вертикальную нагрузку                   | № 14     | $1 \times 10^{-4}$                 | $1 \times 10^{-4}$                    |                           |
| на горизонтальную нагрузку                              | № 14     | $1,3 \times 10^{-1}$               | $1 \times 10^{-3}$                    | Сеймика                   |
| восточная:<br>на вертикальную нагрузку                  | № 14a    | $1 \times 10^{-4}$                 | $1 \times 10^{-4}$                    |                           |
| Южные щиты  | № 8      | $1 \times 10^{-4}$                 | $4 \times 10^{-4}$                    | Экстр. ветер              |
| Южные щиты-«ключки»                                     | № 8      | $1,4 \times 10^{-2}$               | $4 \times 10^{-4}$                    | Экстр. ветер              |
| Северные щиты-«ключки»                                  | № 5/11   | $1,4 \times 10^{-2}$               | $1 \times 10^{-4}$                    | Экстр. ветер              |

Реализованные неотложные стабилизационные мероприятия позволили повысить уровень безопасности локализирующего сооружения ОУ, однако в полной мере критерии безопасности, устанавливаемые нормами радиационной безопасности, не достигнуты. В то же время следует отметить, что такая цель и не ставилась. Целью осуществления неотложных стабилизационных мероприятий было повышение уровня безопасности ОУ, исходя из ограниченного срока эксплуатации стабилизи-

рованных конструкций до 15 лет (до 2023 г.) и предполагая, что в указанный период будет сооружен НБК.

*Конфайнмент* – защитное сооружение, которое включает в себя комплекс технологического оборудования для исключения из разрушенного 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС материалов, которые содержат ядерное топливо, обращение с РАО и другие системы, предназначенная для осуществления деятельности по превращению этого энергоблока в экологически безопасную систему и обеспечение безопасности персонала, населения и окружающей среды.

Общий объем проекта НБК состоит из пусковых комплексов: ПК-1, ПК-2 (рис. 5).



Рисунок 4 – Основная конструкция Арки



Рисунок 5 – Пусковые комплексы: ПК-1, ПК-2

Пусковой комплекс ПК-1 включает:

- основную конструкцию Арки (рис. 4) вместе с оболочкой и системой основных кранов (СОК);
- внутреннюю компоновку НБК, твердое изолирующее покрытие участков внутри НБК, площадок и т. п.;
- технологические системы жизнеобеспечения и контроля состояния НБК, а также внешние инженерные коммуникации для подключения систем жизнеобеспечения НБК к системам ЧАЭС;
- ограждающий контур (ОК) НБК, работы по которому должны быть закончены до надвигки Арки НБК в проектное положение.

В объем работ ПК-2 будут входить:

- проектирование (разработка рабочего проекта) демонтажа нестабильных конструкций ОУ;
- закупка, монтаж и ввод в эксплуатацию технологического оборудования и систем для выполнения демонтажа/стабилизации нестабильных конструкций.

Первый этап проектирования ПК-2 выполнен, включая:

- предпроектные исследования на площадке;
- переосценку состава нестабильных конструкций ОУ, подлежащих раннему демонтажу;
- анализ концептуальных проектных решений по раннему демонтажу нестабильных конструкций (интегрированный демонтаж или демонтаж с отложенным обращением РАО);
- сравнительный анализ доз-затрат-выгод.

Новый безопасный конфайнмент является комплексом, включающим в себя следующие основные здания и сооружения:

- арочный металлический свод с подвесными конструкциями для кранового оборудования, системами жизнеобеспечения, контроля и управления (в дальнейшем – Арка);
- существующие сооружения II очереди ЧАЭС, к которым примыкает своими торцами арочная конструкция и которые являются составной частью ограждающих конструкций;
- сооружаемые внутри существующих сооружений разделительные стены;
- технологическое здание;
- шлюз доступа пожарных подразделений;
- вспомогательные сооружения и объекты инфраструктуры.

К вспомогательным зданиям и сооружениям НБК относятся: здание электротехнических устройств, здание насосной станции противопожарного водоснабжения с двумя пожарными резервуарами емкостью 1500 м<sup>3</sup> каждый, площадка для заправки вилочного погрузчика с топливозаправочным пунктом и подземным баком запаса дизельного топлива, дизельные электростанции с баками запаса дизельного топлива, северный и южный бассейны сбора ливневых вод с кровли Арки, очистные сооружения ливневых вод, насосные станции для подкачки и перекачки ливневых вод в проектируемую сеть ливневой канализации.

НБК будет выполнять следующие основные функции:

- ограничение радиационного влияния на население, персонал и окружающую среду установленными пределами, как при условии нормальной эксплуатации объекта «Укрытие», так и в случае нарушения нормальной эксплуатации, аварийных ситуаций и аварий, включая аварии в процессе демонтажа нестабильных конструкций и будущего обращения с ТСМ и РАО;
- ограничение распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ, которые находятся внутри ОУ;
- технологическое обеспечение, то есть создание условий для демонтажа нестабильных конструкций, будущего извлечения ТСМ и РАО, обеспечения выполне-

ня мероприятий по контролю и техническому обслуживанию объекта «Укрытие» и его промплощадки;

- контроль параметров состояния объекта «Укрытие» и управление технологическими процессами;
- недопущение несанкционированного доступа к ТСМ и РАО и обеспечение функционирования системы гарантий МАГАТЭ.

### **Планы**

В соответствии с Календарным планом реализации проекта НБК в ноябре 2016 г. должна состояться надвигка Арки в проектное положение и в конце 2017 г. Подрядчик по строительству НБК (НОВАРКА) планирует передать ГСП ЧАЭС законченный строительством пусковой комплекс ПК-1 НБК.

В 2018–2019 гг. ГСП ЧАЭС планирует ввести в эксплуатацию НБК со всеми технологическими системами, включая ПК-2, и приступить к демонтажу нестабильных строительных конструкций, который необходимо выполнить до 2023 г. Несоблюдение этого срока может повлечь за собой проведение дополнительной стабилизации нестабильных строительных конструкций.

Демонтажем нестабильных строительных конструкций заканчивается Проект ПОМ на объекте «Укрытие».

Дальнейшие работы по преобразованию ОУ в экологически безопасную систему будут осуществляться в соответствии с 3-м этапом Стратегии преобразования объекта «Укрытие».

Экологически безопасная система – это подсистема (то есть составная часть природного круговорота), состояние которой исключает угрозу возникновения опасности для здоровья людей и ухудшение экологических условий.

Общественно необходимые затраты на решение проблем ОУ определяются не экономической целесообразностью (поскольку он не является звеном экономического кругооборота, функционирование которого определяется процессами создания стоимости), а опасностью объекта как экологической подсистемы, главными факторами на выходе которой выступают выбросы, отходы, риски. Цель текущей деятельности на объекте заключается в осуществлении контроля за источниками опасности и сдерживании рисков для ограничения его ядерной, радиационной и других видов опасностей (последствий запроектной аварии). Целесообразность деятельности по преобразованию объекта «Укрытие» должна определяться по критерию достижения общей цели безопасности.

Общая цель безопасности состоит в устранении или уменьшения опасных факторов на выходе из подсистемы для защиты персонала, населения и окружающей среды от воздействия ячеек ядерной и радиологической опасности – путем их устранения или создание и поддержание в рабочем состоянии эффективных защитных барьеров безопасности.

Согласно «Стратегии преобразования объекта «Укрытие» общая цель безопасности считается достигнутой, если связанные с существованием объекта риски, – как в близком, так и отдаленном будущем, – будут снижены до уровней, разумно достижимых с учетом экономических и социальных факторов и являющихся при-

емлемыми на длительную перспективу (учитывая возможные последствия для здоровья будущих поколений).

Нынешний уровень знаний недостаточен для определения временных рамок решения задач заключительного этапа, их адекватная оценка будет возможна лишь на основе опыта и результатов, которые будут получены на промежуточных этапах в ходе реализации «Стратегии преобразования объекта «Укрытие» и, в основном, будет зависеть от принятия на национальном уровне решения о создании геологического хранилища в стабильных геологических формациях.

Срок извлечения ТСМ из объекта «Укрытие» должен быть связан с программой снятия из эксплуатации Чернобыльской АЭС и Комплексной программой обращения с РАО. Эти программы должны предусматривать накопление средств, внедрение технологий и оборудования для извлечения ТСМ и РАО, изготовление контейнеров и переоборудование или строительство помещений, предназначенных для хранения ТСМ и РАО, к началу их извлечения.

Извлечение ТСМ и РАО должно быть начато ориентировочно в течение 30÷50 лет после сооружения конфинмента и завершено до истечения срока его службы (100 лет).



## ОБЩИЕ И НОРМАТИВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЧЕРНОБЫЛЯ

**Щербина В. Г.**

*Лауреат премии СМ СССР, Лауреат государственной премии Украины,  
Первый директор предприятия «Объект Укрытие»*

В данной работе термин «Чернобыль» рассматривается в его широком значении, включающем в себя такие высказывания, как «духовный Чернобыль», «финансовый Чернобыль», «экономический Чернобыль» и т. п.

Ясно, что в таком понимании охватить проблему «Предпосылки Чернобыля» в одной работе, какой бы обширной она не была, невозможно. Как, впрочем, и во множестве работ, поскольку, по мнению автора, тема Чернобыля неисчерпаема. В таком понимании «Чернобыля» наибольшего доверия вызывают высказывания лиц, имевших возможность ознакомиться лично или через своих помощников и/или советников с максимальным объемом исходной информации и с результатами научной обработки такой информации. По мнению автора к таким лицам относятся в

первую очередь фактический глава советского государства Генеральный секретарь ЦК КПСС Горбачев Михаил Сергеевич и руководитель Оперативной группы Политбюро ЦК КПСС по «Чернобылю» Председатель Правительства СССР Рыжков Николай Иванович.

Вот тезисы выступления Горбачева на «Чернобыльском» заседании Политбюро, состоявшемся 3 июля 1986 г. [1. Стр. 87–88]:

1. Мы должны ответить на многие вопросы в связи с Чернобылем, этого требуют от нас миллионы людей у нас и за рубежом.

2. Покончить с положением, когда строят АЭС на уровне мышления 20–30-х годов. Надо думать на уровне Чернобыля.

3. Мы 30 лет слышим от вас, что все тут надежно. И вы рассчитывали, что мы смотрим на вас, как на богов. От этого все и пошло. Потому что министерства и все научные центры оказались вне контроля. А кончилось провалом.

4. И сейчас я не вижу пока с вашей стороны, чтобы вы задумывались над выводами. Больше все констатируете факты, а то и стремитесь замазать кое-какие...

5. Там, где нужна централизация там ее нет, а там, где просто гвоздь забить надо, там действует тысяча разных ведомств.

6. Нет опаснее объекта, чем АЭС, там миллионная мощь энергии: она опаснее любого военного объекта.

7. Академик Доллежалъ бил в свое время тревогу.

8. Но его (акад. Доллежала – авт.) признали некомпетентным и на пресс-конференции осрамили перед иностранными корреспондентами.

9. От ЦК все было засекречено. Его работники в эту сферу не имели права лезть. Даже вопросы размещения АЭС решало не правительство. И в вопросе о том, какой реактор запустить, решение тоже исходило не от правительства.

10. Во всей системе царил дух угодничества, подхалимажа, групповщины, гонения на инакомыслящих, показухи, личные связи и разные кланы вокруг разных руководителей. Этому всему мы кладем конец...

11. Мы понесли огромные потери, и не только в экономике. Были и будут жертвы.

12. Нам нанесен политический ущерб. Поставлен под сомнения уровень всей нашей работы. То, что произошло, дискредитирует нашу науку и технику. Ситуация очень серьезная.

13. И ни в коем случае мы не согласимся ни при решении практических вопросов, ни при объяснении с общественностью скрывать истину.

14. Мы несем ответственность и за оценку происшедшего, и за правильность выводов.

15. Наша работа теперь на виду у всего народа и у всего мира.

16. И думать, что мы можем ограничиться полумерами и ловчить, недопустимо. Нужна полная информация о происшедшем. Трусливая позиция – это недостойная политика.

17. Авария могла быть предотвращена. Если бы была правильная и своевременная информация. Центральный Комитет мог бы принять меры, и аварии бы не было. Но мы столкнулись с проявлением крайней безответственности.

18. Нет никаких таких интересов, которые понуждали бы нас скрывать истину. Полнота наших выводов – это то, что мы обязаны сделать перед всем человечеством.

Приведенные высказывания Горбачева носят неимоверно жесткий, хотя и эзоповский характер, значительно превышающий уровень ответственности руководства любой отдельной АЭС. Чем это было вызвано – определенно сказать трудно. Для этого необходимо быть знакомым с той информацией, которой обладал Горбачев. Но, по-видимому, присутствовавшие на заседании Политбюро достаточно ясно понимали, о чем идет речь и осознавали обоснованность такой жесткости, иногда граничащей с их прямым оскорблением, если принять во внимание социальный статус лиц, приглашенных на заседание. А ведь, говоря по существу, Горбачев фактически обвинил высший командный состав атомной энергетики страны в профессиональной неупорядоченности. Решить, насколько это обоснованно у автора нет достаточной информации. А здесь, как никогда, верно высказывание: «чтобы знать достаточно, необходимо знать больше чем достаточно» [2. Стр. 315].

Автор же может себе позволить лишь кратко остановиться на следующих трех тезисах Горбачева:

Тезис 2. «Покончить с положением, когда строят АЭС на уровне мышления 20–30-х годов. Надо думать на уровне Чернобыля». Широкая трактовка этого тезиса невозможна, если принимать во внимание, сколько диссертаций было защищено по направлению АЭС с реакторами РБМК, сколько правительственных наград было роздано и сколько успешных карьер было сделано. Автору в голову приходит только следующая аналогия. Это высказывание Кагановича Лазаря Моисеевича, занимавшего в конце 30-х годов должность министра путей сообщения СССР. Он любил повторять: «Каждая авария имеет свою фамилию, имя, отчество». Несмотря на свою экстравагантность, эта фраза была квинтэссенцией философии безопасности того времени.

Тезис 3. «Мы 30 лет слышим от вас, что все тут надежно. И вы рассчитывали, что мы смотрим на вас, как на богов. От этого все и пошло. Потому что министерства и все научные центры оказались вне контроля. А кончилось провалом». Возникает резонный вопрос: «Почему именно 30 лет». Дата 30 лет отсылает нас к 1956 г. Получается, что в этот год произошло что-то такое, что впоследствии привело к аварии на ЧАЭС.

1956 год упоминается и в протоколе ранее указанного «Чернобыльского» заседания Политбюро. Ведущий заседание Горбачев задал Председателю Правительственной комиссии по расследованию аварии на ЧАЭС следующие вопросы:

1. Комиссия разобралась, почему недоработанный реактор был передан в промышленность?

2. Реактор был передан в промышленность, а теоретические исследования не были продолжены. Почему все-таки не были продолжены теоретические исследования?...

Здесь необходимо подчеркнуть, что первый вопрос стилистически носит студенчески-оскорбительный оттенок для комиссии такого уровня, к тому же возглавляемой Заместителем Председателя Правительства страны. Объяснение этому может быть



только одно: результат работы комиссии носил такой характер, что вынудило главу государства придать своему вопросу такую, по существу, «издевательскую» форму.

В данной ситуации довольно загадочно звучит ответ Председателя Правительственной комиссии на эти принципиальные для работы комиссии вопросы главы государства. Вот этот ответ: «В 1956 г. было принято решение, определяющее судьбу этих реакторов для энергетики. Надежность промышленных реакторов была перенесена на энергетический уровень». Другими словами, рассуждая формально, следует констатировать, что в 1956 г. кем-то было принято решение, выполнение которого впоследствии привело к аварии на ЧАЭС.

Кем было принято такое решение, в чем его истинный смысл, действительно ли оно носило такой характер, что сохраняло свою силу на протяжении 30 лет. Все эти важнейшие вопросы на заседании Политбюро не рассматривались. Считалось, что вполне достаточно только ссылки на него. Это наиболее вероятно объясняется тем, что большинству присутствующих было хорошо известно, о чем идет речь. Хотя никто из них впоследствии ни об этом заседании Политбюро, ни о загадочном решении 1956 г. никогда не упоминал. Даже в случаях самозащиты своей свободы, своего профессионализма, своей карьеры. Исключение составляет только академик Н. А. Доллежал, который в одном из последних в своей жизни интервью рассказал, хотя и косвенно, о причинах принятия такого решения и о его дальнейшей судьбе. При этом он недвусмысленно намекнул о недопонимании физики реактора РБМК его научным руководителем [3, стр. 31–43].

Тезис 4. «И сейчас я не вижу с вашей стороны, чтобы вы задумывались над выводами. Больше всего констатируете факты, а то и стремитесь замазать кое-какие...» (Почти как в поговорке «и ведете себя, как нашкодившие дети»). Подмеченное Горбачевым стремление пишущих о «Чернобыле» больше всего констатировать факты, причем некоторые из них даже замазывать и при этом отказываться делать выводы особенно недопустимо для специалистов по безопасности атомных станций. К сожалению, изживание такого подхода идет крайне медленно и, по-видимому, потребует еще немало времени.

Общий вывод из тезисов Горбачева может быть только таким: «Сложившее положение дел в управлении атомной энергетикой страны неприемлемо и этому должен быть положен конец». Эти тезисы, по существу, являются инвективой главы государства в адрес высшего командного состава атомной энергетики. Хотя они и носят ярко выраженный нервозный характер.

А вот оценка «Чернобыля» Н. И. Рыжковым, сделанная им через 12 лет после аварии на ЧАЭС [5, стр. 51, 52, 58]:

1. Гражданская власть в первые дни очень скверно справлялась с «защитой интересов людей».
2. Медицина оказалась просто неготовой к работе в экстремальных условиях.
3. Столь же бездарно прокололась и наша прославленная Гражданская оборона.
4. Лекарств, как и следовало ожидать, пугающе не хватало.
5. Когда мы с Лигачевым прилетели в Киев (2-го мая – авт.), то оказалось, что ни первый секретарь ЦК компартии Украины Владимир Васильевич Щербицкий,

ни его ближайшие помощники за эти долгие дни ни разу не удосужились побывать в зоне бедствия.

6. Мы к аварии шли. Если бы не произошла авария сейчас, она при сложившемся положении могла произойти в любое время. Ведь и эту станцию пытались взорвать дважды, а сделали только на третий год [4].

Оценки Рыжкова более конкретны, чем у Горбачева, хотя конкретные виновные в перечисленных провалах им также не названы за исключением фамилии Щербицкого. Но по характеру всей оценки упоминание последнего носит какой-то другой характер, что подтверждается информацией, приведенной в работе [6, стр. 46].

Если интегрировать оценки Рыжкова, то результат может быть только таким: страна была не готова к авариям на АЭС типа Чернобыльской. Чем это было вызвано, Председатель Совета Министров СССР не объясняет, хотя формально за такую готовность отвечает именно Правительство.

Чем же, говоря словами Горбачева, был обусловлен такой провал? Формальным отказом от подготовки Государственных структур к авариям на АЭС такого масштаба? Или фактическим отказом от выполнения требований действующей нормативно-технической документации (НТД)?

Анализ показывает, что существовавшая на момент аварии на ЧАЭС НТД в атомной энергетике была достаточно полной и обширной. Для анализа же ее качества возьмем за основу ее базовый документ, который без преувеличения можно назвать «Конституцией безопасности атомной энергетики Советского Союза». Речь идет об ОПБ-82 (Общие положения обеспечения безопасности атомных станций при проектировании, сооружении, эксплуатации). Этот документ «Утвержден ГКАЭ СССР, Минздравом СССР, Госгортехнадзором СССР и согласован с Госстроем СССР в июле 1982 г.» Но уже здесь просматривается хотя и маленький, но показательный нюанс: ГКАЭ поставлен впереди Минздрава, хотя по положению о рангах статус Министерства выше статуса Госкомитета [7]. Объяснение здесь одно – под аббревиатурой ГКАЭ скрывается Минсредмаш. И это наглядно показывает, кто играет главную скрипку в создании нормативно-технической базы атомной энергетики.

На рис. 1 приведена «Структурная схема подготовки персонала атомной станции к действиям при авариях на АЭС». Схема составлена по принципу увязывания всех положений ОПБ-82, непосредственно относящихся к авариям на атомных станциях, в единую взаимосвязанную структуру. Такой подход позволяет наглядно продемонстрировать нормативные требования к действиям персонала АЭС на всех этапах его подготовки к авариям. Числа в каждой позиции схемы обозначают нумерацию соответствующих положений из ОПБ-82.

Из схемы видно, что аварии на АЭС являются атрибутом атомной энергетики, то есть их нельзя исключать при рассмотрении любых вопросов, связанных с безопасностью атомных станций.

Из схемы также видно, что все аварии, которые возможны на АЭС, по своей опасности для населения делятся на два подмножества: «Проектные аварии» и «Гипотетические аварии».

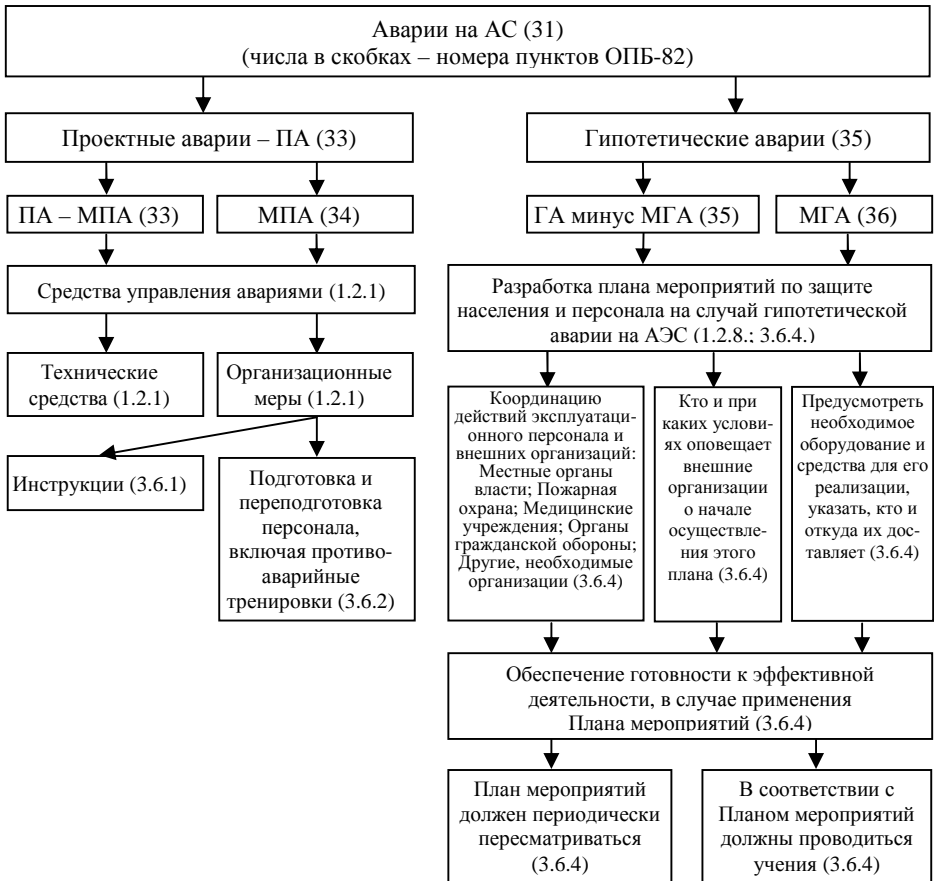


Рисунок 1 – Структурная схема подготовки персонала атомной станции к действиям при авариях на АЭС

Проектные аварии, то есть аварии, для которых проектом атомной станции предусмотрены технические средства, позволяющие обеспечить безопасность населения при таких авариях, включая Максимальную проектную аварию (МПА). Последняя определяется самым тяжелым исходным событием, устанавливаемым ОПБ-82. Таким образом, проектные аварии по тяжести исходных событий образуют некоторое упорядоченное множество, верхней границей которого является МПА. И для всех этих аварий проектом АЭС должны предусматриваться необходимые технические средства управления ими.

«Рычагами» управления проектными авариями являются соответствующие «Технические средства» и «Организационные мероприятия». Для эффективного использования предусмотренных проектом «технических средств» на всех АЭС должны быть подготовлены соответствующие Инструкции и обеспечен соответ-

вуючий рівень підготовки персонала, включаючи противоаварійні тренувки. При якісному виконанні перелічених умов персоналом АЭС при проектних аваріях забезпечується дотримання встановлених норм радіаційного впливу як для населення, так і для персонала станції.

Принципальним соціально значимим моментом «Проектних аварій» є те, що ні при їх тренувках, ні при них самих не вимагається залучення ні населення, ні органів державної влади. Останнє значно полегшує пропаганду подальшого розвитку атомної енергетики.

Другим підмножиною аварій на АЭС носить найменування «Гіпотетических аварій» (ГА). Як відомо ймовірність таких аварій суттєво менше, ніж проектних, але одночасно вони з точки зору радіаційного впливу на населення і персонал є суттєво більш небезпечними. Такі аварії, включаючи забезпечення готовності населення і персонала до них, призводять до великих (а в разі максимальної гіпотетическої аварії (МГА) – величезних) економічних, матеріальних і соціальних витрат, що є часто непереодолимим фактором при переконанні населення погодитися з будівництвом конкретної АЭС в районі їх місця проживання.

В ОПБ-82 Гіпотетическі аварії визначаються як «аварії, для яких проектом не передбачені технічні заходи, що забезпечують безпеку АЭС». Слабкість цього визначення полягає в тому, що воно за допомогою словесного «випуктаса» необґрунтовано зменшує небезпечність АЭС для населення. Насправді, давайте замість терміна «Безпека АЭС» вставимо в цю фразу його визначення, дане в цих же основних положеннях. Тоді визначення ГА буде звучати так «гіпотетическа аварія – аварія, для якої проектом не передбачені технічні заходи, що виключають технічними засобами і організаційними заходами перевищення встановлених доз по внутрішньому і зовнішньому облученню персоналу і населення і нормативів по вмісту радіоактивних продуктів у зовнішньому середовищі».

Таке формулювання означає, що при ГА експлуатаційний персонал АЭС не має технічних засобів як для забезпечення безпеки населення, так і власного персоналу станції. Отже, в таких випадках він повинен користуватися іншими НТД, ніж прийнято при нормальній експлуатації і проектних аваріях. Але для того щоб прийняти таке рішення, тобто рішення про перехід на систему дій при ГА, експлуатаційний персонал повинен певним чином визначити, що сталося не проектною аварією і навіть не МПА, а саме гіпотетическа аварія, а можливо і МГА.

Отже логічно випливає, що якщо ОПБ-82 відмовилися технічними і організаційними заходами керувати ГА, то вони повинні були, як мінімум, вимагати від генерального інженера проектування заходів забезпечення оперативного персоналу АЭС засобами визначення факта, що сталося саме ГА і навіть, можливо, МГА.

А це означає, що ОПБ-82 залишило експлуатаційний персонал ЧАЭС, як і інших АЭС країни, інформаційно сліпимим в стосовно факта виникнення ГА. Ситуація не тільки необґрунтована, але і злочинна. В такому разі звинувачувати

руководство ЧАЭС, что оно скрывало факт гипотетической аварии все равно, что обвинять слепого в том, что он переходил улицу на красный свет. Сюжет схожий с «Охотой на Снарка» великого Льюиса Кэрролла [5].

В соответствии с ОПБ-82, после определения факта ГА, радиационная защита персонала и населения должна осуществляться в соответствии с «Планом мероприятий по защите населения и персонала на случай гипотетической аварии на АЭС» и связанными с ним НТД. Насколько известно автору, документа с таким названием на АЭС Советского Союза не существовало.

Такой план в соответствии с ОПБ-82 должен разрабатываться дирекцией АЭС на основании данных о радиоактивных выбросах в окружающую среду при событиях превышающих максимальную проектную аварию, то есть при ГА, включая МГА. Такие данные должны подготавливаться совместно научным руководителем, главным конструктором и генеральным проектировщиком. Поскольку вышеуказанные организации такие данные не представили то и плана, с требуемым ОПБ-82 названием, не было, так как без них составить «План мероприятий по защите населения и персонала на случай ГА» невозможно.

Важным в этом требовании является использование множественного числа термина «Гипотетическая авария». Формально это означает, что исходные данные, которые должны быть представлены научным руководителем, главным конструктором и генеральным проектировщиком, обязаны содержать информацию как по обычным ГА, так и по МГА. С практической точки зрения, эти данные должны были содержать информацию о выходе радиоактивных веществ в окружающую среду, как минимум, в диапазоне: 1 % МГА, 10 % МГА, 100 % МГА. Такое требование вызвано тем обстоятельством, что в каждом случае величина опасности для населения и площадь пораженной территории будут существенно различаться. А это означает, что будут существенно различаться объемы мероприятий, необходимых для защиты персонала и населения. Можно, конечно, ограничиться 100 % МГА, поскольку она в радиационном отношении «поглощает» аналогичную информацию для остальных ГА, но такой подход существенно завышает объем требуемых средств защиты и персонала и населения и, следовательно, затраты на нее.

Как видно из «Структурной схемы...», «План мероприятий по защите населения и персонала на случай гипотетической аварии на АЭС», как минимум, должен содержать три следующих раздела:

1. Координация действий эксплуатационного персонала АЭС и внешних организаций.
2. Кто и при каких условиях оповещает внешние организации о начале осуществления этого плана.
3. Предусмотреть необходимое оборудование и средства для реализации плана с указанием кто и откуда их доставляет.

Здесь следует подчеркнуть, что, если первые две позиции для своей реализации требуют исключительно аналитической работы соответствующих профессионалов, то позиция 3 дополнительно требует создать наборы необходимого оборудования и необходимых средств. А это требует немалых финансовых и трудовых затрат как для создания таких наборов, так и для поддержания их постоянно в рабочем со-

стоянии. Другими словами, «План мероприятий...» должен не только указать необходимое оборудование и необходимые средства для его реализации, но и указать источник финансирования этой деятельности, стоимость которой может оказаться сравнимой со стоимостью энергоблока АЭС.

ОПБ-82 требует также обеспечения готовности к эффективной деятельности всех, кто может быть задействован в случае применения «Плана мероприятий по защите населения и персонала на случай гипотетической аварии на АЭС», для чего:

1. «План мероприятий...» должен периодически пересматриваться.
2. В соответствии с «Планом мероприятий...» должны проводиться учения.

Именно учения, а не тренировки, как это предусмотрено ОПБ-82 для проектных аварий. Хотя это и не исключает их совмещение. При этом в таких учениях должны участвовать все внешние организации, с которыми «План мероприятий...» был согласован.

Целью «Плана защиты населения и персонала на случай гипотетической аварии на АЭС», точнее его «сверхзадачей», по мнению автора, должно являться создание необходимых условий для выполнения основных принципов радиационной защиты, а именно:

- непревышение установленного для аварийного облучения основного дозового предела;
- исключение всякого необоснованного облучения;
- снижение доз облучения до возможно низкого уровня;
- а также предупреждение несчастных случаев. (В скобках уместно подчеркнуть, что если бы это требование было выполнено на ЧАЭС, то это, возможно, позволило бы спасти жизнь В. И. Ходемчуку или, по крайней мере, достойно его похоронить).

В соответствии с ОПБ-82 общее руководство работами по обеспечению безопасности атомных станций осуществляет эксплуатирующая организация. Для Чернобыльской АЭС до аварии – это было ВПО «Союзатомэнерго». Непосредственное руководство работами по обеспечению безопасности АЭС несет дирекция станции. «Государственный надзор за безопасностью атомных станций осуществляется:

- Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР (Госатомнадзором СССР) – за ядерной безопасностью;
- Государственным комитетом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Управлением по надзору в атомной энергетике) – за технической безопасностью;
- Министерством здравоохранения СССР (Государственным санитарным надзором) – за радиационной безопасностью».

В этой связи необходимо отметить следующее: в ОПБ-82 дано определение терминам «ядерная безопасность» и «техническая безопасность», но не дано определение термина «радиационная безопасность». То же самое относится и к терминам «защита населения при гипотетической аварии» и «защита персонала при гипотетической аварии». Это можно воспринимать как некую мелочь. Но, к сожалению, данная мелочь положила начало пренебрежительного отношения соответствующих

министерств и ведомств к проблеме гипотетических аварий на атомных станциях Советского Союза.

Действительно, проблема «Гипотетической аварии на атомных станциях» имеет два важнейших аспекта. В первую очередь – это недопущение (с определенной вероятностью) таких аварий на АЭС и во вторую – поддержание в постоянной готовности персонала станции, внешних организаций, населения, проживающего на территории, прилегающей к АЭС, и страны в целом, как показал «Чернобыль», к эффективным действиям при гипотетической аварии.

Кто должен осуществлять государственный надзор за каждым из перечисленных аспектов и за деятельностью по всей проблеме в целом в ОПБ-82 не указано. Но по духу этих правил за первый аспект должен отвечать Госатомнадзор, а за второй – неизвестно кто, так как для госнадзора эта ноша в полном объеме неподъемна. В конечном результате, за надзор над проблемой гипотетических аварий на АЭС в стране не отвечал никто. И проблема оказалась глубоко запущенной.

Из всего рассмотренного следуют выводы:

1. Общей причиной (по Горбачеву) того, что «Чернобыль» приобрел статус всемирно-исторического негатива является раздрай в государственной структуре обеспечения безопасности атомной энергетики Советского Союза.

2. Провал (по Рыжкову) в деятельности по защите населения и персонала на первом этапе Гипотетической (Максимальной Гипотетической) аварии на Чернобыльской атомной станции 26 апреля 1986 г. обусловлен целенаправленным блокированием заинтересованными министерствами и ведомствами положений ОПБ-82 в части подготовки соответствующих структур к гипотетическим авариям на АЭС.

3. Существенная задержка определения факта гипотетической аварии на ЧАЭС, в первую очередь, вызвана отсутствием приборного обеспечения для определения таких аварий, поскольку ОПБ-82 этого не требовали в силу некачественной проработки проблемы гипотетических аварий на АЭС в этих правилах.

И в заключение. Вывод Председателя Правительства СССР Николая Ивановича Рыжкова, который он сформулировал на «Чернобыльском заседании Политбюро», состоявшемся 3 июля 1986 г., оказался и полным и правильным. Вот этот вывод: «Мы к аварии шли. Если бы не произошла авария сейчас, она, при сложившемся положении, могла бы произойти в любое время». Для практического использования этого тезиса необходимо, в первую очередь, честно определить: «Кто такие МЫ?».

Литература:

1. Черняев А. С. Шесть лет с Горбачевым. – М.: Издательская группа «Прогресс» «Культура», 1993.

2. Блейк В. Б. 68 Стихи пер. с английского. – М, 1978.

3. Ленинградская АЭС, годы, события, люди. Под общей редакцией В. И. Лебедева. – М.: Энергоатомиздат, 1998.

4. Чернобыльский протокол Политбюро // Газета «Известия», 17.04.1993.

5. Москва-Чернобыль, Книга 1, к 12-летию катастрофы, под редакцией А. А. Дьяченко. – М.: Военноиздат, 1998.

6. Копчинский Г. А., Н. А. Штейнберг, Чернобыль, о прошлом, настоящем и будущем. – ББК 31.47 К 65УДК 621.039 (075.8).

7. Управление социалистическим производством, Словарь. – М.: Экономика, 1983.

8. Льюис Кэрролл. Охота на Снарка. – «РУКИТИС», 1991. ISBN 5-7110-0143-4

## ПРОЕКТ АДАПТАЦІЇ СИСТЕМИ JRODOS ДО УМОВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

М. І. Железняк<sup>1</sup>, **І. В. Ковалець**<sup>2</sup>, В. Раскоб<sup>3</sup>, Є.О. Євдін<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Український центр екологічних та водних проектів,  
м. Київ, 03187, просп. Глушкова, 42*

<sup>2</sup>*Інститут проблем математичних машин та систем НАН України,  
м. Київ, 03187, просп. Глушкова, 42*

<sup>3</sup>*Karlsruhe Institute of Technology,  
Germany, Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen*

**Annotation:** The proposal for the project of customization of the EU nuclear decision support system JRODOS for the conditions of Chernobyl Exclusion Zone (ChEZ) is presented. The proposal is motivated by the successful usage of the system after it's implementation in Ukraine, in particular, during fires in ChEZ in April–May, 2015. The project considers adaptation of the JRODOS system for assistance in solving key safety issues in ChEZ such as: 1) forest fires; 2) tornados, in particular for the area of the Chernobyl Cooling Pond; 3) flooding of contaminated territories; 4) re-criticality of spent fuel storage sites; 5) decommissioning of Chernobyl NPP and study if there are potential threats from accidents.

### **Вступ: Огляд системи JRODOS та її впровадження в Україні**

Комплексна система реального часу позаоб'єктного реагування на ядерні аварії RODOS була розроблена в проектах 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї і 7-ї Рамкових програм Європейської комісії ([www.rodos.fzk.de](http://www.rodos.fzk.de)). Завдання, виконувані системою RODOS, можуть бути охарактеризовані наступними чотирма рівнями:

1. Рівень 0: огляд і перевірка радіологічних даних разом з географічною і демографічною інформацією та подання тим особам, які приймають рішення.
2. Рівень 1: аналіз і прогнозування поточної й майбутньої радіологічної ситуації, що базується на інформації про джерело викиду, даних моніторингу (радіологічного, метеорологічного) і даних розрахунків моделей.
3. Рівень 2: моделювання потенційних контрзаходів (наприклад, укриття, евакуація, поширення йодних таблеток, переселення, дезактивація, заборона на окремі продукти харчування) для визначення їх ефективності, переваг і недоліків.
4. Рівень 3: оцінка та ранжирування альтернативних стратегій контрзаходів за рахунок балансування їхніх переваг і недоліків (наприклад, витрати, відвернена доза, зниження стресів), з урахуванням вимог осіб, які приймають рішення.



Співробітниками Інституту проблем математичних машин та систем НАН України (ІПММС) на базі розробленої інформаційної технології інтеграції математичних моделей до СППР розроблено систему JRODOS – нову кросплатформну версію системи RODOS, до якої інтегровані розроблені більш ніж у 20 європейських інститутах математичні моделі, бази даних, геоінформаційну систему для прогнозування та оцінки наслідків можливих радіаційних аварій із використанням інформації систем станційного радіологічного моніторингу, оперативних метеорологічних прогнозів або сценаріїв розвитку гідрометеорологічної ситуації (Ievdin et al, 2010).

У рамках програми міжнародного співробітництва у галузі ядерної безпеки (INSC) Європейська комісія разом із українськими бенефіціарами та кінцевими користувачами впроваджують проєкт, спрямований на покращення Національної системи ядерної безпеки шляхом постачання, інсталяції та адаптації до умов українських АЕС системи JRODOS. На сьогодні система JRODOS впроваджена в усіх установах, відповідальних за радіаційну безпеку в Україні. Схему впровадження системи JRODOS та інформаційні зв'язки між установами-користувачами системи показано на рис. 1:

- Оператор українських АЕС, ДП НАЕК «Енергоатом», який експлуатує 15 ядерних блоків на чотирьох майданчиках: Рівненській АЕС (РАЕС), Хмельницькій АЕС (ХАЕС), Запорізькій АЕС (ЗАЕС) та Южно-українській АЕС (ЮУЕС). Компанія підпорядкована Міністерству палива та енергетики, яке визначає політику щодо використання атомної енергії. Завдання НАЕК «Енергоатом» включають експлуатацію та модернізацію існуючих АЕС, будівництво нових ядерних блоків та забезпечення безпеки та надійності ядерних об'єктів. У випадку ядерної аварії на одній з АЕС НАЕК «Енергоатом» несе відповідальність за аварійну підготовку та проведення протиаварійних контрзаходів у 30-км зоні навколо АЕС.

- Державна служба України з питань надзвичайних ситуацій (ДСНС), яка відповідає за аварійне реагування та захист населення України на всій території України. За оперативне прогнозування наслідків природних катастроф відповідає Український гідрометцентр (УГМЦ) у складі ДСНС.

- Державна інспекція ядерного регулювання України.

Інсталяцію JRODOS здійснено на наступних майданчиках:

- у Ситуаційному центрі НАЕК «Енергоатом» у м. Києві, а також на кожній з АЕС: РАЕС, ХАЕС, ЗАЕС, ЮУЕС;

- у ДСНС, а саме у Київському відділенні УГМЦ та Нікопольському відділенні УГМЦ, розташованому за 15 км від ЗАЕС;

- при УГМЦ буде засновано Національний центр прогнозування радіологічних аварій (НЦПРА), в якому буде також встановлено систему JRODOS, а також систему прогнозування метеорологічних умов WRF-Україна (Гузій та ін, 2008, Anulich et al, 2014, Халченков та ін., 2015) для забезпечення системи JRODOS даними оперативної прогностичної метеорологічної інформації.

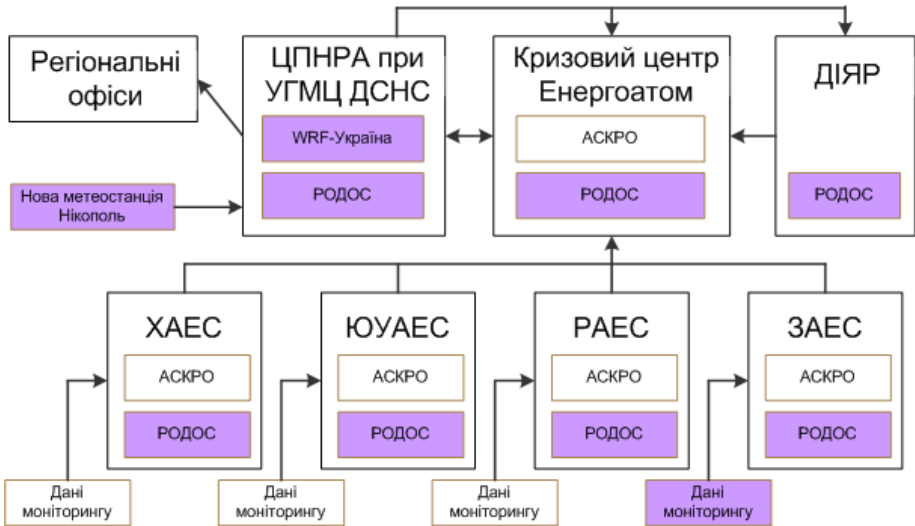


Рисунок 1 – Впровадження системи JRODOS в Україні

### Досвід застосування системи JRODOS під час пожеж у чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ)

Система JRODOS була застосована під час пожеж у ЧЗВ. 27 квітня 2015 р. у ЧЗВ сталася одна з самих масштабних пожеж за останні 20 років. Наявність оперативних науково-обґрунтованих прогнозів радіаційної обстановки під час пожежі могла бути ефективним засобом інформування стурбованої громадськості про реальні (незначні) масштаби можливих наслідків пожеж за межами ЧЗВ. Наближена оцінка інтенсивності викиду радіонуклідів при пожежі була отримана з робіт Kashparov et al. (2000), Талерко (2011), згідно з якими при згорянні одиниці площі лісу в Чорнобильській зоні у повітря потрапляє приблизно 4,5 % забруднення, що знаходиться на цій території. При зіп'явленні інтерактивної карти пожеж з картою забруднення 30-км зони інтенсивність джерела викиду була оцінена від  $Q_{\min} = 5 \cdot 10^4$  до  $Q_{\max} = 5 \cdot 10^5$  Бк/с. Прогноз радіаційної обстановки був складений від 29 квітня, о 6 год. ранку за Гринвічем. Передбачалося, що пожежа триватиме наступні чотири дні. У розрахунках використовувалися дані чисельного прогнозу погоди, обчислені системою WRF-Україна. Прогноз розповсюдження радіоактивності проводився за допомогою моделі дальнього переносу MATCH системи JRODOS (Kovalets et al., 2014).

Прогнозовані і фактичні зміни радіаційного фону за межами ЧЗВ були дуже незначні, але пожежі у ЧЗВ призвели до помітного (у 2–3 рази) збільшення середньодобових концентрацій цезію у повітрі далеко за межами ЧЗВ, у тому числі – на РАЕС та ХАЕС (Романенко та ін., 2015). Спостереження рівнів радіоактивного забруднення на ХАЕС та РАЕС потрапило в інтервал значень, спрогнозованих системою JRODOS (Ковалець та ін, 2015). Таким чином, підвищення концентрацій

цезію внаслідок пожеж у ЧЗВ було вперше правильно спрогнозоване за межами ЧЗВ на підставі використання сучасних моделей прогнозу погоди та розповсюдження атмосферних забруднень системою JRODOS.

### **Зміст проекту адаптації JRODOS для умов ЧЗВ**

Успішне використання системи JRODOS під час пожеж у ЧЗВ стимулювало подання заявки (у програму INSC Євросоюзу) на проект з адаптації цієї системи для підтримки рішень стосовно радіоекологічних загроз, пов'язаних з ЧЗВ. Були визначені наступні загрози, щодо яких застосування системи JRODOS може покращити управлінські рішення:

- лісові пожежі в забрудненій зоні відчуження;
- смерчі, особливо в області охолодження водойми-охолоджувача ДСП ЧАЕС (див., наприклад, Галерко та ін, 2013), коли буде зменшено рівень води і, таким чином, для вторинного підйому будуть розкриті та доступні сильно забруднені території (колишнє дно водойми-охолоджувача ДСП ЧАЕС);
- затоплення забруднених територій і подальше розповсюдження у річці та водойми (проблема з питною водою);
- повторна критичність майданчиків зберігання відпрацьованого ядерного палива – існуючого СВЯП-1 та майбутнього централізованого сховища для відпрацьованого ядерного палива всіх АЕС України;
- зняття з експлуатації ДСП ЧАЕС та вивчення можливості існування потенційних загроз від аварій під час цього етапу.

Щодо спостереження за іншими майданчиками, на яких розміщені радіоактивні відходи наслідків ліквідації чорнобильської катастрофи, то питання їх довгострокового моніторингу та можливої реабілітації доцільно розглянути в рамках інших спеціалізованих проектів, у т. ч. за підтримки ЄК, інших країн-донорів, зважаючи на часові рамки та існуючі невизначеності.

### **Лісові пожежі**

Існують дві опції роботи з лісовими пожежами у JRODOS. Перша опція базується на існуючих ланцюгах моделей у RODOS. Система містить моделі розрахунку переносу радіонуклідів в атмосфері. В систему вводиться джерело викидів. Існують емпіричні підходи щодо визначення потенційного джерела викидів як частини активності, яка може бути збурена пожежею. Однак, такий підхід більш належить до прогнозування за задалегідь підготовленими сценаріями подій, але має обмеження для застосування в режимі реального часу. Місця викидів зазвичай представляють площинне джерело. Площинні джерела не розглядаються зараз у JRODOS, але можуть додаватися до атмосферних моделей.

Друга опція заснована на використанні розширення моделі числового прогнозу погоди WRF для лісових пожеж. Цей спеціальний модуль, названий SFIRE, з відкритим вихідним кодом може використовуватися безкоштовно. Він надає можливість розрахувати розповсюдження пожежі по площі з урахуванням поточних властивостей лісу і метеорологічних умов. Ця модель була застосована до кількох пожеж у всьому світі. Однак, вимоги до вхідних даних цієї моделі є набагато вищими, ніж у першому, простішому підході. Тому було б варто порівняти обидва підходи і вирі-

шити на більш пізньому етапі, чи можливо реалізувати більш складну модель і пов'язані з нею бази даних. Для початку будуть використовуватися поточні карти забруднення, отримані в кінці 90-х рр.

Робота, яку треба виконати для опції 1:

- розширення JRODOS модулем для роботи з площинними джерелами;
- збір даних для Зони відчуження щодо (повинна бути визначені розміри області, яка включає ЧЗВ):
  - o схеми землекористування із зазначенням лісів,
  - o чисельність населення на прилеглих територіях;
- встановити виділений сервер у Центрі прогнозування наслідків радіаційних аварій (ЦПНРА) УГМЦ ДСНС України УГМЦ для обчислювання детального поля вітру за допомогою WRF для регіону ДСП ЧАЕС;
- інтеграція автоматизованих станцій моніторингу Чорнобильського Екоцентру до мережі радіаційних спостережень, інформація з яких обробляється в ЦПНРА УГМЦ ДСНС України;
- визначити джерела викидів різних класів пожеж для інтеграції до бази даних JRodOS. За емпіричними даними припускається, що у повітря потрапляє певна частина забруднення, яка знаходиться на цій території;
- встановлення зв'язку JRODOS у ЦПНРА УГМЦ з групою обробки супутникових даних УГМЦ для швидкої обробки супутникових даних із зон, де спостерігатимуться лісові пожежі.

### **Смерчі та застосування для водойми-охолоджувача**

Аналіз метеорологічних полів за результатами їх моделювання за допомогою WRF дозволяє прогнозувати появу сильних вітрів. Оцінка ймовірності виникнення смерчів та зон їх прояву є одним із оперативних завдань УГМЦ. У задачі 2 важливо оцінити потужність потенційного викиду (об'єм пилу та, з урахуванням його питомої активності, сумарну радіоактивність), що стає джерелом забруднення для певних класів смерчу. Ці загальні джерела викидів будуть зберігатися в базі даних JRODOS і, як тільки буде надходити попередження від УГМЦ, можна буде вибрати джерело викидів і ініціювати обчислення за поточною метеорологічною ситуацією.

Щодо зони водойми-охолоджувача, різниця буде лише в рівні забруднення поверхні, по якій проходить смерч.

Робота, яку необхідно буде виконати за умови, що буде реалізована одна з опцій лісової пожежі, вказується лише додаткова робота:

- визначення певних джерел викидів для класів смерчів (можливо на основі напівемпіричних підходів);
- використання в режимі реального часу ймовірності попередження і наперед визначених джерел викидів для певних класів смерчів для виконання оцінки в реальній ситуації;
- підключення попередження щодо смерчів до ЦПНРА.

При цьому можуть бути використані поточні моделі JRODOS. Розробка і впровадження спеціальної моделі для смерчів виходить за часові рамки даного проекту, але це можна розглядати як завдання на майбутнє.

## **Заплави**

Система JRODOS містить двовимірну модель, яка може бути використана для імітування повеней і затоплень при високих витратах води. Необхідна робота:

- налаштування моделі для запливи р. Прип'ять на ділянці м. Прип'ять – м. Чорнобиль;
- збір оновлених карт забруднення для заплив і водойми-охолоджувача ДСП ЧАЕС (за умови його висихання).

## **Зберігання відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) і критичність**

З початку роботи JRODOS з даним джерелом викидів його можливо використувати для будь-якої ядерної установки або об'єкта настільки, наскільки дані по джерелу викидів будуть надходити в систему. Для місць зберігання ВЯП однією з потенційних загроз є повторна критичність ВЯП. Характеристики джерела викидів для такої події до цих пір не впроваджені в системі.

Необхідна робота:

- переглянути літературні джерела і визначити потенційні джерела викидів для певних конфігурацій і місць зберігання відпрацьованого ядерного палива;
- додати нову категорію джерела викидів до JRODOS для відпрацьованого ядерного палива;
- внести розташування місць зберігання ВЯП, зокрема на майданчику ДСП ЧАЕС;
- адаптувати ці загальні джерела викидів до українського майданчику, як тільки він буде побудований (не є частиною цього проекту).

## **Виведення з експлуатації ДСП ЧАЕС**

Після завершення спорудження Нового безпечного конфайнменту (Арка) в найближчому майбутньому (за планами – у 2017 р.), об'єкт «Укриття» буде надійно ізольовано. Однак, необхідно мати належний рівень готовності до можливих аварій і можливих терористичних актів, які можуть відбутися – навіть з дуже низькою ймовірністю. Щоб оцінити наслідки такої події, JRODOS міг би використовуватися, за умови, що інші організації будуть надавати дані по джерелу викидів та динаміки його розповсюдження у ближній зоні.

Необхідна робота:

- внести ДСП ЧАЕС до списку АЕС з поточним описом радіонуклідів, що містяться в об'єкті «Укриття» та у сховищі ВЯП ректорів РБМК-1000, розташованого у СВЯП-1 «мокрого типу» на майданчику ДСП ЧАЕС поблизу об'єкта «Укриття»;
- внести джерела викидів від можливих сценаріїв аварії на об'єкті «Укриття» та СВЯП-1 і, в майбутньому, на Новому безпечному конфайнменті. Склад можливих викидів можна отримати з літературних джерел (наприклад, звіт DOE, 1994).

## **Інші місця зберігання відходів**

У зоні відчуження під час ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи були встановлені кілька майданчиків для зберігання відходів. Щоб працювати з ними, треба знати їх опис та розташування. Однак, тільки якщо забруднення може бути знов ремобілізовано, задача прогнозування радіонуклідів у навколишньому середовищі стане актуальною. Більш актуальним може бути місцеве забруднення, особли-

во ґрунту біля місць захоронення РАВ. Проте зараз це не є функціональністю RODOS.

Ця діяльність має високий інтерес у довгостроковій перспективі і, таким чином, можуть застосовуватися моделі ремедіації системи JRODOS. Для роботи з ними можна було б розробити окремий навчальний курс по моделях цього типу щодо застосування до таких майданчиків.

### **Висновки**

Отже, для виконання більшої частини запропонованої робочої діяльності необхідно виконати такі основні завдання:

- інтеграцію зони навколо ДСП ЧАЕС у JRODOS і створення спеціалізованої моделі поля вітру для ЧЗВ, схожою з відповідними прогностичними метеомоделями для інших чотирьох АЕС України;
- розширення атмосферного модуля JRODOS для роботи з зональними джерелами;
- збір даних для зони відчуження (повинна бути визначена область) – мінімальний набір:
  - o топографія,
  - o землекористування (схеми землекористування із зазначенням лісів),
  - o населення (чисельність та схема його розміщення у зоні відчуження та на прилеглих територіях);
- встановити виділений сервер в ЦПНРА УГМЦ для обчислювання детального поля вітру моделлю WRF для ЧЗВ;
- встановлення системи передачі даних системи автоматизованого моніторингу Екоцентр у ЦПНРА УГМЦ і системи для передачі метеорологічних прогнозів у центр моніторингу ЧЗВ Екоцентру в м. Чорнобиль;
- встановлення системи JRODOS, адаптованої для ЧЗВ у центр моніторингу ЧЗВ Екоцентру в м. Чорнобиль;
- встановлення системи JRODOS у центр моніторингу ЧЗВ Екоцентру в м. Чорнобиль;
- встановлення системи JRODOS, адаптованої для ЧЗВ в Інформаційно-кризовий центр Держатомрегулювання;
- встановлення системи JRODOS, адаптованої для ЧЗВ у ДСП ЧАЕС;
- встановлення лінії і системи передачі результатів розрахунків RODOS із ЦПНРА в офіс ДАЗВ у м. Києві;
- розробка методів і процедур для оцінки джерел викидів та їх інтеграція в систему JRODOS.

Якщо буде створена спеціалізована робоча група для розробки нових рекомендацій щодо українських процедур аварійної готовності та реагування, то наступним важливим компонентом такої рекомендації може бути офіційне призначення ЦПНРА ДСНС України українським центром надання даних до європейської системи радіаційного моніторингу EURDEP <https://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Basic/Pages/Public/Home/Default.aspx>. Український центр RODOS може передавати інформацію

від чотирьох систем АСКРО навколо кожної АЕС і системи автоматизованого моніторингу ЧЗВ у систему EURODEP. До того ж цей центр може обробляти інформацію по виконаному по всій країні моніторингу, надану закладами ДСНС України для використання в системі JRODOS, і передавати у EURODEP.

Перелік посилань:

1. Anulich S., Ievdin I., Kovalets I., 2014. Integration of the subsystem of meteorological forecasting based on WRF mesoscale model in frame of the EU nuclear decision support system JRODOS // Зб. Доп. IX-ї міжнар. науково-практичн. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2014», (Чернігів–Жукін, 23–26 червня 2014). – Чернігів: ЧДПЕУ, 2014. – С. 17–19.

2. (DOE, 1994) U.S. Department of Energy. 1994. DOE Handbook, *Airborne Release Fractions/Rates and Respirable Fractions for Nonreactor Nuclear Facilities*, Volume 1 - Analysis of Experimental Data. DOE-HDBK-3010-94, Washington, D.C.

3. Ievdin Ie., Trybushnyi D., Zheleznyak M., Raskob W., 2010. RODOS reengineering: aims and implementation details // Radioprotection. – 2010. – Vol. 45, N 5. – P. 181–189.

4. Kashparov V. A., Lundin S. M., Kadygrib A. M., Protsak V. P., Levtschuk S. E., Yoschenko V. I., Kashpur V. A., Talerko N. M., 2000. Forest fires in the territory contaminated as a result of the Chernobyl accident: radioactive aerosol resuspension and exposure of fire-fighters // Journal of Environmental Radioactivity, Volume 51, Issue 3, pp. 281–298.

5. Kovalets I. V., Robertson L., Persson C., Didkivska S. N., Ievdin I. A. Trybushnyi D., 2014. Calculation of the far range atmospheric transport of radionuclides after the Fukushima accident with the atmospheric dispersion model MATCH of the JRODOS system // Int. J. of Environment and Pollution. – 2014. – Vol. 54, No 2/3/4. – P. 101–109.

6. Гузий А. М., Ковалец И. В., Кушан А. А., Железняк М. И., 2008. Система численного прогноза погоды WRF-Украина // Математические машины и системы. – 2008. – № 4. – С. 123–131.

7. Ковалец И. В., Романенко А. Н., Анулич С. Н., Евдин Е. А. Прогноз радиационной обстановки во время пожара в Чернобыльской зоне отчуждения с использованием системы JRODOS // Зб. Пр. 10-ї дистанційної науково-практичної конф. з міжнар. участю «Системи підтримки прийняття рішень – СППР 2015», (Київ, 08 червня 2015 р.). – Київ: ПММС НАН України. – С. 62–65. – Режим доступу: [http://conf.atsukr.org.ua/conf\\_files/conf\\_dir\\_24/Kovalets\\_sppr2015.pdf](http://conf.atsukr.org.ua/conf_files/conf_dir_24/Kovalets_sppr2015.pdf)

8. Романенко А. Н., Ковалец И. В. Анулич С. Н., Евдин Е. А. Локализация источника радиоактивного выброса // Зб. Пр. 10-ї дистанційної науково-практичної конф. з міжнар. участю «Системи підтримки прийняття рішень – СППР 2015», (Київ, 08 червня 2015 р.). – Київ: ПММС НАН України. – С. 58–61

9. Талерко М. М., 2011. Реконструкція і прогнозування радіоактивного забруднення внаслідок комунальної радіаційної аварії за допомогою моделювання атмосферного перенесення (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС).

Автореферат дис. доктора тех. наук 21.06.01 Екологічна безпека. – 2011. – Київ, ІПБ АЕС НАН України. – 21 с.

10. Галерко Н. Н., Гаргер Е. К., Кузьменко А. Г., 2013. Прогнозная оценка трансграничного переноса радионуклидов вследствие прохождения смерча над водоемом-охладителем ЧАЭС // Проблемы безопасности атомных электростанций та Чернобиля. – № 20. – С. 85–93.

11. Халченков А. В., Ковалец И. В., Романенко А. Н. Адаптация метеорологической модели WRF для прогнозирования полей ветра вокруг Ровенской АЭС // Математичні машини та системи. – 2015. – № 1. – С. 130–137.

## APPLICATION OF THE COMPLEX OF ATMOSPHERIC TRANSPORT MODELS FOR ASSESSMENT OF IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF THE TERRITORIES OF FORMER URANIUM PRODUCTION

### ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСУ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСУ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТЕРИТОРІЙ КОЛИШНЬОГО УРАНОВОГО ВИРОБНИЦТВА

**Aleksander Kchalchenkov**<sup>1,2</sup>, Ivan Kovalets<sup>1,2</sup>, Christian Asker<sup>3</sup>, Tatiana Lavrova<sup>4</sup>, Sergey Todosienko<sup>4</sup>, Rodolfo Avila<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Mathematical Machines & Systems Problems NAS of Ukraine, Academician Glushkova Avenue 42, Kiev, Ukraine*

<sup>2</sup>*Ukrainian Centre of Environmental & Water Projects, Academician Glushkova Avenue 42, Kiev, Ukraine*

<sup>3</sup>*Swedish Meteorological & Hydrological Institute, Norrköping, Sweden*

<sup>4</sup>*Ukrainian Hydrometeorological Institute, prosp. Nauki 37, Kiev, Ukraine*

<sup>5</sup>*Facilia AB, Gustavslundsvagen 151 C, 167 51, Bromma, Sweden*

**Annotation:** In this work we present model setup and results of calculated concentrations of radioactive aerosols and radon at the territories of the former Pridneprovsky Chemical Plant in Ukraine. For the numerical description of a resuspension from the bare soil the approximate empirical formula (Loosmore and Hunt, 2000) was used. Satisfactory comparison of the simulated yearly averaged radon concentrations with measured values above West tailing were obtained. Calculated radon concentrations above Central Yar and South East tailings were underestimated by the factor of about 2 as compared to measurements. Simulations had been carried out with the aid of US EPA CALMET/CALPUFF model chain. The excellent coincidence of measured and calculated radon concentrations was demonstrated for some of the tailings while for another tailings radon concentrations are most likely to be dominated by the external sources. Concentrations of radioactive aerosols – <sup>226</sup>Ra and <sup>238</sup>U are well reproduced in simulations for all tailings.

**Keywords:** Calmet, Calpuff, atmospheric dispersion, tailings, radon, radioactive aerosols.



**Introduction.** The Pridneprovsky Chemical Plant (PChP) processed uranium ore between 1948 and 1991. As a result of the uranium ore processing, there are about ten tailing dumps inside. In total about 42 106 tonnes of radioactive material are dumped on these tailing sites. In present time PChP is split into several separate companies and processing of uranium is stopped. Despite a stop of uranium production, people continue to work at the territory of the plant. And besides, the living zone is at distance less than one kilometre from the tailings of PChP. Radon emission and radioactive aerosols from the contaminated territories may constitute potential health hazard to the nearby population. In this work the contaminated territory of industrial site of PChP and two tailings («Sukhachivske», «Base C») located outside the city are considered. Below we describe the adjusted source of radon and radioactive aerosols for PChP, and we describe the main results of the simulations of concentrations for this site. Simulations had been carried out with the aid of US EPA CALMET/CALPUFF model chain.

**Representation of radon sources.** The basic modelling approach is the same which was used previously for modelling of radon atmospheric dispersion at the PChP industrial site (Kovalets et al. 2010, Kovalets et al, 2013) however in this work additional sources of radon were taken into account as described below. The modeling study was performed on the basis of measurement data collected during previous measurement campaigns at the contaminated territory. Each tailings pond was divided into sectors with a typical average value of emissions. In each sector, the emission was obtained by taking all samples within the sector, regardless of value and timestamp. Sectors shown in Fig. 3 were manually subdivided onto quadrangles, the coordinates of the vertices and centre mass of each quadrangle were calculated and input into the model together with the emission rates of the corresponding sectors.

Natural emission of radon from the territories is taken into account by adding background concentration values to the results of simulations. Radon background is about 20–70 Bq·m<sup>-3</sup> for the area (Voitsekhovich et al., 2010). In this paper a background value of 45 Bq·m<sup>-3</sup> was assumed.

Apart from the there are other tailings and contaminated territories at the PChP site. However there is a lack of emission data for them. Therefore generic values of emission rates were assumed for these tailings following previous study of Asker and Persson (2013). For ‘Dniprovske’ tailings an emission rate of 0.5 Bq·m<sup>-2</sup>sec<sup>-1</sup> was assumed for an area of 600 000 m<sup>2</sup>. For ‘Lazo’ tailings, an emission rate of 0.2 Bq·m<sup>-2</sup>sec<sup>-1</sup> was assumed, for an area of 20 000 m<sup>2</sup>. Furthermore, it is likely that other areas than the tailings contribute to the <sup>222</sup>Rn emissions. Such areas are the storage pools between tailings ‘Zapadnoe’ and ‘Central Yarr’. Monitoring data suggest high emissions for these areas. For the storage pools, an area of about 21 000 m<sup>2</sup> an emission rate of 2.0 Bq·m<sup>-2</sup>sec<sup>-1</sup> was assumed. In addition, a background emission rate for the whole PChP area was assumed to be 1.0 Bq·m<sup>-2</sup>sec<sup>-1</sup>. The motivation for this final overall addition is that likely the whole industrial area is contaminated, either from the ore processing or from handling of ore materials and handling of the processed materials.

**Representation of aerosols sources.** For the detailed description of a source the territory of plant was approximated by a set of quadrangular sources. Separate quadrangles were built so that as much as possible to describe the real objects of the plant

(buildings, sections of tailings, storage ponds) from the one side and to match the territories of the same land use category from another side, since it is the land use category. For example, the set of the quadrangular sources and the land use of the territories surrounding tailings is shown in Fig. 1.



Figure 1 – Dividing of tailings ‘Zapadnoe’ (A), ‘Central Yarr’ (B) and ‘Yugo-Vostochnoe’ (C), Sukhachivske and Base C (D) onto sectors

Mass flux of dust was calculated using relationships describing resuspension of particles taken from literature. For the numerical description of a resuspension from the bare soil the approximate empirical formula was used (Loosmore and Hunt, 2000):

$$F = 3.6 \times (U_*)^3. \quad (1)$$

Here  $F$  is the dust flux of PM10 (in  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$ ),  $U_*$  is the friction velocity (in  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

The formula (1) is to be corrected for the other surfaces than bare soil. Therefore, similarly to general methodology we introduced adjustment factors (Countess, 2001 and Pace, 2005). Final formula becomes:

$$F = 3.6 \times (U_*)^3 (1 - CLF)(1 - CF). \quad (2)$$

Where  $CLF$  (fraction of closing) – fraction of a source without emission of dust (there located subgrid objects, such as buildings or water, 1.0 is completely closed source);  $CF$  – is a «Capture Fraction», it is fraction of a source’s mass emissions captured by the vegetation (or other surface obstructions). The value of  $CF$  depends on the land-use category and it equals to 0 for a barren landscape and  $CF = 1$  within a dense forest. In Calpuff calculations the time-dependent resuspension rate was pre-calculated using the value of friction velocity which was taken from preliminary calculation of Calmet model.

The flux of radioactivity  $F_q$  [ $\mu\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ] is obtained by multiplication of mas flux  $F$  on contamination  $C_s$  [ $\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ ] in upper layer of soil:

$$F_q = F \times C_s \quad (3)$$

The values of  $C_s$  were taken on the basis of measurements and were different for different sectors.



Figure 2 – Approximation of the territory of plant by means of elementary quadrangular sources

For the Sukhachivske and Base C site the methodology similar to the above was used. The territory was divided onto sections similar to that which were used when modeling of radon emissions (Fig. 1 D).

**Result of simulations from aerial sources.** Calculations by a meteorological preprocessor Calmet were carried out for both PChP and Suhachivske sites using measured meteorological data for a period 2008–2013. The time step of 1 hour was used in calculations. Topography data was obtained from the SRTM database (Farr et al., 2007) which had (3-arc-second Resolution) horizontal resolution. For calculation of meteorological fields at the PChP industrial site the grid  $40 \times 40$  nodes with a step of 0.2 km was used. For calculation of meteorological fields around the Suhachivskestite the grid  $40 \times 40$  nodes with a step of 0.5 km was used. Categories of land use were taken from a set MODIS Land Use Categories (resolution 15 seconds). Table 1 presents the measured and calculated concentrations of radon for different tailings.

Table 1 – Modeled radon activity concentration ( $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ ) averaged for the year 2009 for different tailings different emission scenarios and different dispersion models

| Region   | ‘Zapadnoe’ | ‘Central Yarr’ | ‘Yugo-Vostochnoe’ | Bld. N. 103 | ‘Sukhachivske’ | ‘Base C’ |
|----------|------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|----------|
| Measured | 145        | 240            | 180               | 125         | 90             | 120      |
| CALPUFF  | 125        | 132            | 90                | 88          | 91             | 118      |

Example of concentration fields of radioactive aerosol ( $^{226}\text{Ra}$ ) for the territory of industrial site are presented at Fig. 3, while the summarized results are given in Table 2. It should be noted that measurements represent total suspended particles (TSP), while calculations were performed for PM10. Therefore the concentration values presented in table 9 were obtained by multiplying calculated concentrations of PM10 by the factor of 2 to compare with measurements of total suspended particles and according to recommendations of (US EPA AP42), chapter 13.2.5 'Industrial Wind Erosion'. Minimum and maximum calculated values reported in table are minimum and maximum yearly average values within corresponding sector. As follows from the data presented in Table 2 calculated concentrations of both  $^{238}\text{U}$  and  $^{226}\text{Ra}$  are somewhat underestimated but generally agree well with measurements. The same results of the same quality are received for Sukhachivske site.

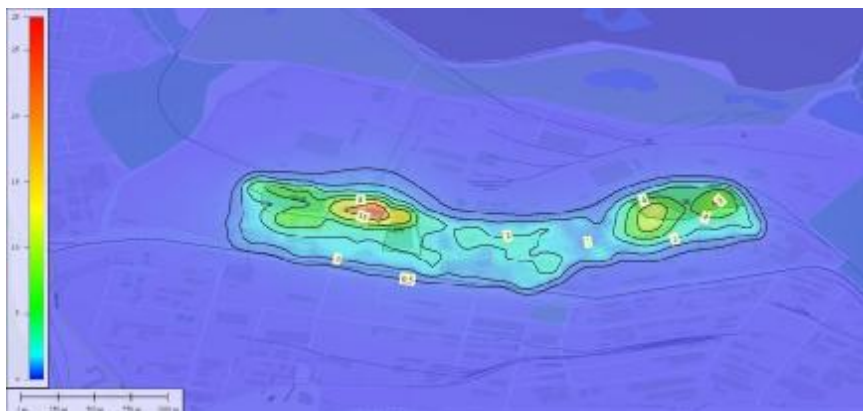


Figure 3 – Concentrations of  $^{226}\text{Ra}$  radioactivity in aerosols ( $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) at the PChP industrial site

Table 2 – Volume concentration of a radioactive aerosol in air

|      |      | $^{238}\text{U}, \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ |                                 | $^{226}\text{Ra}, \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ |                                 |
|------|------|--|---------------------------------|---|---------------------------------|
|      |      | Meas   | Calpuff                         | Meas  | Calpuff                         |
| West | 2010 | 11.0   | From 1.0 to 3.8<br>Mean = 2.0   | 9.0   | From 3.0 to 11.2<br>Mean = 7.6  |
|      | 2011 | 6.0  |                                 | 7.0   |                                 |
| CY   | 2009 | 10.0   | From 2.4 to 43.6<br>Mean = 10.0 | 9.0   | From 4.0 to 41.8<br>Mean = 12.6 |
|      | 2010 | 12.0   |                                 | 18.0  |                                 |
|      | 2011 | 22.0   |                                 | 21.0  |                                 |
| SE   | 2009 | 5.0  | From 2.0 to 16.8<br>Mean = 7.0  | 6.0   | From 3.2 to 26.6<br>Mean = 11.4 |
|      | 2010 | 6.0  |                                 | 6.0   |                                 |
|      | 2011 | 3.0  |                                 | 10.0  |                                 |

**CFD modelling of air pollution from the contaminated territories.** Besides the radioactivity stored in uranium tailings, some buildings at the industrial site of PChP are highly contaminated while being close (~10 m) to some working enterprises and also not far (~1 km) from the living zone. Assessment of air pollution in close vicinity of such buildings requires application of computational fluid dynamics (CFD) models. First works on application of CFD models for assessment of air pollution in the vicinity of contaminated buildings and uranium mill tailings were performed with the usage of CFD model operating on structured Cartesian grid (Kovalets, 2011). The drawback of such approach became clear since there are several places in which local increase of resolution is necessary, and this requires usage of unstructured grid. Therefore such work started recently (Khalchenkov and Kovalets, 2014), however the domain of simulations was still restricted to vicinity of a few most buildings in PChP industrial area. The scenario of contamination release due to ventilation from the windows of contaminated building was calculated with Open Foam model for all possible wind directions and wind speeds and based on those results the annual doses for the personnel working in the vicinity of contaminated buildings was calculated (Bushnea et al, 2014).

In future work we intend to perform simulations in mesoscale domain covering the whole PChP industrial area with sufficiently fine grid resolution (5–10 m) as well as the nearby regions of Dniprodzerzhinsk city with grid resolution increased up to 2 km (Fig. 4). The unstructured grid allowing such combined local- and mesoscale modelling is also presented at Fig. 4. The stationary atmospheric dispersion problem corresponding to the case of accidental atmospheric dispersion scenario (e. g. spill of radioactive material during transportation) is solved. The total number of nodes in unstructured grid is about  $5 \times 10^6$ . Computational time required for the solution of the forward stationary atmospheric dispersion problem is about 1 day on 1 node with 7 cores, 2.5 GHz.

**Conclusions.** In this work we presented model setup and results of calculations of yearly average concentrations of radioactive aerosols and radon at the PChP industrial site and Suhachivske site. Simulations had been carried out with the aid of US EPA CALMET/CALPUFF model chain.

For simulations of radon emission the available measurement data of radon emission rates taken on the territories of tailings and in the close vicinity around tailings were used. Emission of radon from the territories of the PChP industrial site outside tailings had been set to  $1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$ . Such approach allowed obtaining satisfactory comparison of the simulated yearly averaged radon concentrations with measured values above West tailing. Calculated concentrations above Central Yar and South East tailings were still underestimated by the factor of about 2 as compared to measurements. The excellent coincidence of measured and calculated radon concentrations was demonstrated for Suhachivske and Base C tailings.

Simulations of air pollution by radioactive aerosols was carried out by using empirical formulas for PM10 resuspension rates depending on wind velocity and land use category. The emission of radioactivity was estimated using PM10 emission rate multiplied on soil contamination of the corresponding territory which was estimated from measurements. Territories of tailings and surrounding areas were subdivided onto elementary subsources and for each elementary subsource time dependent resuspension rate was calculated. From

the presented comparisons of calculated results with measurements it could be concluded that concentration of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{238}\text{U}$  is well reproduced in simulations at the territory of Suhachivske tailing. Calculated concentrations at Base-C tailing are somewhat overestimated. At the territories of West, South-East and Central Yar tailings simulated results agree with observations for both  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{238}\text{U}$ .



Figure 4 – Computational domain and unstructured grid for Open Foam application on a range of scales (from local to mesoscale) at the territory of PChP. Upper – full extent of the domain, covering PChP industrial area and living zone of nerby Dniprodzerjinsk city; bottom – grid at the industrial site of former PChP (resolution down to 5 m)

The presented results confirm that the developed methodology could be adapted and used for estimation of the influence of contaminated territories and tailing ponds on air pollution due to resuspension in the vicinity of such facilities. In future work we intend to perform simulations with CFD model in mesoscale domain on unstructured grid covering the whole PChP industrial area with sufficiently fine grid resolution to resolve air flow and contamination patterns in the vicinities of contaminated buildings as well as the nearby regions of Dniprodzerzhinsk city with grid resolution increased up to 2 km.

**Acknowledgements.** This work was supported by the ENSURE-II project funded by the Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) and by the EC INSC Project U4.01/10G – Development of the method (strategy, technology) for the remediation activities at the former uranium facility «Pridneprovskiy Chemical Plant», EuropeAid/134871/C/SER/UA. Participation of I. Kovalets and A. Khalchenkov had been also funded by the Grants of Prezident of Ukraine Ф62, Ф66.

#### References:

1. Asker, C. and C. Persson, 2013: Inverse modeling of  $^{222}\text{Rn}$  for the former Pridneprovsky Chemical plant, Report no 2013-71, Swedish Meteorological & Hydrological Institute.
2. Buschnea, A., O. Voitsekhovich, T. Lavrova, I. Kovalets, A. Khalchenkov, S. Todosienko, 2014. Hazard Characterization and Safety Assessment of the Building no. 103. Technical Report of Ensure-2 Project, DOI: 10.13140/2.1.2043.4563. .
3. Countess, R., W. Barnard, C. Claiborn, D. Gillette, D. Latimer, T. Pace, J. Watson, 2001: Methodology for estimating fugitive windblown and mechanically resuspended road dust emissions applicable for regional scale air quality modeling, Final Report for WGA Contract No. 30203-9.
4. Ecomonitor, 2010: Report on monitoring of changes of environmental conditions of the facilities of uranium industry and assessment of their impact on environment. (Ed., O. Voitsekhovich) Report prepared by 'Ecomonitor', LLC to the State Entertprize of Ukraine 'Barrier' according to the Contract No. 43 from 24.11.2010. – Kyiv, Ukraine, 2010 [in Russian].
5. Farr, T. G., P. A. Rosen, E. Caro et al., 2007: The shuttle radar topography mission. – Reviews of Geophysics. – 45 (2), art. no. RG2004.
6. Khalchenkov A. V., Kovalets I. V. Usage of computational fluid dynamics model OpenFoam for assessment of contaminated buildings' influence on surrounding territories. Mathematical Machines & Systems, No. 2. – 2014. – p. 97–104 [in Russian].
7. Kovalets, I. V., M. I. Zheleznyak, A. V. Khalchenkov, O. I. Udovenko, T. V. Lavrova, 2010: Numerical modelling of radon atmospheric dispersion around uranium mill tailings. – Electronic Modelling (32) No3. – pp. 67–82 [in Russian].
8. Kovalets I.V., 2011. Computational fluid dynamics model of pollutant atmospheric dispersion around buildings. Proc. of Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering. – No. 57. – p. 3–10 [in Russian].
9. Kovalets, I., A. Khalchenkov, T. Lavrova, 2013: Modelling of the atmospheric dispersion of radionuclides from the uranium processing facilities of the former pridneprovsky chemical plant in Ukraine. Proceedings of the 15th International

Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, HARMO 2013. – p. 212–216.

10. Loosmore, G.A. and J.R. Hunt, 2000: Dust resuspension without saltation, J Geophys Res. 2000, 105(D16), pp. 20663–20672.

11. Pace, T.G., 2005: Methodology to Estimate the Transportable Fraction (TF) of Fugitive Dust Emissions for Regional and Urban Scale Air Quality Analyses, US EPA (8/3/2005 Revision).

12. US EPA, 1995: Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors (<http://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch13/final/c13s0205.pdf>).

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

**С. В. Свитус**

*ГСП «Чернобыльская АЭС», Украина*

26 апреля 1986 года в 1 час 23 мин. 49 сек. по московскому времени на 4-ом энергоблоке ЧАЭС произошла крупнейшая за историю атомной энергетики авария, в результате которой была полностью разрушена активная зона реактора и повреждено большинство несущих строительных конструкций реакторной части энергоблока (рис.1).

*Реакторное отделение (блок «Б»)*. В результате аварии активная зона реактора разрушена полностью, схема «Е» сорвана с места и развернута над шахтой реактора. Состояние бетонной шахты реактора, схем «ОР», «С», а также трубопроводов ВК и РГК не определено, в связи с трудностью доступа к ним из-за высокой радиационной обстановки.

*Центральный зал (ЦЗ) реакторного отделения блока* – разрушен, сорваны кран, РЗМ и плитный настил над шахтой реактора. ЦЗ, включая бассейны выдержки отработавшего топлива и шахту реактора, завален разрушенными строительными конструкциями, а также песком, свинцом и другими материалами, сброшенными после аварии.



Рисунок 1 – Состояние разрушенных конструкций блока «Б» II-й очереди ЧАЭС



Строительные конструкции боксов баков ГЦН и шахты опускных трубопроводов, выполненные в прочноплотном исполнении и рассчитанные на аварийное избыточное давление, не разрушены.

*Деаэрационная (блок «Д»).* На верхних отметках (выше отм. +38.00) деаэрационной имеют место локальные разрушения перекрытия и стен, а также смещение части колонн в сторону машинного зала.

*Машинный зал (блок «Г»).* В результате динамических воздействий и пожара на кровле смещены колонны со стороны блока «Д», подверглись деформации соответствующие фермы перекрытия, частично повреждена кровля.

*Блок «ВСПО»* – имеет разрушения строительной части, оборудования и трубопроводов только со стороны баллонной САОР, в осях 41-44, Т-Ш.

*Баллонная САОР* – разрушена полностью и завалена строительными конструкциями с блоков «Б» и «ВСПО».

### **Особенности проектирования и строительства защитного саркофага**

После проведения экстренных мероприятий стала очевидной необходимость изоляции разрушенного реактора на длительный период для уменьшения его воздействия на окружающую среду. Так же важно было защитить остатки разрушенного реактора от воздействия на него окружающей среды.

В середине мая 1986 г. Правительственная комиссия приняла решение о долгосрочной консервации разрушенного 4-го блока.

Проектирование защитного саркофага (объекта «Укрытия») началось 20 мая 1986 г. Строительство длилось 206 дней и ночей с июня по ноябрь 1986 г.

Реализация данного задания осложнялась чрезвычайно высокими полями гамма-излучения, отсутствием достоверной информации о степени разрушения и состоянии конструкций 4-го блока, отсутствием опыта ликвидации подобных аварий в мировой практике.

Проектирование ОУ осуществлялось при отсутствии сколько-нибудь полной информации о послеаварийном состоянии конструкций блока.

Особенности сооружения ОУ в условиях высоких радиационных полей обусловили специфику применяемых конструктивных решений и строительных конструкций, которая состоит в том, что изготовление конструкций осуществлялось различными предприятиями бывшего СССР, доставлялись крупными элементами на промплощадку ЧАЭС, а их монтаж производился, как правило, дистанционно и качество прилегания опорных частей конструкций проконтролировать было невозможно (рис. 2).

Объект «Укрытие» был построен в течение 5 месяцев.

В ходе строительства было уложено около 400 тыс. м<sup>3</sup> бетона, смонтировано более 7 тыс. тонн металлоконструкций, снято и перемещено 90 тыс. м<sup>3</sup> грунта.

### **Ввод в эксплуатацию объекта «Укрытие»**

30 ноября 1986 г. Государственная приемочная комиссия приняла на техническое обслуживание законсервированный энергоблок № 4 Чернобыльской АЭС.

Основным недостатком сооружения является неопределенная прочность опор, балок объекта «Укрытие». Что касается новых конструкций – балок, трубного наката над центральным залом, стальных щитов покрытия и др. – они были запроекти-

рованы и выполнены в соответствии со строительными нормами и правилами. В представленном Государственной Комиссии 11 октября 1986 г. заключении, сказано: «Учитывая низкую скорость коррозии в условиях работы конструкций, при выполненных защитных покрытиях можно считать обеспеченным срок службы их:

- из труб – 30–40 лет;
- из балок – 30 лет».

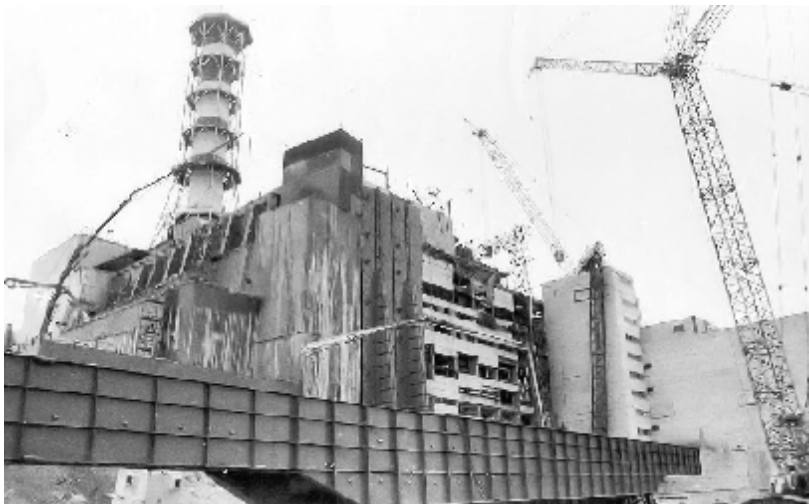


Рисунок 2-1 – Балка «Мамонт», доставленная на площадку

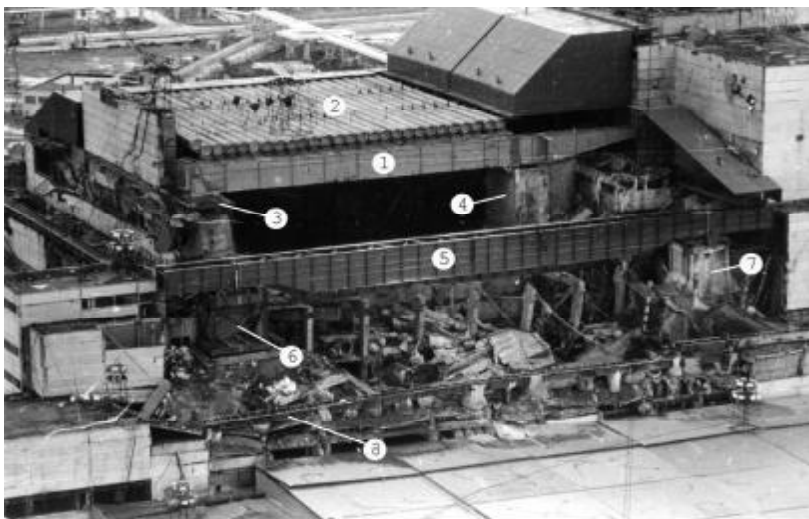


Рисунок 2-2 – Балка «Мамонт» (5), смонтирована на западную (металлическую) (6) и восточную (бетонную) (7) опоры

Иногда, ошибочно, эти сроки считаются проектными требованиями к надежности и считают сроком функционирования объекта «Укрытие». На самом деле срок 30 лет не касается непосредственно всего объекта «Укрытие», а касается исключительно только вновь возведенных, в процессе строительства ОУ в 1986 г., его элементов. Таким образом, по состоянию внутренних строительных конструкций «Укрытие» является объектом с неопределенным сроком эксплуатации.

### Локализирующее сооружение

В сфере регулирования радиационной безопасности персонала, населения и окружающей природной среды объект «Укрытие», по своему функциональному назначению, квалифицируется как место поверхностного хранения неорганизованных РАО (временное хранилище неорганизованных РАО, находящееся в стадии стабилизации и реконструкции).

К сооружениям и системам управления запроектной аварией ОУ, выполняющим функции безопасности, относится «Локализирующее сооружение».

Локализирующее сооружение объекта «Укрытие» представляет собой сочетание «старых» (проектных, доаварийных) конструкций разрушенного энергоблока № 4, «новых» конструкций возведенных после аварии в 1986–1989 гг. и застabilизированных в 2006–2008 гг. конструкций (рис. 3).

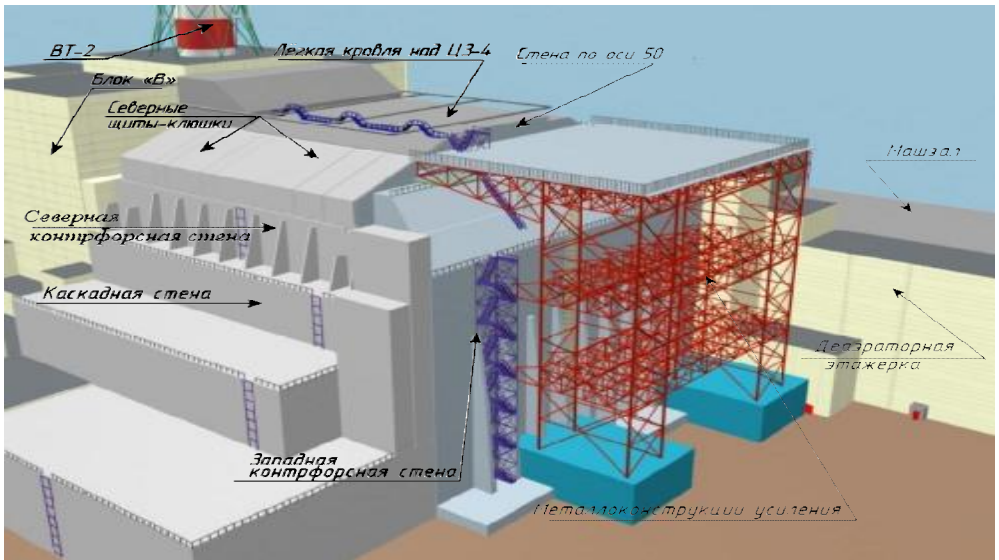


Рисунок 3 – Состав локализирующего сооружения

В состав локализирующего сооружения входят:

- сохранившиеся стены и перекрытия блоков Б, В, машзала, ДЭ, ВСРО, отделенные от 3-го энергоблока разделительными стенами в осях 39–41, рядах А–Ю;
- наружная оболочка, состоящая из вновь сооруженных перекрытий над ЦЗ, ДЭ, машзалом, контрфорсной и каскадной стен, подпорных стен с грунтовой засыпкой;

- фундаменти металлоконструкций усиления в осях 55–57, рядах «Ж» и «П»;
- пространственные металлоконструкции усиления (МКУ) в осях 50-57, рядах «Ж»–«П» в отм. +14.00 ÷ +63.20.

### **Оценка состояния строительных конструкций**

Оценка состояния строительных конструкций осуществляется такими методами:

- визуальным осмотром;
- инструментальными инженерно-геодезическими измерениями;
- обследованиями специализированными организациями;
- эксплуатацией интегрированной автоматической системой контроля (ИАСК) – введена в эксплуатацию в 2016 г.

*Визуальный осмотр.* Визуальный осмотр конструкций объекта «Укрытие» и их узлов, оставшихся после взрыва, а также стабилизационных конструкций и МКУ проводится с целью выявления трещин, сдвигов и повреждений, обнажения арматуры, коррозии металла, которые вызывают утрату прочности или устойчивости несущих конструкций объекта «Укрытие» (рис. 4.)



Рисунок 4 – Визуальный осмотр конструкций

В период с 1986 г. по 1992 г. визуальный контроль состояния конструкций проводил генеральный проектировщик ПО ВНИПИЭТ. С 1992 г. по настоящее время визуальный контроль проводится силами персонала Чернобыльской АЭС. Перечень ответственных строительных конструкций, в который включены конструкции и узлы, составляющие оболочку объекта «Укрытие» отделяющую РАО от окружающей среды и конструкции, которые поддерживают наружную оболочку, определен генеральным проектировщиком ПО ВНИПИЭТ, уточнен в 1995 г. НИИСК и дополнен в 2008 г. проектировщиком стабилизационных мероприятий – консорциумом КСК.

Визуальному осмотру подлежат:

– 17 конструкций, возведенных в 1986–1988 гг. Начало наблюдений – 1986–1988 гг., периодичность не реже 1 раза в год определена генпроектировщиком – ВНИПИЭТ;

– 8 конструкций стабилизации, возведенных в 2006–2008 гг. Начало наблюдений – 2008 г., периодичность не реже 1 раза в год определена генпроектировщиком – КСК.

*Инструментальные инженерно-геодезическими измерения.* Основная цель – наблюдение за деформациями и осадками ОУ и отдельных его элементов, определение величин горизонтальных и вертикальных перемещений контрольных марок, установленных снаружи и внутри объекта «Укрытие» (рис. 5).

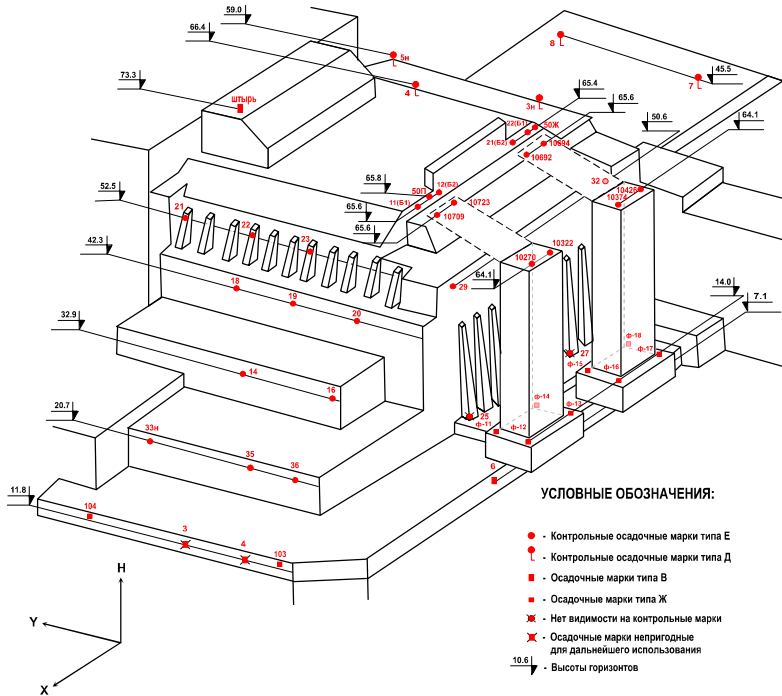


Рисунок 5 – Контрольные геодезические марки ОУ

В период с 1986 г. по 1992 г. геодезический контроль проводила Комплексная экспедиция № 143 ПО «Инженерная геодезия» г. Новосибирска (до 1995 г.), с 1996 г. геодезический контроль осуществляется силами Украинских специализированных организаций по настоящее время, с такой периодичностью:

- Наблюдение за осадками и деформациями объекта «Укрытие» проводится по 64 геодезическим маркам. Начало наблюдений – 1986 г., по МЗ-4 с 2013 г., периодичность 1 раз в квартал определена генпроектировщиком ПО ВНИПИЭТ.

- Инженерно-геодезические работы по выполнению инструментальной съемки железобетонного каркаса деаэрационной этажерки ОУ проводятся по 26 геодезическим маркам. Начало наблюдений – 1987 г., периодичность 1 раз в полгода определена генпроектировщиком ПО ВНИПИЭТ.

В настоящее время при наблюдении за деформациями и осадками ОУ используются GPS-технологии и приборы, обеспечивающие высокую точность. Каждая из марок проверяется из 4-х разных пунктов сети GPS, что исключает все ошибки и неточности (рис. 6).

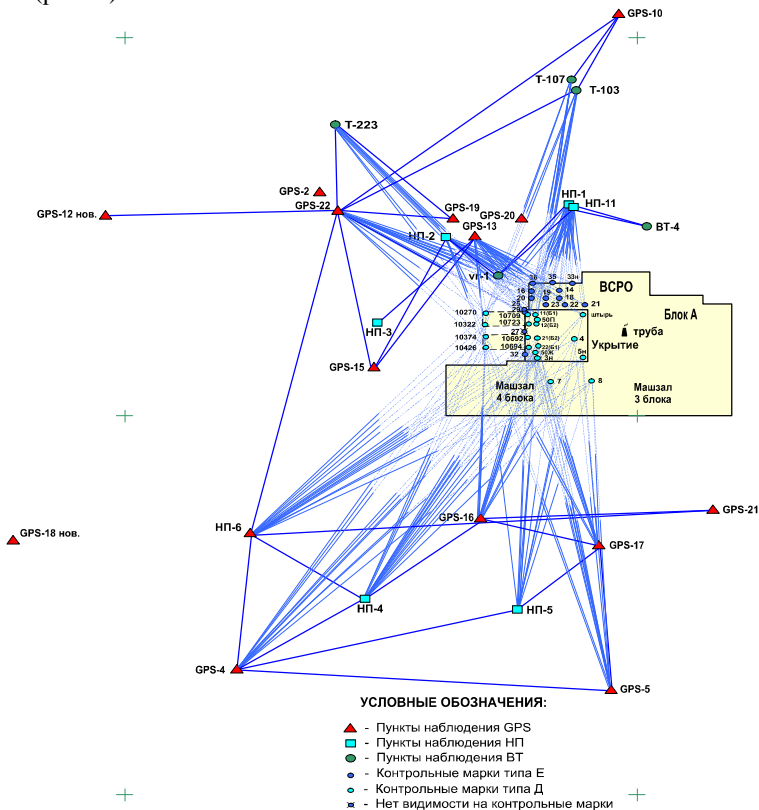


Рисунок 6 – Наблюдательная геодезическая сеть ОУ

*Обследованиями специализированными организациями.* Цель работы – получение достоверных данных о фактическом состоянии ответственных строительных конструкций и рекомендаций по их дальнейшей эксплуатации.

Обследования, в том или ином виде, проводятся практически непрерывно с момента аварии с привлечением различных специализированных организаций.

В рамках обследований были выполнены:

- натурные обследования конструкций с целью фиксации повреждений и дефектов;
- измерения прочности конструктивных материалов неразрушающими видами контроля (ультразвуковой и вибродинамичный);
- разработка компьютерной модели и выполнение поверочных расчетов несущей способности при динамических и статических нагрузках;
- оценка рисков отказов строительных конструкций;
- разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации;
- составления перечня неотложных мероприятий по усилению нестабильных конструкций (при необходимости).

В результате обследований определены задачи текущей эксплуатации ОУ, вид, способы и периодичность осмотров и наблюдений. Кроме других, разработаны необходимые для текущей эксплуатации объекта – «Перечень ответственных строительных конструкций», 120 паспортов ответственных строительных конструкций и элементов, а также машинного зала, «Программы геодезических наблюдений».

В последнее время были выполнены следующие работы:

- в 2013 г. проведены обследование строительных конструкций силами ГП НИИСК и ИПБ АЭС для определения перечня конструкций, подлежащих раннему демонтажу в рамках реализации проекта «ПК-2 НБК»;
- В 2014 г. проведены обследование строительных конструкций машинного зала 4-го энергоблока силами ГП НИИСК и ИПБ АЭС.

### **Обобщенные результаты**

*Визуальный контроль.* Обобщенные результаты визуального контроля:

- за период наблюдений с 1986 по 2016 г. в доступных осмотрам строительных конструкциях существенных изменений не зафиксировано, что свидетельствует об их относительной стабильности;
- под воздействием атмосферных явлений продолжается процесс коррозии металлоконструкций и оголенных участков арматуры железобетонных конструкций.

*Инструментальные измерения.* Обобщенные результаты инструментальных измерений:

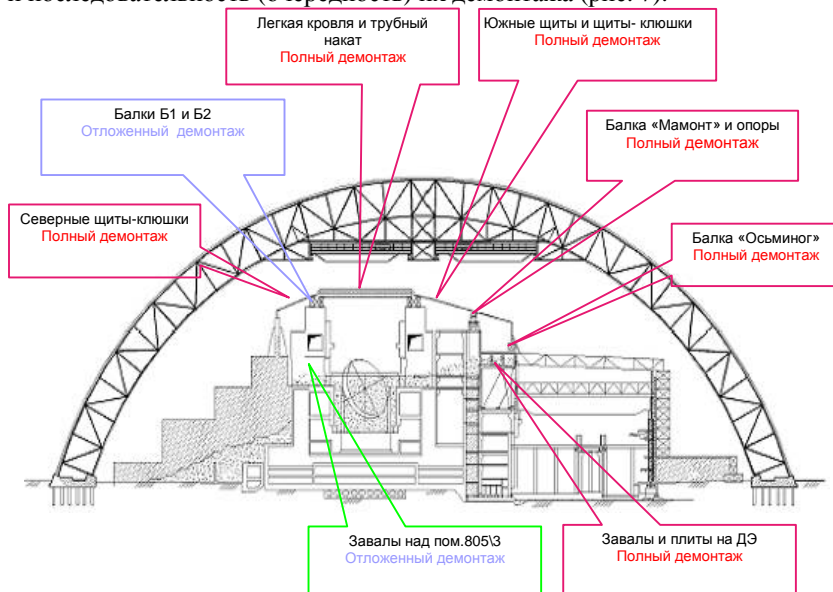
- за период наблюдений с 1986 по 2016 г. превышений контрольных уровней не зафиксировано, однако констатируется продолжение деформационных процессов.

### **Переоценка состава нестабильных конструкций**

В ходе работ по обследованию строительных конструкций в рамках проекта «Разработка рабочего проекта ПК-2 НБК – Инфраструктура для демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» была получена недостающая

інформации и уточнены данные, необходимых, в первую очередь, для переоценки состава конструкций ОУ, подлежащих «раннему» демонтажу.

Определен состав нестабильных конструкций ОУ, подлежащих «раннему» демонтажу, и последовательность (очередность) их демонтажа (рис. 7).



| Очередность демонтажа | Наименование  | Предпочтительный вариант демонтажа | Очередность демонтажа | Наименование   | Предпочтительный вариант демонтажа |
|-----------------------|---|------------------------------------|-----------------------|--|------------------------------------|
| 1                     | Металлическая ферма (стабилизационное мероприятие №8) | полный демонтаж                    | 12                    | Восточная опора балки «Мамонт» (с отм. 51,970 до отм. 43,050)        | полный демонтаж                    |
| 2                     | Наклонные щиты*                                       | полный демонтаж                    | 13                    | Дополнительная опора балки «Мамонт»*                                 | полный демонтаж                    |
| 3                     | Южные щиты-«кляшки» в осях 40-52, Б-В                 | полный демонтаж                    | 14                    | Завалы на дезаэрационной этажерке на отм. 38,600                     | полный демонтаж                    |
| 4                     | Трубопроводы системы пылеподавления*                  | полный демонтаж                    | 15                    | Плиты перекрытия ДЭ на отм. 38,600 в осях 41-51, Б-В                 | полный демонтаж                    |
| 5                     | Легкая кровля над трубным накатом в осях 43-50, Ж-П   | полный демонтаж                    | 16                    | Северные щиты-«кляшки» в осях 41-50, П-С                             | полный демонтаж                    |
| 6                     | Южные щиты в осях 40-50, В-Ж                          | полный демонтаж                    | 17                    | Блок «Мышкин дом»*   | полный демонтаж                    |
| 7                     | Блок «Кошкин дом»*                                    | полный демонтаж                    | 18                    | Трубный накат в осях 43-50, Ж-П                                      | полный демонтаж                    |
| 8                     | Балка «Мамонт»  | полный демонтаж                    |                       | Балки Б1 по осям Ж и П, в т.ч. зоны опирания на вентиляционные шахты | «отложенный» демонтаж              |
| 9                     | Балка «Осьминог»                                      | полный демонтаж                    |                       | Балки Б2 по осям Ж и П   | «отложенный» демонтаж              |
| 10                    | Западная опора балки «Мамонт»                         | полный демонтаж                    |                       | Система связей балок Б2*   | «отложенный» демонтаж              |
| 11                    | Распределительная рама восточной опоры балки          | полный демонтаж                    |                       | Завалы и плиты перекрытия  | «отложенный»                       |

Рисунок 7 – Перечень конструкций, подлежащих полному и «отложенному» демонтажу



## Заключення

Результати раніше виконаних оглядів і геодезических вимірювань, а також дані поточного контролю дозволяють зробити висновок про відносну стабільність оглядаваних конструкцій і об'єкта в цілому за піднадзорний період.

Роботи будуть продовжуватися також після введення НБК в експлуатацію до повного демонтажу конструкцій або прийняття рішень про довгострокову консервацію об'єкта.

## РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД І ГРУНТІВ ЛОКАЛЬНОЇ ЗОНИ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» ТА ТЕРИТОРІЇ БУДІВНИЦТВА НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТА

Литвин І. А.<sup>\*</sup>, Панасюк М. І.<sup>\*</sup>, Левін Г. В.<sup>\*</sup>, Шестопапов В. М.<sup>\*\*</sup>,  
Онищенко І. П.<sup>\*\*</sup>

*<sup>\*</sup> Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України,  
м. Чорнобиль, вул. Кірова 36-а, [livan@ukr.net](mailto:livan@ukr.net)*

*<sup>\*\*</sup> Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних  
досліджень НАН України, м. Київ, вул. Гончара 52*

Вплив об'єкта «Укриття» та прилеглої території на хімічне і радіоактивне забруднення ґрунтів і підземних вод досліджується в рамках радіогідроекологічного моніторингу з 1996 р. В даний час на цій території проводиться будівництво нового безпечного конфайнмента (НБК), з активним впливом на ґрунти та підземні води. В тому числі, вплив на геологічне середовище здійснювався при влаштуванні пальового фундаменту НБК, який частково перегороджує потік підземних вод аллювіального водоносного горизонту.

Мета проведення радіогідроекологічного моніторингу полягає в оцінці рівнів радіоактивного забруднення ґрунтів і ґрунтових вод, а також умов міграції радіонуклідів в оточуюче аварійний блок природне середовище, для виконання експлуатуючою організацією функцій безпеки, що стосуються обмеження розповсюдження радіоактивних речовин та іонізуючого випромінювання за встановлені межі.

Об'єктами досліджень є ґрунти зони аерації, ґрунтові води і джерела їх забруднення: поверхневі і блокові води.

До складу спостережної мережі входить близько 50-ти свердловин, розташованих навколо об'єкта «Укриття» і на промисловому майданчику Чорнобильської АЕС. В пробах ґрунтових вод визначаються активності  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $\text{U}$ , а також проводиться повний хімічний аналіз на підставі якого оцінюється агресивність ґрунтових вод по відношенню до бетону споруджень, включаючи бетон пальового фундаменту НБК.

В даний час, об'ємні активності  $^{90}\text{Sr}$  в пробах ґрунтових вод досягають значень 1800 Бк/л.

Максимальні концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в пробах ґрунтових вод у 2015 р. фіксувались в інтервалі від 0,3 до 72 Бк/л.

Об'ємні активності  $^3\text{H}$  за останні роки змінювалися в межах від 1 до 800 Бк/л, в залежності від місця розташування спостережної свердловини по відношенню до будівлі об'єкта «Укриття» і до місць виходу внутрішньоблокових водних скупчень.

Починаючи з 2014 р. по деяких свердловинах виросли об'ємні активності урану та ТУЕ до значень 0,3–0,7 Бк/л. За останні 5–7 років в окремих свердловинах спостерігається тенденція до суттєвого підвищення об'ємних активностей  $^{90}\text{Sr}$  в пробах ґрунтових вод. Динаміка об'ємних активностей  $^{90}\text{Sr}$  тісно залежить від концентрацій у воді Са, К, Na,  $\text{HCO}_3$ , а також величини рН.

Радіоактивне забруднення ґрунтів вивчається за допомогою гамма- і спектрометричного гамма-каротажу свердловин, а також проведення лабораторних аналізів проб керн зі свердловин. Максимальні значення гамма-поля (до 10 Р/год.), за даними гамма-каротажу свердловин, приурочені до інтервалу, так званого активного шару, що залягає на глибині від 1,7 до 10,1 м під товщею післяаварійних техногенних ґрунтів. В даний час фіксуються зниження рівня на 2 м та зміна напрямку руху ґрунтових вод під впливом виведення з експлуатації водоймища-охолоджувача.

Отримані результати використовувалися для обґрунтування проектних рішень при розробці проектів стабілізації конструкцій об'єкта «Укриття» та НБК. А в подальшому будуть використовуватися для оцінок впливу при спільній експлуатації споруди Об'єкт «Укриття» + НБК.

#### SOILS AND GROUND WATER'S RADIOACTIVE CONTAMINATION INTO THE LOCAL ZONE OF THE «SHELTER» OBJECT AND ON CONSTRUCTION SITE OF NSC

Lytvyn I. A.<sup>\*</sup>, Panasyuk M. I.<sup>\*</sup>, Levin G. V.<sup>\*</sup>, Shestopalov V. M.<sup>\*\*</sup>, Onyshchenko I. P.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine,*

<sup>\*\*</sup>*Radio-Environmental Center, NAS of Ukraine*

**Annotation:** The purpose of radio-hydro-ecological monitoring of the «Shelter» object includes: evaluation of soil and groundwater radioactive contamination level and migration or gradual penetration of radio-nuclides to the environment around the safety block. Operating organization uses this information for performance of security functions such as limit the spread of radioactive substances and ionizing radiation for the established limits. The research objects are: soils of aeration zone, groundwater and the sources of their contamination - surface and block waters. Observation network includes about 50 wells located around the «Shelter» object and at the industrial site of the Chernobyl NPP.

The following activities are determined in the following groundwater samples:  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , U along with complete chemical analysis. By results of this analysis estimated groundwater aggressive in relation to the concrete construction, including the concrete of NSC piles foundation. The results were used for justification of the project decisions in the development projects in stabilization constructions of «Shelter» object and NSC. And in the future will be used for evaluations of the impact in co-operation building of «Shelter» + NSC.

## СООТНОШЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В АЭРОЗОЛЯХ ВБЛИЗИ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

**Калиновский Александр, Одинцов Алексей**

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины,  
ул. Кирова, 36а, Чернобыль, Украина 07270,*

Представлены результаты определения содержания в аэрозолях локальной зоны  $\Sigma\text{Pu}$  ( $^{238+239+240}\text{Pu}$ ),  $^{241}\text{Am}$  и  $^{90}\text{Sr}$  после радиохимического выделения, позволяющие оценить адекватность применения корреляционного подхода при расчетах концентрации  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН. Показано, что при расчете концентрации изотопов плутония, включаемых в  $\Sigma\alpha$ -ДЖН, и концентрации  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y} - \Sigma\beta$ -ДЖН необходимо использовать их соотношение с активностью  $^{241}\text{Am}$ . При этом относительная погрешность оценки содержания изотопов плутония не превысит 30 %, а концентрации  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y} - 50\%$  ( $P = 0,95$ ). Используемый коэффициент пропорциональности их соотношения в базовом топливе рассчитывается на момент  $\gamma$ -спектрометрических измерений.

Ключевые слова: радиохимическое выделение, аэрозоли локальной зоны, концентрация  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН, корреляционный метод, базовый состав топлива 4-го энергоблока.

### CORRELATION OF RADIONUCLIDES IN AEROSOLS NEAR OBJECT «SHELTER»

**O. K. Kalynovsky, O. O. Odintsov**

*Institute for safety problems of nuclear power plants NAS of Ukraine*

The results of the determination in aerosols the local area  $\Sigma\text{Pu}$  ( $^{238 + 239 + 240}\text{Pu}$ ),  $^{241}\text{Am}$  and  $^{90}\text{Sr}$  after radiochemical separation to assess the adequacy of the correlation approach in calculating the concentration  $\Sigma\alpha$ - and  $\Sigma\beta$ -LLN is presented. It is shown that at the concentration calculation of plutonium isotopes which included in  $\Sigma\alpha$ -LLN and the concentration  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y} - \Sigma\beta$ -LLN need to use their relationship to the activity of  $^{241}\text{Am}$ . The relative error of estimation of the plutonium content isotopes does not exceed 30 %, and the concentration of  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  50 % ( $P = 0.95$ ). This proportionality factor used by them in the basic fuel ratio is calculated at the time of  $\gamma$ -spectrometric measurements.

**Keywords:** radiochemical separation, aerosols of local area, the concentration of  $\Sigma\alpha$ - and  $\Sigma\beta$ -LLN, correlation method, the base fuel composition of the 4th unit.

Одним из критериев оценки радиационной безопасности выполняемых работ в локальной зоны являются контрольные уровни (КУ) концентрации аэрозольной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих нуклидов в приземном слое воздуха. Значения КУ периодически пересматривались в зависимости от развития динамики радиационной обстановки. Например, в КУРБ-ОУ-96 и КУРБ-ОУ-98 были установлены контрольные концентрации аэрозольной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих нуклидов в локальной зоне (территория внутри охраняемой зоны и вне ее) 0,02 и 11 Бк/м<sup>3</sup>. Но после 2000 г., в связи с улучшением радиационной обстановки, в документах за 2000 и 2002 гг. (КУРБ-ОУ-2000 и КУРБ-ОУ-2002) КУ были пересмотрены, ужесточены по  $\beta$ -активным аэрозолям, и стали равны 0,02 и

1,5 Бк/м<sup>3</sup> соответственно. С началом земляных работ в локальной зоне, вызвавших ухудшение радиационной обстановки в приземном слое воздуха, в 2009 г. был разработан новый документ 41П-С, где КУ были изменены и введены новые нормативы – среднегодовые объемные активности  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -долгоживущих нуклидов (ДЖН), равные 0,12 и 9 Бк/м<sup>3</sup> соответственно.

После 2000 г. состав расчетной смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучающих нуклидов чернобылского генезиса стал практически постоянен. При этом в концентрацию  $\Sigma\alpha$ -ДЖН включали изотопы <sup>238</sup>Pu, <sup>239</sup>Pu, <sup>240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am, а в  $\Sigma\beta$ -ДЖН – изотопы <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y и <sup>241</sup>Pu.

По результатам многолетних наблюдений (в 1990-е годы) было установлено, что состав радионуклидов в аэрозолях, выносимых из объекта «Укрытие», и в приземном слое воздуха локальной зоны близок к теоретическим значениям активностей нуклидов, усредненным по всей активной зоне реактора 4-го энергоблока на момент аварии (базовый состав топлива 4-го энергоблока). Поэтому для оперативной оценки концентрации изотопов плутония в почве, аэрозолях и частицах, в связи с трудоемкостью и значительной стоимостью радиохимических методов анализа, был предложен корреляционный метод по соотношению с активностью <sup>144</sup>Ce, определенной в результате  $\beta$ -спектрометрических измерений [1, 2]. При этом коэффициент пропорциональности рассчитывался на основании соотношения активностей нуклидов в базовом составе топлива 4-го энергоблока [3, 4]. Относительная погрешность таких оценок определяется в основном точностью  $\beta$ -спектрометрических измерений и лежит в пределах 20–30 %.

С конца 1990-х годов для оперативной оценки концентрации  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН начали применять корреляционные отношения с активностью <sup>137</sup>Cs и <sup>241</sup>Am. Обоснованность такого подхода была подтверждена результатами специальных экспериментальных работ, выполненных в 1999 г. [5, 6], где показано, что концентрация <sup>90</sup>Sr в аэрозолях вблизи объекта «Укрытие» пропорциональна измеряемой активности <sup>137</sup>Cs, а концентрация изотопов плутония (<sup>238,239,240,241</sup>Pu) – активности <sup>241</sup>Am.

При этом следует учитывать, что радионуклиды, входящие в состав аэрозольных частиц, обладают отличными химическими свойствами и могут находиться в различном фазовом состоянии в составе разнообразных химических соединений. Это наглядно демонстрируют результаты экспериментов [7] по выщелачиванию радионуклидов из аэрозолей. Так, около половины количества <sup>137</sup>Cs относилось к классу F (быстрое растворение), <sup>90</sup>Sr частично относился к классу M (промежуточная скорость растворения) и в основном к классу S, а ТУЭ (<sup>238+39+240</sup>Pu и <sup>241</sup>Am) полностью попадали в класс S (трудно растворимые). Кроме того, в пробах аэрозолей, отобранных после 2010 г., наблюдается обогащение по <sup>137</sup>Cs [8, 9]. Данный факт отмечается и другими авторами, ведущими исследования свойств аэрозольных частиц локальной зоны объекта «Укрытие» [10].

Поэтому для проверки адекватности используемых корреляционных соотношений при расчетах концентраций  $\Sigma\alpha$ - и  $\Sigma\beta$ -ДЖН в аэрозолях локальной зоны необходим периодический контроль соотношений нуклидов.

*Методика измерений и оборудование.* В 2012–2014 гг. провели контроль точности оценок  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238+239+240}\text{Pu}$  в аэрозолях локальной зоны методами радиохимического анализа. Для этого было отобрано 20 аккумулярующих планшетов, используемых для контроля выбросов из ОУ, и 20 фильтров ФПП-15-1,5 на которые осаждались аэрозоли, присутствующие в локальной зоне [8, 9].

Определение содержания  $\gamma$ -излучающих нуклидов в пробах аэрозолей выполнялось на  $\gamma$ -спектрометрическом комплексе, состоящем из полупроводникового детектора высокого разрешения с бериллиевым окном GL2020R (Canberra) с улучшенной геометрией кристалла р-типа размером  $50 \times 20$  мм и 8192-канального амплитудного анализатора импульсов Walklab фирмы Selena.

Для определения изотопов плутония и стронция выполнялась предварительная подготовка проб, которая заключалась в озолении (сжигании органической части фильтров) адсорбирующих планшетов и аэрозольных фильтров в муфельной печи при  $550^\circ\text{C}$  в течение 6–12 ч. Затем к полученному зольному остатку добавляли индикаторы химического выхода (трассеры)  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Am}$  и растворяли их в 8 моль/л  $\text{HNO}_3$  при нагревании до  $90\text{--}95^\circ\text{C}$  в течение 3-х часов. Полученный раствор фильтровали через бумажный фильтр «синяя лента». Полноту растворения проб контролировали  $\gamma$ -спектрометрическими измерениями  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в осадках на фильтрах. При растворении пробы менее чем на 90 % производили повторное растворение остатка в смеси азотной и плавиковой кислот.

Радиохимическое определение содержания радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях после выщелачивания производили по стандартным методикам. Активность  $^{90}\text{Sr}$  определяли методом  $\beta$ -радиометрии сразу после радиохимического выделения на радиометре РУБ-01П, в состав которого входит измерительное устройство УИ-38П1 в комплекте с блоком детектирования БДЖБ-06П1.

Альфа-спектрометрические измерения источников плутония и америция производили на восьмиканальном  $\alpha$ -спектрометре фирмы EG&G ORTEC OСТЕТЕ РС с полупроводниковыми кремниевыми детекторами серии BU-017-450-100 ULTRA с эффективностью регистрации 25 % при расстоянии от источника 12 мм. Собственный фон для энергий выше 3 МэВ не более одного импульса в час, энергетическое разрешение 19 кэВ на линии 5486 кэВ ( $^{241}\text{Am}$ ).

*Результаты и обсуждение.* Определение содержания  $^{241}\text{Am}$ . Радионуклид  $^{241}\text{Am}$  хорошо определяется  $\gamma$ -спектрометрическими измерениями, надежно фиксируется в топливной матрице и служит для количественной оценки растворения аэрозольных топливных частиц. Результаты измерения  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях, собранных на аккумулярующих планшетах и фильтрах ФПП15 до и после их химического растворения, представлены в [9]. Погрешность  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрических измерений  $^{241}\text{Am}$  лежала в пределах 15–25 %. Средние величины отклонения между параллельными определениями  $^{241}\text{Am}$  в планшетах и фильтрах незначительны и составляют 4 и 0,1 % при максимальных значениях: для планшетов – 14 %, для фильтров – 32 %.

Статистический анализ показал, что расхождения между средними значениями  $^{241}\text{Am}$  при прямых  $\gamma$ -спектрометрических и  $\alpha$ -спектрометрических измерениях и их

дисперсіями в планшетах і в фільтрах незначительні і вызвані випадковими факторами ( $P = 0,95$ ). Крім того, порівняння результатів по «роздільному методу» також показало, що різниця несуттєвими.

Результати порівняння визначення  $^{241}\text{Am}$  методами  $\gamma$ - і  $\alpha$ -спектрометрії в пробах аерозолів приземного шару повітря і в викидах з об'єкта «Укриття» на основі регресійного аналізу представлені на діаграмах розсіяння (рис. 1а, б). Видно хороше співпадіння даних з урахуванням похибок вимірювання. В середньому результати  $\alpha$ -вимірювань на 5% менше, ніж дані  $\gamma$ -вимірювань, що можна пояснити втратами  $^{241}\text{Am}$  при вищелачиванні з проб.

*Визначення вмісту  $\Sigma\text{Pu}$ .* Дані експериментального (методом  $\alpha$ -спектрометрії) і розрахункового (по коефіцієнту співвідношення  $\Sigma\text{Pu}$  з  $^{241}\text{Am}$  в базовому складі палива) визначення  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах і фільтрах наведені в [9]. Розрахункові значення в середньому перевищують експериментальні на 1% в планшетах і на 6% в фільтрах. Середні розрахункові величини удільної активності  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах співпадають, а в фільтрах незначительно більше експериментальних (в 1,3 рази).

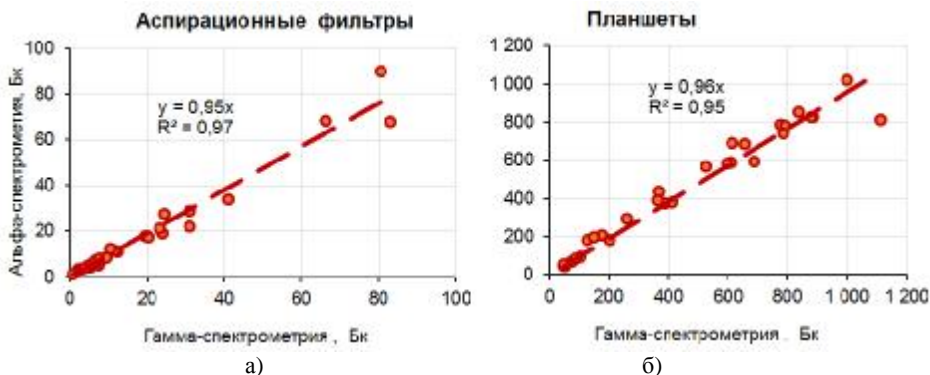


Рисунок 1 – Сравнение результатов определения  $^{241}\text{Am}$  методами  $\gamma$ - и  $\alpha$ -спектрометрии в пробах аэрозолей: приземного слоя воздуха (а) и выбросах из объекта «Укрытие» (б)

Статистический анализ показал, что расхождения между средними значениями  $\Sigma\text{Pu}$  при расчетном определении и прямых  $\alpha$ -спектрометрических измерениях и их дисперсиями в планшетах и фильтрах незначительны и вызваны случайными факторами. При сравнении результатов по «раздольному методу» оказалось, что различие экспериментального и расчетного определения  $\Sigma\text{Pu}$  в планшетах и фильтрах также несуттєвими ( $P = 0,95$ ).

Результаты сравнения на основе регрессионного анализа определения  $\Sigma\text{Pu}$   $\alpha$ -спектрометрическим и расчетным методами в пробах аерозолей представлены на рис. 2. Следует отметить хорошее совпадение данных с учетом погрешностей измерения. В обоих случаях более 98% данных описываются полученными регрессионными уравнениями.

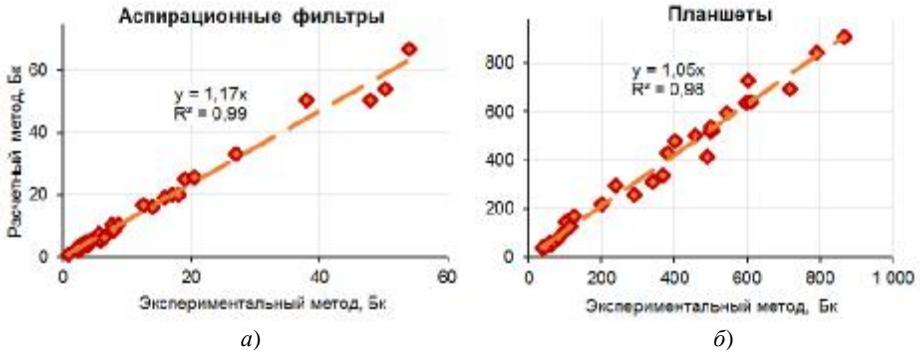


Рисунок 2 – Сравнение результатов определения  $\Sigma\text{Pu}$  методами  $\alpha$ -спектрометрии и расчетным в пробах аэрозолей: приземного слоя воздуха (а) и выбросах из объекта «Укрытие» (б)

Следовательно, использование расчетного метода (по корреляции с  $^{241}\text{Am}$ ) при консервативной оценке содержания  $\Sigma\text{Pu}$  в смеси  $\alpha$ -ДЖН в аэрозолях локальной зоны, с учетом погрешности экспериментальных измерений, обосновано, т. е. активность  $\Sigma\text{Pu}$  равна

$$A_{\Sigma\text{Pu}} = k_{\Sigma\text{Pu}/\text{Am}} \times A_{\text{Am}} \quad (1)$$

где  $A_{\Sigma\text{Pu}}$  – расчетная концентрация аэрозолей, содержащих  $\Sigma\text{Pu}$ ;  $A_{\text{Am}}$  – измеренная активность  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях;  $k_{\Sigma\text{Pu}/\text{Am}}$  – коэффициент пропорциональности между активностью  $\Sigma\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  на момент измерения в базовом составе топлива.

*Определение содержания  $^{90}\text{Sr}$ .* Результаты экспериментального (методом  $\beta$ -радиометрии) и расчетного (по соотношению  $^{90}\text{Sr}$  с  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  с  $^{241}\text{Am}$ ) определения  $^{90}\text{Sr}$  в аэрозолях неорганизованных выбросов и приземного слоя воздуха приведены в [9].

По результатам сравнительного анализа получено, что в настоящее время расчетные оценки активности  $^{90}\text{Sr}$  (по соотношения  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$  в базовом составе топлива) существенно превышают экспериментальные значения в аэрозолях неорганизованных выбросов в среднем на 68 % или около 1,7 раза, максимальные значения достигают 170 %, а в аэрозолях приземного слоя – в среднем на 120 % или 2,2 раза.

При расчете активности  $^{90}\text{Sr}$  с применением коэффициента пропорциональности с  $^{241}\text{Am}$  отклонение от экспериментальных значений гораздо меньше, чем в предыдущем случае. Так, средняя величина относительного отклонения при расчете в планшетах составляет около 22 %, что в 1,2 раза больше, чем при экспериментальных измерениях. Для аэрозолей приземного слоя эти величины еще меньше.

Сравнительный анализ результатов экспериментального и расчетного определения  $^{90}\text{Sr}$  в планшетах и в фильтрах по «разностному методу» показал ( $P = 0,95$ ), что различия при использовании коэффициентов на основании отношения  $^{90}\text{Sr}/^{241}\text{Am}$  незначительны и могут быть вызваны случайными факторами, а при применении отношения  $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$  различия значимы и достоверны.

На основани вищеизложенного можно сделать вывод, что в настоящий момент вклад  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  в оценку  $\sum\beta\text{-ДЖН}$  ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ,  $^{241}\text{Pu}$ ) завышен в среднем в 1,5 раза, при этом максимальное наблюдаемое превышение достигает 3 раз.

Для наглядности сравнения результатов определения  $^{90}\text{Sr}$  экспериментальным ( $\beta$ -радиометрии) и расчетным методами в пробах аэрозолей приземного слоя воздуха и в выбросах из объекта «Укрытие» также использовали регрессионный подход (рис. 3) Видно, что в обоих случаях расчетный метод завышает значения  $^{90}\text{Sr}$  в пробах аэрозолей по сравнению с прямыми измерениями. Это вполне допустимо, исходя из консервативного подхода. При этом при расчете с использованием коэффициента пропорциональности с активностью  $^{137}\text{Cs}$ , во-первых, превышение составляет примерно 1,3 раза, чем в случае – с активностью  $^{241}\text{Am}$ . Во-вторых, возрастает дисперсия данных. В-третьих, при проведении огневых работ происходит обогащение аэрозолей цезием, что может привести к завышению оценки  $^{90}\text{Sr}$  в десятки раз.

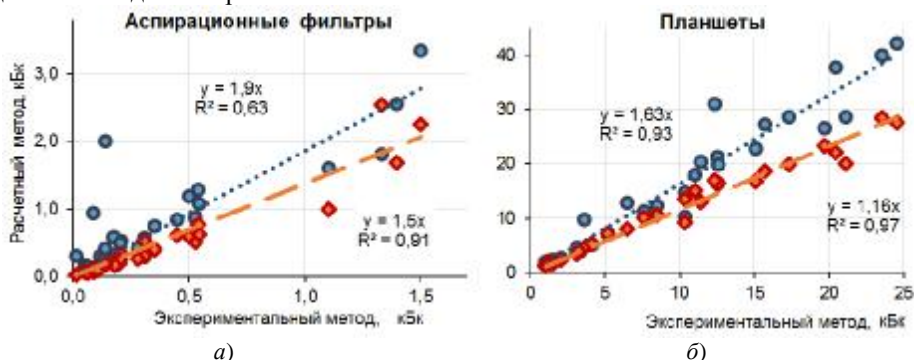


Рисунок 3 – Сравнение результатов определения  $^{90}\text{Sr}$  методами  $\beta$ -радиометрии и расчетными по коэффициентам пропорциональности с активностью  $^{137}\text{Cs}$  (●) и  $^{241}\text{Am}$  (♦) в пробах аэрозолей: приземного слоя воздуха (а) и выбросах из объекта «Укрытие» (б)

Поэтому для снижения погрешности оценки  $\sum\beta\text{-ДЖН}$  в аэрозолях выбросов и в приземном слое воздуха локальной зоны, при расчете вклада  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  корреляционным методом, необходимо использовать соотношение:

$$A_{\text{Sr+Y}} = k_{(\text{Sr+Y})/\text{Am}} \times A_{\text{Am}}, \quad (2)$$

где  $A_{\text{Sr+Y}}$  – расчетная концентрация аэрозолей, содержащих  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ ;  $A_{\text{Am}}$  – измеренная активность  $^{241}\text{Am}$  в аэрозолях;  $k_{(\text{Sr+Y})/\text{Am}}$  – коэффициент пропорциональности между активностью  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  и  $^{241}\text{Am}$  на момент измерения в топливе.

## Выводы

1. Анализ соотношений радионуклидов в аэрозолях показал, что трансформация топливных частиц продолжается. При этом топливную матрицу покидает в основном подвижный  $^{137}\text{Cs}$ , находящийся на поверхности частиц, а стронций и ТУЭ сохраняют свое положение в составе «горячих» частиц.



2. Корреляционный метод расчета активности изотопов плутония, присутствующих в аэрозолях локальной зоны, по отношению к активности  $^{241}\text{Am}$  допустим. При этом погрешность оценки содержания изотопов плутония не превысит 30 % ( $P=0,95$ ).

3. Для снижения погрешности оценки суммы  $\beta$ -излучающих аэрозолей в выбросах и в приземном слое воздуха локальной зоны при расчете вклада  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  необходимо использовать соотношения  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  и  $^{241}\text{Am}$  в базовом топливе. При этом коэффициент пропорциональности  $k_{(Sr+Y)/Am}$  рассчитывается на момент  $\gamma$ -спектрометрических измерений.

Список литературы:

1. *Боровой А. А.* Выброс ядерного топлива и продуктов деления из реактора 4-го блока ЧАЭС при аварии (обзор) // Чернобыль, 2000. – 15 с. – (Препр. / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины; 00-10).

2. *Лоцилов Н. А., Кашпаров В. А., Юдин Е. Б., Процак В. П.* Фракционирование радионуклидов в чернобыльских топливных горячих частицах // Радиохимия. – 1992. – № 5. – С. 125–134.

3. *Бегичев С. Н., Боровой А. А., Бурлаков Е. В. и др.* Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС. Краткий справочник. – М., 1990. – 21 с. – (Препр. / Ин-т атомной энергии им. И. В. Курчатова; 5268/3).

4. *Богатов С. А., Боровой А. А., Дубасов Ю. В., Ломоносов В. В.* Форма и характеристики частиц топливного выброса при аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 1990. – Т. 69. С. 36–40.

5. *Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. ГР № 0198U007454. – Чернобыль, 1998. – 67 с.

6. *Кашпаров В. О., Лундін С. М., Зварич С. І. та ін.* Викид та забруднення території радіонуклідами у складі паливних часток // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2002. – № 2. – С. 22–32.

7. *Одинцов А. А., Огородников Б. И.* Изучение растворимости аэрозолей объекта «Укрытие» в жидкостях различного химического состава // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2011. – Вип. 15. – С. 85–95.

8. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. ГР № 0113U003958. – Чернобыль, 2013. – 186 с.

9. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» и аэрозольной обстановки во время строительства НБК:* (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – Чернобыль, 2014. – 218 с.

10. *Гаргер Е. К., Одинцов А. А., Шинкаренко В. К., Tschiersch J.* Поведение «горячих» аэрозольных частиц из объекта «Укрытие» в имитаторах легочной жидкости // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2013. – Вип. 21. – С. 43–52.

## ЯДЕРНАЯ ОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

Высотский Е. Д.

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины  
Чернобыль, ул. Кирова, 36а, 07270, Украина*

Приведены результаты расчетно-экспериментальных исследований долговременной (1990–2016 гг.) динамики нейтронной активности и температуры скоплений топливосодержащих материалов (ТСМ), образовавшихся во внутренних помещениях 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС на заключительных стадиях аварии. Показано, что реальная ядерная опасность объекта «Укрытие» (ОУ) определяется существованием скрытого в зоне проплавления опорной плиты колодца шахты реактора скопления ТСМ с переувлажненной при «повторной» критичности 1990 г. композицией, содержащей до 20 т низкообогащенного урана. После возведения НБК процесс потери воды подкритической переувлажненной композицией может привести к «возвратной» критичности и возникновению СЦР, при которой значительная мощность нейтронной вспышки, будет определяться запасом реактивности, а также временем удержания до разрушения запечатанной в бетон размножающейся системы. Предложены меры исключаяющие риски «возвратной» критичности на период стабилизации режима хранения делящихся материалов в условиях ОУ+НБК.

## THE NUCLEAR DANGER OF «SHELTER» OBJECT

*Institute for NPP Safety Problems of UNAS*

**Annotation:** The results of computational and experimental studies of long-term (1990–2016) dynamics of the neutron activity and temperature (of the fuel-containing material (FCM) accumulations, formed in the inner space of the 4th ChNPP Unit during the final stages of accident) are represented. It is shown that the real nuclear danger of «Shelter» object (SO) is defined by the existence of hidden (in zone of the penetration of support plate of reactor well) accumulation of FCM with overmoistened (during «re-criticality» in 1990) composition that contains up to 20 tons of low-enriched uranium. After the construction of the NSC the process of water loss of subcritical evermoistened composition may lead to a «return» criticality and the emergence of self-sustaining reaction, in which substantial power of neutron burst will be determined by a stock of reactivity and by the retention time before the destruction of the breeding system, sealed in the concrete. Measures that excludes the risk of «return» critical (for the stabilization period of fissionable materials storage under the Shelter + NSC conditions) are proposed.

Для возникновения самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР) в размножающих системах, которые представляют собой скопления топливосодержащих материалов (ТСМ) во внутренних помещениях ОУ, необходимым и достаточным условием является наличие: критической композиции топлива; внутреннего источника нейтронов; замедлителя в объеме диапазона оптимального водо-уранового соотношения.

В настоящее время реальная ядерная опасность ОУ определяется фактом существования, скрытого в зоне проплавления бетона опорной плиты колодца шахты реактора, скопления с критической водо-урановой композицией ТСМ, содержащей до 20 т U и фактически постоянным внутренним источником нейтронов спонтанного деления и ( $\alpha$ , n) реакции на легких ядрах примеси. Ядерно-опасное скопление (ЯОС) находится в переувлажненном состоянии, которое было достигнуто при «повторной» критичности (холодный критический инцидент) июня 1990 г. СЦР возникла в процессе поступления воды в объемы остывающей ( $<100\text{ }^\circ\text{C}$ ) пористой размножающей среды и удерживалась в течении 34 часов в режиме осцилляции. Гашение СЦР произошло в результате переувлажнения с подкритичностью, определившейся доступной для воды пористостью среды. Текущая подкритичность переувлажненного ЯОС находится за пределами аварийных значений ( $K_{эф} \geq 0,98$ ) и обеспечивается регулярным поступлением в ОУ атмосферной, конденсационной и технической воды. При сохранении доступа воды в условиях ОУ эффектами, приводящими к «возвратной» критичности ЯОС, могут быть деградация структуры при изменении спектра пористости и/или рост температуры размножающей среды. При прекращении поступления воды в условиях ОУ+НБК «Арка», вероятность «возвратной» критичности определяется естественным механизмом обезвоживания переувлажненной среды.

Консервативные модельные оценки характеристик СЦР на запаздывающих нейтронах при «возвратной» критичности показали, что значительная мощность нейтронной вспышки ( $10^{12}-10^{20}$  н/см<sup>2</sup>·сек) определяется запасом реактивности, скоростью потери воды, а также временем удержания до разрушения фактически запечатанной в бетон размножающей системы.

При неопределенном и непредсказуемом механизме обезвоживания среды ЯОС после возведения НБК для исключения рисков возникновения «возвратной» критичности необходимо реализовать на доступной периферии скопления локальный постоянный контроль нейтронной активности и температуры. В случае обнаружения устойчивых аномалий в показаниях и экспертной идентификации их причиной связи с опасным изменением подкритичности, временной мерой может быть восстановление и поддержание водно-температурного режима путем оперативной принудительной подачи воды или водных растворов нейтронпоглощающих материалов (НПМ) в зону локализации ЯОС.

Эффективным и гарантированным способом превентивного подавления параметров критичности является ввод в объем скопления твердых НПМ. Также может рассматриваться управляемое обезвоживание, обеспечивающее поэтапное и контролируемое сокращения массовых параметров критической композиции ЯОС.

## СОНЯЧНА АКТИВНІСТЬ І ЧОРНОБИЛЬ

**Філер Залмен,**

*доктор технічних, кандидат фізико-математичних наук, професор кафедри прикладної математики, статистики та економіки  
Кіровоградського державного педагогічного університету ім. Винниченка,  
вул. Шевченка. 1, 25006, м. Кіровоград, Україна*

Висловлюється гіпотеза про вплив сонячної та геомагнітної активності на ситуацію під час експериментів з ядерним реактором 25–26 квітня 1986 р. Наведені результати аналізу, які показують сильне збудження людей, викликане різким зростанням активності Сонця з 22 квітня. Відключення автоматики в цих умовах привело до трагедії.

**Ключові слова:** Сонячна та геомагнітна активність, вплив на психіку, сильне збудження, прогноз.

## SOLAR ACTIVITY AND CHERNOBYL

**Z. E. Filer**

*Kirovograd State Pedagogical University named after Volodymyr Vynnychenko*

**Annotation:** The author presents a hypothesis about the impact of solar and geomagnetic activity on the situation during the experiments with nuclear reactor April 25–26, 1986. The results of the analysis, listed in the article, show people's excitement, caused by sudden increase of the Sun activity since April 22. Disabling automatics under these circumstances caused the tragedy.

**Keywords:** solar and geomagnetic activity, impact on psychics, great excitement, prognosis.

Автор ознайомився з ідеями О. Л. Чижевського про вплив сонячної активності (СА) на природу та соціум у 1979 р. До 1989 р. з'ясував, перш за все, вплив на суспільство, про що ще з 30-х років писати заборонялось.

1986 р. був другим роком етапу мінімуму СА, самою його серединою. Але й на цьому етапі бувають дні й тижні, коли Сонце просинається. Так було й у квітні 1986 р. З 22.04 по 24.04 відбулося стрімке зростання СА. Можливо й це сприяло зухвалій поведінці тих, хто вирішив експериментувати з ядерним реактором у Чорнобилі?

Низька технологічна дисципліна, звичка до необов'язковості наклалися на досить сильне сонячне збудження: два дні поспіль приріст чисел Вольфа дорівнював майже 20. Нагадаємо, що не стільки рівень  $W$ , скільки його приріст  $DW$  визначає наслідки, зокрема фізичні (наведені струми), та психологічні. Можливо навіть, що за законом психофізики Вебера-Фехнера психологічний вплив визначається відносним приростом  $DW/W$ , який був близьким у ці дні до 1 (100 %). Ясно, що це не виправдовує безпосередніх винуватців світової та національної трагедії, як не виправдовує перебування злочинця у нетверезому стані. Але моніторинг за станом СА й

«штормове попередження» після 22.04 – заборона всіх ризикованих дій з реактором – могла б відвести цю біду. Наводимо відповідний графік (рис. 2).

Скоро виповниться 30-та річниця дня всесвітньої скорботи, бо жертвами цієї трагедії стали не тільки ті, хто був біля реактора й в 30-км зоні. Треба вже сказати всю правду про причини й початок цієї біди [1].

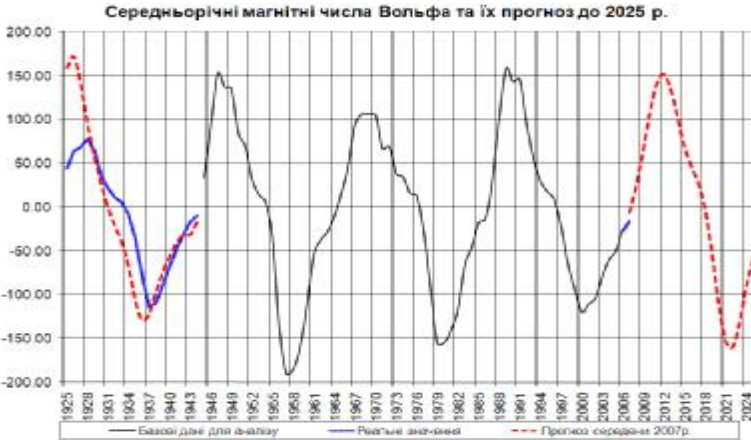


Рисунок 1 – Прогноз чисел Вольфа 2007 р. справдився – 2016 р. став другим роком спаду



Рисунок 2 – Локальний пік чисел Вольфа 22–24 квітня 1986 р.: сонячний вітер доходить до Землі за 2–4 доби

Графіки чисел Вольфа та індексу  $K_p$  геомагнітної активності (ГМА) майже синхронні в ці дні напередодні трагедії. Зміни сонячної та геомагнітної активності й у квітні 1986 р. та їх тренди показані на рис. 3. Очевидна тісна кореляція між ними та зсув фаз ГМА відносно СА на 1–2 доби. Видно скачок  $W$  та  $K_p$  (індексу ГМА) напередодні Чорнобильської трагедії. Тут індекс  $K_p$  є сума 8 значень протягом відповідної доби. Зміна 3-годинного геомагнітного індексу  $K_p$  протягом 24–26 квітня 1986 р. зображена на рис. 4.



Відомо [2], що перше виведення регулюючих стержнів з реактора було 25.04 з 7-ої години 10 хвилини; до 14-ої години реактор був заглушений. В ньому лишалось 15 стержнів. За Регламентом менше й не можна. А о 1-ій годині 22 хвилини 30 секунд 26.04 виведення із активної зони реактора стержнів продовжувалося, щоб підвищити виділення нейтронів. Чому персонал 4-го блока ЧАЕС прийняв таке рішення всупереч всім правилам Регламенту? Автор [2] пише: «Ніхто з них не хотів висаджувати реактор у повітря. Виведення стержнів зверху 15 дозволених, зроблене тільки на основі інтуїції, є авантюрою в чистому вигляді. Чому вони на неї пішли? Це окреме питання». На нього автор статті [2] відповіді не дає. Ми вважаємо, що крім, мабуть, звичної безвідповідальності додалося ще й «сонячне» збудження – індекс  $K_p$  протягом відрізка від 0 до 3 годин за Гринвічем 26.04 був вищим, ніж на-

передодні. Правда, ще вищим він був вночі 24.04, але тоді електротехнічні випробування ще не підштовхували до швидких інтуїтивних трагічних рішень.

Ситуація в ніч з 25 на 26 квітня відрізняється ще й великим стрибком  $K_p$ : з 10 від 21–24 год. до 30 в 0–3 години 26-го. Нагадаємо, що різка зміна ГМА веде до суттєвих наслідків у природі та соціумі. Автор згодний з твердженням в Інформації Держкоматому СРСР для наради в МАГАТЕ у Відні в серпні 1986 р.: «Первопричиною аварії з'явилося надто мало ймовірне поєднання порушень порядку й режиму експлуатації, допущене персоналом енергоблока». Про одну з причин цих порушень ми й висловили свої думки.

До 2007 р. ми з О. М. Дреєвим розробили метод гармонічного аналізу майже періодичних процесів, який дає змогу прогнозувати краще, ніж поліноміальні тренди. Справа у тім, що многочлен  $k$ -го степеню має не більше, ніж  $k-1$  точок екстремумів, тоді як навіть періодичні процеси мають їх безліч. Тим більше, що частоти майже періодичних процесів невідомі. Відповідна програма була розроблена О. Дреєвим і запроваджена нами для аналізу чисел Вольфа.

Результати цього аналізу і відповідний прогноз на основі тригонометричного тренду типу  $a_0 + \sum_k a_k \cos(w_k t) + b_k \sin(w_k t)$  показані на рис. 5. Частоти  $w_k$  визначаються самою програмою, як і амплітуди.

Числа Вольфа за I півріччя 1986 року та їх прогноз

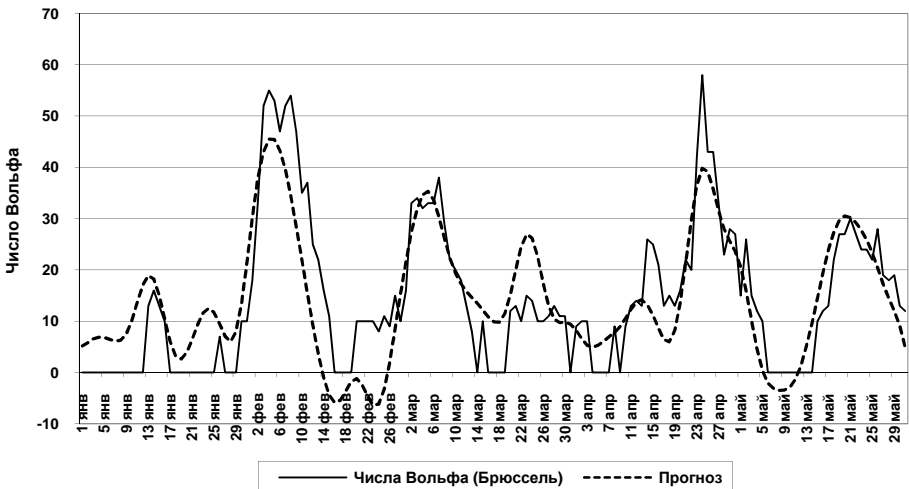


Рисунок 5 – Прогноз на 22–24 квітня був би несприятливим

Якби ми у 1986 р. володіли цими знаннями та програмою, наші прогнози захотіли б слухати та враховувати, трагедії, можливо, вдалося б запобігти.

З 2003 р. ми прогнозуємо вплив сонячної активності на стан здоров'я та психіку людей і друкуємо в газетах Харкова та Кіровограда.

Прогноз З. Філера та А. Чуйкова впливу сонячної активності на стан здоров'я та психіки з 31 березня до 6 квітня 2016 року за даними НАСА на 30.03

| Дні   | четвер       | п'ятниця     | субота       | неділя | понеділок | вівторок         | серeda      |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------|-----------|------------------|-------------|
| Дати  | 31.03        | 1.04         | 2.04         | 30.04  | 4.04      | 5.04             | 6.04        |
| Вплив | стабілізація | стабілізація | стабілізація | спокій | спокій    | сильне збудження | заспокоєння |

На минулому тижні сонячна активність була дуже низькою: мінімальне значення числа Вольфа 13 було 30.03, максимальне 25 – 25-го березня, середнє тижневе значення склало 20,7. Магнітних бур на тому тижні не було, як і потужних спалахів на Сонці. Високоенергетичні потоки сонячного вітру були 26, 27 і 29.03. Відносно велика кількість потужних землетрусів була 28–29 березня.

Наведений прогноз надруковано у кіровоградській обласній газеті 31 березня 2016 р.

Після трагедії на лєтовиці у Скнилові 27 липня 2007 р. автору зателефонували з Міністерства з надзвичайних ситуацій і запитали, чи могло бути «винуватим» у ній Сонце. Наш аналіз підтвердив це. Деякий час ми листувалися з відділом прогнозування МНС.

Список посилань:

1. Філер З. Чи можна було б запобігти чорнобильській трагедії?// День, 21.04.2001. – С. 3.
2. Горбачев Б. И. Причины Чернобыльской аварии: выбор между двумя версиями. //Пятнадцать лет Чернобыльской катастрофы. Опыт преодоления. Материалы международной конференции. – Киев, 18–20.04.2001.

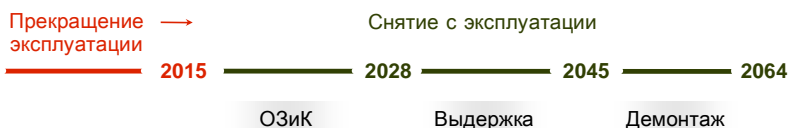


**Секція II.****Зняття з експлуатації атомних електростанцій, поводження з радіоактивними відходами та відпрацюванням ядерним паливом****СТРАТЕГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СНЯТИЯ С ЭКСПЛУАТАЦИИ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС****Виктор Кучинский***ГСП Чернобыльская АЭС*[kvk@chnpp.gov.ua](mailto:kvk@chnpp.gov.ua)**Стратегия**

Существующая на сегодняшний день стратегия снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС постоянно совершенствовалась, начиная с концепции 1992 г. и до стратегии, изложенной в Программе снятия с эксплуатации, утвержденной в 2008 г.

За эти годы проанализированы и учтены: результаты различных НИР, международный опыт снятия с эксплуатации, рекомендации МАГАТЭ, замечания и предложения органов государственного управления и регулирования в сфере использования ядерной энергии и обращения с РАО.

Утвержденный для ЧАЭС вариант стратегии – Отложенный поэтапный демонтаж – SAFSTOR.

**Отложенный поэтапный демонтаж - SAFSTOR**

- ü Консервация реакторов , КМПЦ и оборудования реакторного отделения ;
- ü Демонтаж внешнего , относительно реактора, оборудования;
- ü Выдержка (сохранение под наблюдением);
- ü Последовательный демонтаж КМПЦ и реактора (после 30 — 50 лет);
- ü Очистка площадки до установленных уровней;

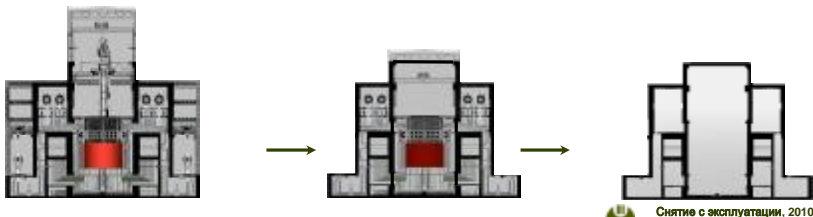


Рис. 1. Этапы снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС

В соответствии с этой стратегией, снятие с эксплуатации блоков ЧАЭС будет осуществлено в три этапа (окончательное закрытие и консервация (далее – ОЗиК), выдержка, демонтаж). Отложенный поэтапный демонтаж – SAFSTOR предусматривает:

- консервацию реакторов, КМППЦ и оборудования реакторного отделения;
- демонтаж внешнего, относительно реактора, оборудования;
- выдержку (сохранение под наблюдением);
- последовательный демонтаж КМППЦ и реактора (после 30–50 лет);
- очистка площадок до установленных уровней.

В 2015 г. в основном выполнена ключевая задача, определяющая длительность этапа прекращения с эксплуатации – освобождение блоков от ядерного топлива, что позволило получить разрешение на реализацию этапа «Окончательного закрытия и консервации».

### **Определение конечного состояния ЧАЭС**

В связи с тем, что ЧАЭС находится на территории зоны отчуждения, загрязненной радиоактивными веществами в результате аварии 1986 г., а энергоблок № 3 имеет общие строительные конструкции с объектом «Укрытие», и учитывая отсутствие перспектив сооружения на площадке новых энергетических или других народнохозяйственных объектов, проводить снятие с эксплуатации Чернобыльской АЭС до состояния «зеленой лужайки» представляется нецелесообразным.

Наиболее предпочтительной конечной целью снятия с эксплуатации ЧАЭС представляется состояние, которое можно условно определить как «бурое пятно». Основным критерием указанной конечной цели является достижение уровней ограниченного освобождения для территории, зданий и материалов от регулирующего контроля, принятых для данного объекта.

При этом, учитывая расположение Чернобыльской АЭС в 10-км зоне отчуждения, наиболее загрязненной долго существующими отходами, а также наличие большого числа строительных сооружений на территории зоны отчуждения, представляется нецелесообразным осуществлять полный демонтаж строительных конструкций в рамках снятия ЧАЭС с эксплуатации. Такая задача должна быть решена в рамках единой программы реабилитации зоны отчуждения.

Главное, чем отличается промплощадка ЧАЭС от площадок нормально работающих АЭС, это наличие объекта «Укрытие», который представляет собой разрушенный запроектной аварией блок № 4 ЧАЭС. С точки зрения нормативного регулирования, ОУ является – временным хранилищем неорганизованных РАО, которое находится в стадии стабилизации и реконструкции.

### **Радиационные критерии конечного состояния площадки Чернобыльской АЭС**

Специально для ЧАЭС в 2008 г. были разработаны радиационно-гигиенические критерии конечного состояния промплощадки ЧАЭС при снятии с эксплуатации. Достижение этих количественных критериев на каком-либо блоке будет означать, что на нем достигнута главная цель снятия с эксплуатации.

Критерии разработаны с учетом следующих особенностей площадки ЧАЭС:

– близкое соседство с многотонными неорганизованными топливосодержащими массами, веществами и материалами, содержащими значительные количества долгосуществующих радионуклидов (как осколочных, так и топливных), удельная активность которых превышает установленные ОСПОРБУ-2005 «уровни извлечения»;

– наличие не только эксплуатационного загрязнения, свойственного промплощадке нормально работающей АЭС, но и «стихийного» аварийного загрязнения;

– отсутствие полной и всеобъемлющей информации о локализации и характеристиках источников излучения и радиоактивного загрязнения за пределами блоков ЧАЭС;

– уверенность, что со временем параметры радиационного состояния площадки ЧАЭС будут меняться, учитывая длительность процесса снятия с эксплуатации;

– учитываются положения принципов оправданности, непревышения и оптимизации.

Критерии не распространяются на:

– пруд-охладитель ЧАЭС;

– ОУ и НБК;

– все виды РАО, образующиеся в процессе снятия с эксплуатации.

Установлены три группы критериев:

– группа 1 – критерии для территории, на которой находятся объекты ГСП ЧАЭС;

– группа 2 – критерии для строительных конструкций, зданий и сооружений;

– группа 3 – критерии повторного использования материалов и объектов (оборудования и др.) в границах промплощадки ЧАЭС и зоны отчуждения.

Для каждой группы Критериев численные значения радиационных параметров установлены до 2064 г.

**Группа 1.** Критерии для территорий, на которых находятся объекты ГСП ЧАЭС

— для территорий усиленного контроля;

— для территорий свободного режима.

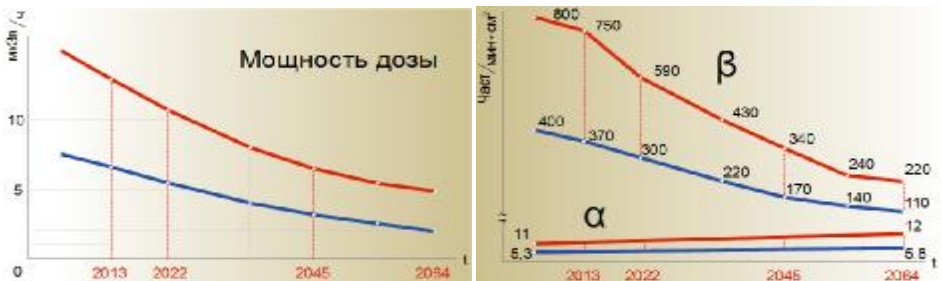
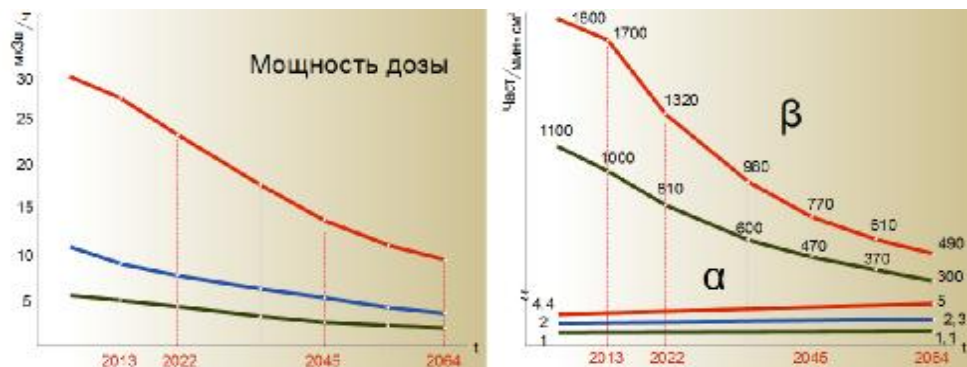


Рис. 2. Критерии для территорий, на которых находятся объекты ГСП ЧАЭС

Для 1-й группы Критериев (критерии для территории, на которой находятся объекты ГСП ЧАЭС) установлены численные значения следующих радиационных параметров:

- мощность дозы в воздухе на расстоянии 1 м от поверхности радиоактивно загрязненной территории;
- плотность поверхностного радиоактивного загрязнения альфа- и бета-частицами;
- массовая удельная активность в грунте  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и альфа-излучающих радионуклидов ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и суммарная).
- Указанные значения являются зависимыми от времени и установлены отдельно для территорий усиленного контроля и свободного режима.

**Группа 2.** Критерии для строительных конструкций, зданий, сооружений (рис. 3).



Для помещений, входящих в зону консервации:

- ограниченного обслуживания;
- полубслуживаемых;
- обслуживаемых.

Рис. 3. Критерии для строительных конструкций, зданий, сооружений

**Группа 3.** Критерии повторного использования материалов и объектов в пределах промплощадки ЧАЭС и Зоны отчуждения (рис. 4).

### Повторное использование площадки Чернобыльской АЭС

Нормативные документы Украины – устанавливают главную цель снятия с эксплуатации неаварийных АЭС - повторное использование территории бывшей АЭС.

В 2008 появилась новое развитие конечного состояния для СЭ ЧАЭС, - промышленно-развитая площадка, которое дает возможность повторно использовать территорию промплощадки ЧАЭС.

В настоящее время Стратегия СЭ ЧАЭС определяют конечное состояние промплощадки с радиологической точки зрения как «Бурое пятно».

С прагматической точки зрения, учитывая специфику зоны отчуждения, оптимальное решение для конечного состояния снятия с эксплуатации для площадки Чернобыльской АЭС – промышленно развитая площадка интегрированная в атомный промышленный комплекс Украины, использующая развитую инфраструктуру

и потенциал персонала Чернобыльской АЭС. Особый эффект достигается если площадка ЧАЭС будет выполнять функцию Национального оператора по обращению с РАО, ОЯТ и СЭ замыкающую топливный цикл в атомной промышленности Украины.

|                                     | Мощность дозы<br>(МкЗв*час <sup>-1</sup> ) | Поверхностное загрязнение,<br>(Част*мин <sup>-1</sup> *см <sup>-2</sup> ) |                       |
|-------------------------------------|--|---|-----------------------|
| 1. За границами площадки ЧАЭС:      |  |   |                       |
| Помещения постоянного пребывания    | 0,6  | 1,0   | $\beta$ $\alpha$ 0,25 |
| Помещения периодического пребывания | 1,2  | 10  | 25                    |
| 2. В границах площадки ЧАЭС:        |  |   |                       |
| Помещения                           | 0,6  | 100   | 0,2                   |
| Территория зоны свободного режима   | 0,6  | *   | 1                     |
| Территория зоны усиленного контроля | 1,2  | **  | **                    |

\* - устанавливаются время-зависимыми на уровне не более 50% от уровня Группы 1 для территорий *свободного режима*

\*\* - устанавливаются время-зависимыми на уровне не более 50% от уровня Группы 1 для территорий *усиленного контроля*

Рис. 4. Критерии повторного использования материалов и объектов в пределах промплощадки Чернобыльской АЭС и Зоны отчуждения

### Направления промышленного развития площадки Чернобыльской АЭС

Был проведен анализ использования и дальнейшего развития промышленной площадки Чернобыльской АЭС после снятия с эксплуатации на основе международного опыта в ряде стран.

В связи с расположением Чернобыльской АЭС в зоне отчуждения, а также учитывая наличие на площадке объектов инфраструктуры для снятия с эксплуатации блоков ЧАЭС, промышленная площадка Чернобыльской АЭС на разных этапах в ближайшие 100 лет может быть использована в таких целях:

1. Создание централизованного комплекса по обращению с ОЯТ АЭС Украины, включающего:
  - транспортировку;
  - промежуточное хранение;
  - обращение с поврежденным ОЯТ.
2. Развитие производства контейнеров для транспортировки и долговременного хранения/захоронения РАО атомного комплекса Украины.
3. Создание транспортно-технологического парка по обращению с ОЯТ и РАО для атомного комплекса Украины.
4. Транспортировка и переработка крупногабаритного оборудования АЭС (парогенераторы, теплообменники, ГЦН и др.).

5. Создание комплекса по переработке и переплавке радиоактивно загрязненного металла с атомных объектов Украины.

6. Создание отраслевого учебного центра по вопросам снятия АЭС с эксплуатации, обращения с радиоактивными отходами и отработанным ядерным топливом.

### **Выводы**

Предлагаемое конечное состояние площадки ЧАЭС частично окупит содержание зоны отчуждения и возвращение ее в хозяйственный оборот, ликвидацию последствий аварии и снятие с эксплуатации ЧАЭС, разовьет регион экономически.

В будущем возможен полный переход площадки ЧАЭС на частичную самокупаемость за счёт использования средств фонда обращения с РАО, фонда снятия с эксплуатации, а также средств, получаемых за оказание услуг другим предприятиям (в первую очередь АЭС Украины).

Реализация предложений обеспечит переход на экономически обоснованную на сегодня схему обращения с ОЯТ реакторов ВВЭР АЭС Украины, а именно: промежуточное хранение ОЯТ на территории Украины с выполнением всех требований правил и норм ядерной, радиационной и экологической безопасности, с учетом рекомендаций МАГАТЭ и мирового опыта.

Обеспечивается конструктивное использование территории, зданий, сооружений и персонала ГСП ЧАЭС в хозяйственной деятельности страны, восстановить и развить депрессивный регион, пострадавший в результате аварии 1986 г., превратить его в перспективный и экономически развитый.

## **ОБРАЩЕНИЕ С ОТРАБОТАВШИМ ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ НА ГСП «ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ АЭС»**

**Песков В. Г., Хоменко Д. В.**

*ГСП «Чернобыльская АЭС», Украина*

### **Вступление**

Блоки №№ 1, 2, 3 Чернобыльской АЭС, после принятия решения о досрочном снятии с эксплуатации, находятся на этапе окончательного закрытия и консервации.

За время эксплуатации энергоблоков Чернобыльской АЭС на площадке накоплено 21 284 отработавшие тепловыделяющие сборки (ОТВС), из которых:

- кондиционных – 21228 ОТВС;
- поврежденных – 56 ОТВС.

В настоящее время в хранилище отработавшего ядерного топлива № 1 (ХОЯТ-1) созданы условия для безопасного хранения всего отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), накопленного за время эксплуатации энергоблоков 1, 2, 3 ЧАЭС. На момент написания статьи все кондиционное топливо и 20,5 поврежденных ОТВС размещены на хранение в ХОЯТ-1. В бассейнах выдержки блока 1 находится только поврежденное отработавшее ядерное топливо, которое планируется в ближайшее время также разместить на хранение в ХОЯТ-1.

Блоки 2 и 3 полностью освобождены от отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

### Описание тепловыделяющих сборок РБМК-1000

Каждая тепловыделяющая сборка (ТВС) (Рисунок 1) состоит из:

- двух пучков тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ);
- хвостовика;
- наконечника,
- стержня центрального со штангой (для ТВС рабочей – тип № 50 ) или трубы несущей (для ТВС рабочей под гамма-камеру – тип № 49);
- крепежных и фиксирующих деталей (гайка, втулка, штифты).

Каждый пучок ТВЭЛ состоит из:

- 18 ТВЭЛ;
- каркаса;
- 18 обжимных колец, предназначенных для крепления ТВЭЛ в концевой решетке каркаса.

Каркас – это центральная труба, на которой установлены одна концевая и десять дистанционирующих решеток. Концевая решетка крепится к центральной трубе каркаса и служит для закрепления ТВЭЛ.

ТВЭЛ представляет собой трубу, закрытую наконечником с одного конца и заглушкой с другого конца. В трубе находятся топливные таблетки диоксида урана.

Пучки ТВЭЛ фиксируются на каркасной трубе в азимутальном направлении.

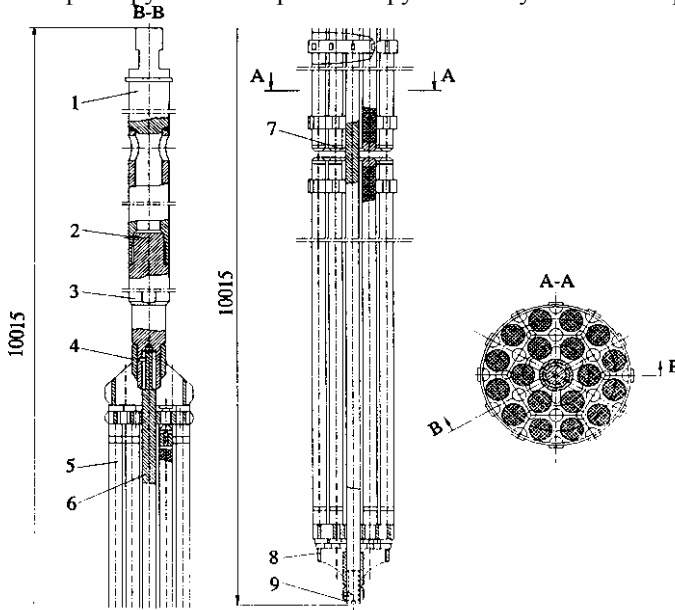


Рисунок 1 – ТВС РБМК-1000 тип № 50:

1 – подвеска; 2 – верхняя заглушка; 3 – переходник; 4 – соединительный элемент; 5 – топливный элемент; 6 – несущий стержень; 7 – концевик; 8 – нижняя головка; 9 – предохранительная гайка

## Хранение кондиционного отработавшего ядерного топлива в хранилище отработавшего ядерного топлива № 1

Хранилище отработавшего ядерного топлива № 1 «мокрого типа» (ХОЯТ-1) (рис. 2) предназначено для приема и хранения отработавших тепловыделяющих сборок, после предварительной, не менее чем 1,5-годовой выдержки их в бассейнах выдержки кассет (БВК) или реакторах блоков 1, 2, 3, а также для операций выгрузки ОТВС из ХОЯТ-1 с последующим перемещением их в хранилище отработавшего ядерного топлива № 2 «сухого типа» (ХОЯТ-2).



Рисунок 2 – Хранилище отработавшего ядерного топлива № 1 «мокрого типа»

ХОЯТ-1 представляет собой отдельно стоящее здание, состоящее из трех блоков:

- *транспортно-технологический блок*, который в свою очередь состоит из двух объемов:

- отделения бассейна выдержки ОТВС (рис. 3) – бассейн выдержки ХОЯТ-1 предназначен для хранения ОТВС в пеналах и состоит из 5 отсеков, каждый из которых имеет по две половины – правая и левая. Конструктивно, отсеки БВ представляют собой железобетонную емкость, стены и днище которой облицованы коррозионностойкой сталью;

- отделения приема и перегрузки вагона-контейнера (рис. 4);

- *химблок* с помещениями установки очистки и охлаждения воды отсеков БВ, каньона и отсека хранения транспортных чехлов, узла приготовления десорбирующих растворов, трансформаторной, сбора и перекачки стоков и другими помещениями;

- *административно-бытовой блок* с помещениями санпропускников и саншлюзов, вентцентра с фильтровальной станцией, электрощитовой и другими вспомогательными помещениями.

Хранение ОТВС осуществляется в заполненных водой пеналах в вертикальном положении (рис. 5), охлаждение которых производится водой бассейна выдержки.

Транспортировка ОТВС в/из ХОЯТ-1 осуществляется в вагоне-контейнере ТК-8 (рис. 6, 7). Транспортный упаковочный комплект для транспортировки ОТВС ЧАЭС базируется на железнодорожном транспортёре и представляет собой защитный контейнер вагона-контейнера, в который устанавливается чехол транспортный передаточный для размещения ОТВС и закрывается колпаком предотвращающим выпадение ОТВС.





Рисунок 3 – Общий вид бассейна выдержки



Рисунок 4 – Общий вид помещения 319, где выполняются основные операции по обращению с ОТВС: приемка, подготовка к хранению, выгрузка

Защитный контейнер является составной частью вагона-контейнера, который не извлекается в процессе эксплуатации из вагона-контейнера и переводится из горизонтального (транспортного) положения в вертикальное (для извлечения/постановки чехла транспортного передаточного).

Защитный контейнер представляет собой толстостенный стальной цилиндрический сосуд.



Рисунок 5 – Размещения пеналов с ОТВС в отсеках бассейна выдержки



Рисунок 6 – Вагон-контейнер ТК-8



Рисунок 7 – Общий вид ТК-8 с открытыми люками

Приемка и подготовка ОТВС в ХОЯТ-1 к хранению осуществляется с использованием следующего основного оборудования:

- вагон-контейнер ТК-8;
- наводящее устройство;
- тележка специальная тросовая г/п 15 т.;
- мостовой кран г/п 20/5 т.;
- чехол транспортный передаточный;

и выполняется в следующей последовательности (рис. 8):

1) вагон-контейнер ТК-8 (ВК) с чехлом транспортным передаточным (ЧТП) загруженным ОТВС транспортируется тепловозом в пом 136 ХОЯТ-1;

2) в пом. 136 ХОЯТ-1 выполняется подготовка ВК к выгрузке ЧТП с ОТВС (кантовка контейнера ВК в вертикальное положение);

3) при помощи тросовой тележки ЧТП с ОТВС через наводящее устройство перемещается в пом 319 и устанавливается в ОХТЧ;

4) в ОХТЧ при помощи тросовой тележки производится перегрузка ОТВС из чехла транспортного передаточного в пеналы для хранения ОТВС на ХОЯТ-1, которые после перегрузки в них топлива устанавливаются на штатные места хранения.

Выгрузка ОТВС из ХОЯТ-1 осуществляется в обратной последовательности (рис. 9) тем же оборудованием, что и приемка и подготовка ОТВС к хранению.

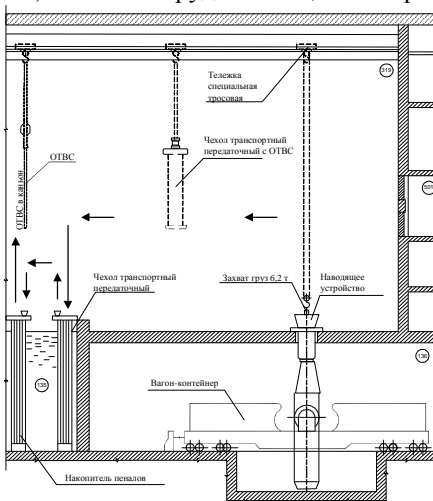


Рисунок 8 – Общий вид процесса приемки ОТВС в ХОЯТ-1

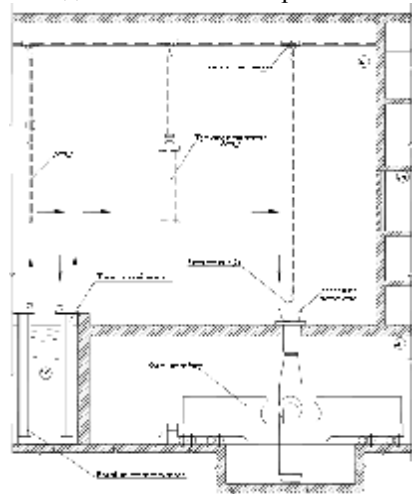


Рисунок 9 – Общий вид процесса обратной выгрузки ОТВС из ХОЯТ-1

### Обращение с поврежденным ОЯТ

Поврежденное отработавшее ядерное топливо на ГСП ЧАЭС хранится как в стандартных и специальных пеналах разнообразной конструкции (рис. 10–13) так и в унифицированных специальных пеналах (УСП) и корзинах для размещения специальных пеналов (КРСП).

Всего в БВК, БВТК блока 1 и в ХОЯТ-1 хранится 56 поврежденных ОТВС:

- 5 на блоке 1 (в стандартных пеналах);
- 27 на блоке 1 (в специальных пеналах);
- 3,5 в БВ ХОЯТ-1 (в стандартных пеналах);
- 20,5 в Каньоне ХОЯТ-1 в УСП/КРСП.



Рисунок 10 – Фотография поврежденного ядерного топлива, находящегося в специальном пенале

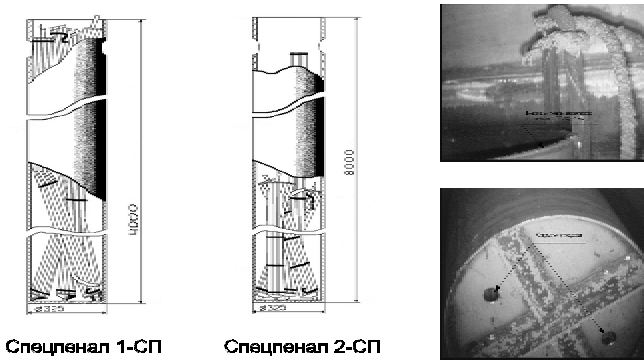


Рисунок 11 – Специальный пенал с ПОЯТ тип 1 и 2

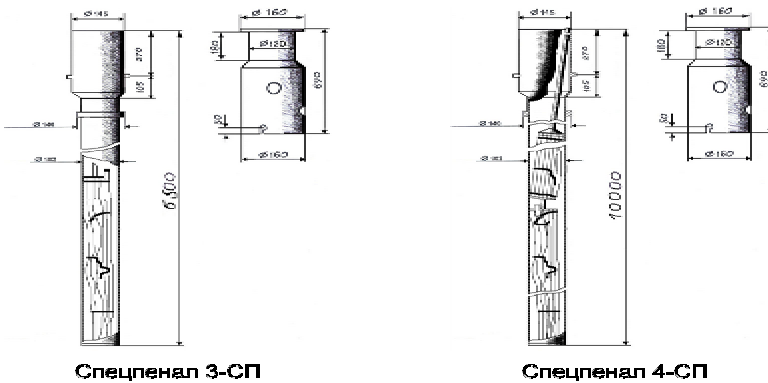


Рисунок 12 – Специальный пенал с ПОЯТ тип 3 и 4

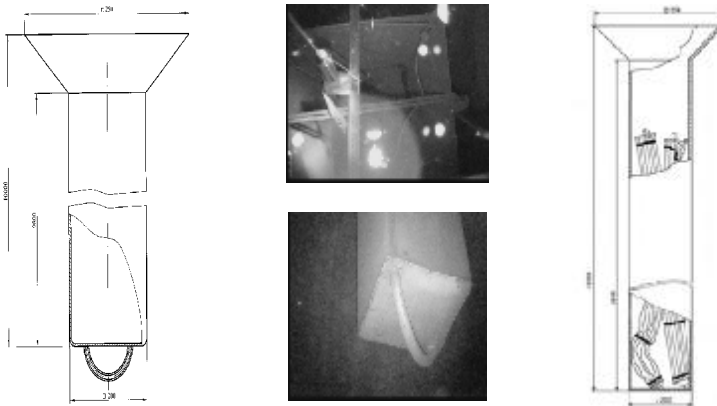


Рисунок 13 – Специальный пенал с ПОЯТ тип 5

Основными дефектами ПОЯТ являются механические дефекты, включая нарушение герметичности оболочек ТВЭЛ. В состав дефектов входят:

- отрыв ТВС от штанги;
- расштифование хвостовика и/или гайки;
- смещение ТВЭЛов;
- обрыв штанги;
- деление ТВС на два пучка ТВЭЛ (ТВС разделена по температурному зазору);
- деформирование и повреждение дистанционирующих решеток;
- деформация ТВЭЛ;
- отсутствие хвостовика или гайки.

С помощью штатного оборудования ЧАЭС операции по обращению с ПОЯТ не могут быть выполнены.

Для создания возможности по обращению с ПОЯТ, размещенным на временное хранение в бассейнах выдержки 1БВК-1, 1БВТК блока 1, 2БВК-2 блока 2 разработан Технический проект «Оборудование и технология стабилизации, перевозки и хранения СП с ПОЯТ», 20628232.39/63.00.00.00 ПЗ (Т). Реализация данного технического проекта позволяет выполнить работы по стабилизации специальных пеналов с ПОЯТ и перевозки их в ХОЯТ-1 на хранение.

В рамках реализации Технического проекта «Оборудование и технология стабилизации, перевозки и хранения СП с ПОЯТ», с целью перевода поврежденного ядерного топлива в состояние, обеспечивающее его безопасное хранение и возможность перевозки в контейнере вагона-контейнера, разработано и изготовлено следующее основное оборудование:

– Унифицированный специальный пенал (УСП) (рис. 14) – УСП разработан в двух видах – УСП для СП типа 1 и УСП для СП типа 2 и 5, предназначен для стабилизации и хранения специальных пеналов с поврежденным ядерным топливом в бассейнах выдержки кассет блоков 1, 2, каньоне ХОЯТ-1 и перевозки СП с ПОЯТ в контейнере вагона-контейнера. Корпус пенала представляет собой обечайку (труба

с наружным диаметром 426 мм и толщиной стенки 6 мм.) с приваренным днищем и верхним фланцем. На фланце расположены четыре зажимных «невыпадающих» болта для приема, закрепления и фиксации крышки. В днище пенала вмонтирована сетка-фильтр для предотвращения просыпей ОЯТ через дренажные отверстия. В верхней части обечайки расположены отверстия для выхода воздуха, которые прикрыты сеткой.

Корзина для размещения специальных пеналов (КРСП) (рис. 15) – предназначена для стабилизации и хранения от 1-го до 4-х СП типа 3,4 и СДП с ПОЯТ в БВК блоков 1, 2, каньоне ХОЯТ-1, а также перевозки СП и СДП с ПОЯТ в контейнере вагона-контейнера. Корпус корзины представляет собой кассету из четырех труб, связанных между собой днищем, верхним фланцем и двумя дистанционирующими решетками с помощью сварки. В верхний фланец вмонтирован стержень на который навинчен грибок, служащий для крепления крышки и биозащиты и для перемещения пенала. В каждый отсек днища корзины вмонтирована сетка-фильтр для задержания просыпей ОЯТ через дренажные отверстия. В верхней части каждого отсека (трубы) расположены отверстия для выхода воздуха, которые прикрыты сеткой.

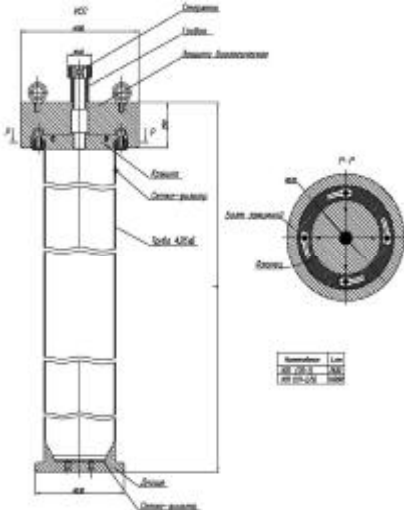


Рисунок 14 – Унифицированный специальный пенал

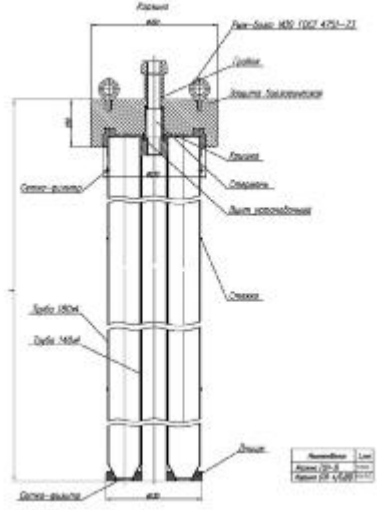


Рисунок 15 – Корзина для размещения специальных пеналов

– Стяпель (рис. 16) – размещается на подготовленной позиции в БВК 1-го, 2-го блоков ЧАЭС или ОХТЧ ХОЯТ-1 и предназначен для установки на него УСП/КРСП для загрузки в них СП и стандартных доработанных пеналов (СДП) с ПОЯТ, а также для подготовки УСП/КРСП к хранению или транспортированию. Кроме того, стяпель предназначен для размещения на нем СП и стандартных пеналов для подготовки их к загрузке в УСП/КРСП.

– Адаптер-удлинитель для специальных пеналов типа 1, 2 (рис. 17) – предназначен для перемещения специального пенала типа 1, 2 с ПОЯТ в БВК и БВТК под слоем воды, установки СП на стпель и загрузки СП с ПОЯТ в УСП.

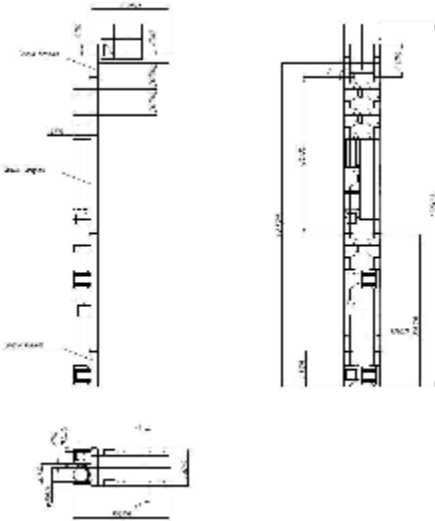
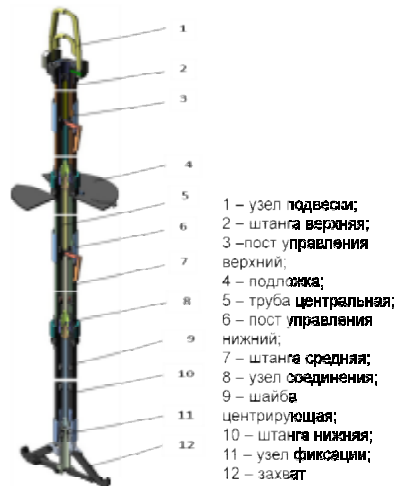


Рисунок 16 – Стпель



- 1 – узел подвеса;
- 2 – штанга верхняя;
- 3 – пост управления верхний;
- 4 – подложка;
- 5 – труба центральная;
- 6 – пост управления нижний;
- 7 – штанга средняя;
- 8 – узел соединения;
- 9 – шайба центрирующая;
- 10 – штанга нижняя;
- 11 – узел фиксации;
- 12 – захват

Рисунок 17 – Адаптер-удлинитель для специальных пеналов типа 1, 2

– Адаптер-удлинитель для СП типа 3, 4 и СДП с ПОЯТ (рис. 18) – предназначен для перемещения специального пенала типа 3, 4 с ПОЯТ в БВК под слоем воды, установки СП на стпель и загрузки СП и стандартного доработанного пенала с ПОЯТ в КРСП.

– Адаптер-удлинитель для СП типа 5 (рис. 19) – предназначен для перемещения специального пенала типа 5 в БВК под слоем воды, установки его на стпель и загрузки СП с ПОЯТ в УСП.

– Адаптер-удлинитель для обращения и хранения УСП/КРСП (рис. 20) – предназначен для обращения с УСП или КРСП (перемещение под слоем воды в бассейне выдержки, установка на стпель, загрузка в вагон-контейнер, хранение на консолях бассейна выдержки).

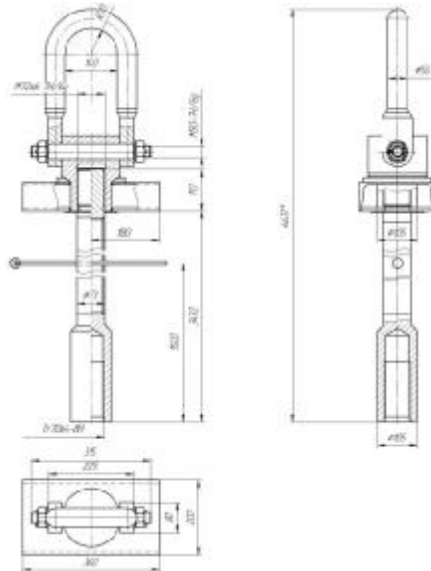
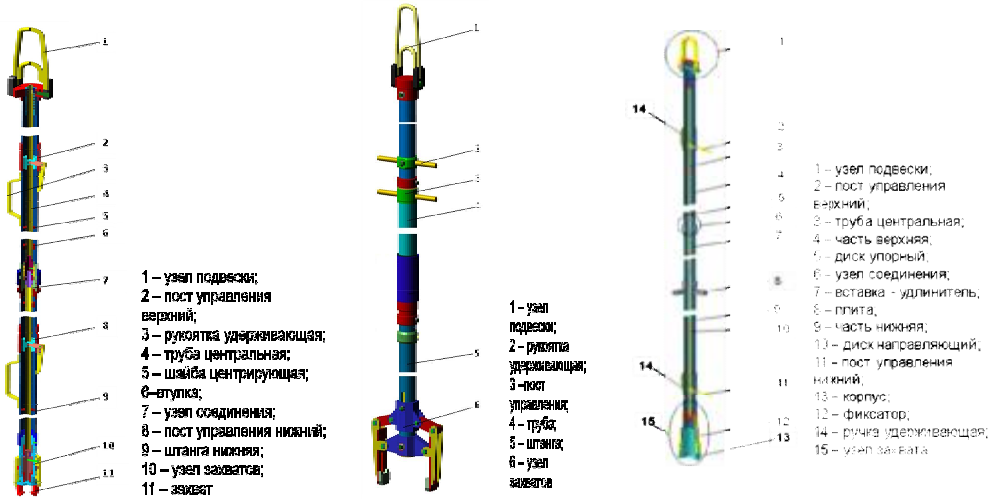
– Адаптер для обращения и хранения УСП (КРСП) на ХОЯТ-1 (А-ХОЯТ) (рис. 21, 22) – предназначен:

- для перемещения УСП (КРСП) под слоем воды в отсеке хранения транспортных чехлов и каньоне ХОЯТ-1, а также в БВ блоков 1, 2;
- для хранения УСП (КРСП) на консолях каньона ХОЯТ-1;
- для временного размещения УСП (КРСП) на консолях БВ блоков 1, 2.

Адаптер для обращения и хранения УСП (КРСП) имеет два исполнения:

– А-ХОЯТ исполнения 1 (рис. 21) (имеющий опору на 2 рядом стоящие консоли), используется при массе УСП (КРСП) до 1,5 т;

– А-ХОЯТ исполнения 2 (рис. 22) (имеющий опору на 4 рядом стоящие консоли, с системой равномерного распределения нагрузки), используется при массе УСП (КРСП) до 3 т.



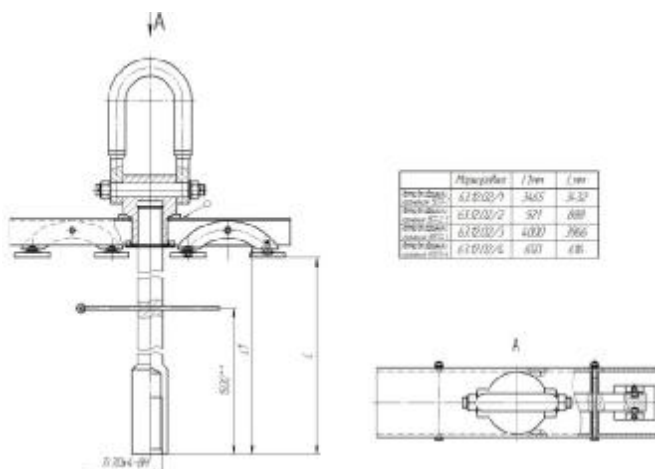


Рисунок 22 – Адаптер для оброблення і зберігання УСР (КРСР) на ХОЯТ-1 (А-ХОЯТ). Виконання 2

### Размещение ПОЯТ на хранение в Каньоне ХОЯТ-1

В БВ блоках 1, 2, на стапеле, специальные пеналы типов 1–5 подготавливаются к загрузке (удаление посторонних предметов), а затем загружаются в УСР (КРСР). Затем УСР (КРСР) с ПОЯТ устанавливается в вагон-контейнер ТК-8, в котором и осуществляется доставка УСР (КРСР) с блоков 1, 2 в здание ХОЯТ-1.

После подготовки вагона-контейнера к выгрузке УСР (КРСР) с ПОЯТ (кантовки в вертикальное положение) выполняется перемещение при помощи тросовой тележки УСР (КРСР) с ПОЯТ через наводящее устройство в пом. 319 и установка в ОХТЧ.

Далее с помощью мостового крана выполняется перемещение УСР (КРСР) с ПОЯТ из ОХТЧ в каньон и установка на балки щелевого перекрытия (штатные места хранения) (рис. 23) с фиксацией съёмными ограничителями (рис. 24).

### Размещения ОЯТ в ХОЯТ-1 при возникновении течи каньона или одного из отсеков БВ

В настоящее время в ХОЯТ-1 созданы условия безопасного размещения ОЯТ при возникновении течи каньона или одного из отсеков БВ, что в свою очередь позволяет:

- осуществлять временное (на время устранения течи) безопасное размещение кондиционного ОЯТ из аварийного отсека БВ в неаварийных отсеках БВ ХОЯТ-1. В случае течи одного из отсеков БВ ХОЯТ-1 пеналы с ОТВС из аварийного отсека размещаются в неаварийных отсеках БВ-1-4. Для размещения ОЯТ по данной схеме к фланцу пенала с ОТВС крепится съёмное приспособление (подвес) (рис. 25), и при помощи захвата вилочного пенал устанавливается на нижнюю полку консоли неаварийного отсека БВ ХОЯТ-1 (рис. 26);



- осуществлять временное (на время устранения течи каньона) безопасное размещение поврежденного ОЯТ в ОХТЧ ХОЯТ-1. В случае течи каньона 27 УСП/КРСП с ПОЯТ, хранящиеся в каньоне, временно перемещаются в ОХТЧ ХОЯТ-1. Схема временного размещения УСП/КРСП с ПОЯТ (рис. 27) в ОХТЧ реализуется путем установки их на защитные настилы (рис. 28), уложенные на дно ОХТЧ. Для исключения самопроизвольного перемещения УСП/КРСП в горизонтальных направлениях стержни адаптеров А-ХОЯТ фиксируются съемными ограничителями (рис. 29);
- отказаться от отправки ОЯТ из аварийного отсека БВ или каньона ХОЯТ-1 на временное хранение в приреакторные бассейны выдержки блоков 1, 2.

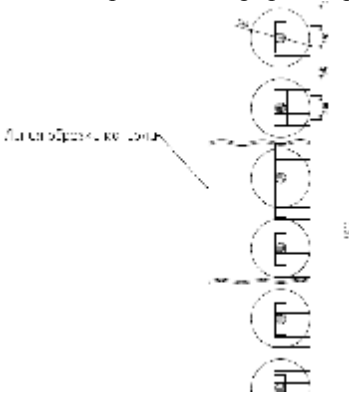


Рисунок 23 – Схема расположения УСП (КРСП) в каньоне ХОЯТ-1

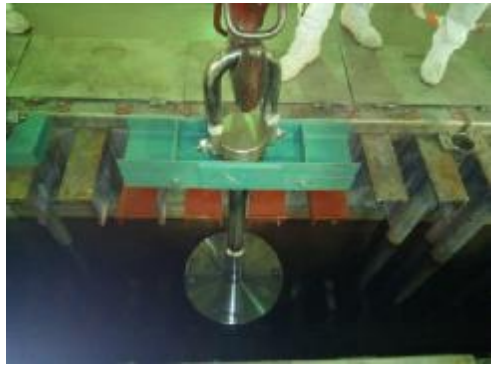
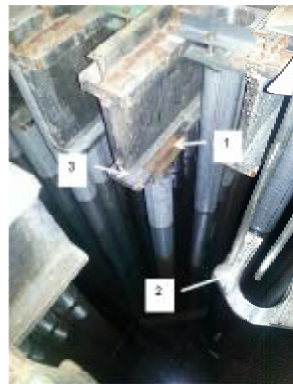


Рисунок 24 – Размещение УСП на консолях каньона с применением съемных ограничителей



Рисунок 25 – Съемное приспособление (подвес)



1 – подвес с пеналом  
2 – выключный захват  
3 – нижняя полка консоли отсека БВ

Рисунок 26 – Установка пенала с ОТВС на нижнюю полку консоли

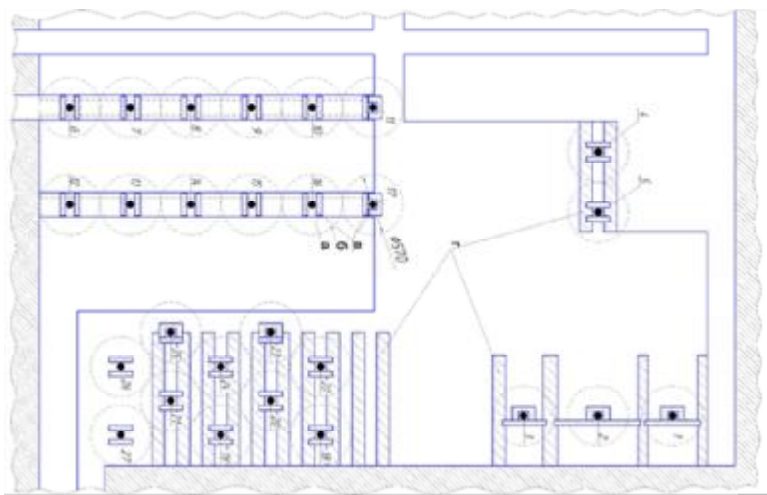


Рисунок 27 – Схема временного размещения УСП/КРСП с ПОЯТ в ОХТЧ



Рисунок 28 – Установки УСП/КРСП с ПОЯТ на защитные настилы, уложенные на дно ОХТЧ в ОХТЧ



Рисунок 29 – Адаптер А-ХОЯТ зафиксированный съемным ограничителем

### **Обращение с отработавшим ядерным топливом при перемещении его на хранение в ХОЯТ-2**

Эксплуатация ХОЯТ-1 планируется до полной выгрузки всех ОТВС в хранилище «сухого» типа ХОЯТ-2. Предполагается, что хранилище ХОЯТ-2 будет введено в эксплуатацию в 2017 г. ХОЯТ-1 будет освобожден от ОЯТ в течение 10 лет после ввода в эксплуатацию ХОЯТ-2 (2027 г.).

ХОЯТ-2 предназначено для подготовки к хранению и хранения в течении 100 лет отработавшего ядерного топлива реакторов типа РБМК Чернобыльской АЭС.

Для транспортировки ОЯТ с ХОЯТ-1 на ХОЯТ-2 разработан и изготовлен вагон-контейнер ТК-700 аналогичный по конструкции существующему вагон-контейнеру ТК-8.

В общем виде обращение с ОЯТ при отправке с ХОЯТ-1 на ХОЯТ-2 (рис. 30) включает в себя следующие операции:

- доставка вагон - контейнера ТК-700 из ХОЯТ-1 в ХОЯТ-2;
  - прием вагон - контейнера ТК-700 с отработавшими тепловыделяющими сборками в ХОЯТ-2;
  - выгрузка ОТВС в «горячую» камеру из ТК-700;
  - резка отработавшей тепловыделяющей сборки на два топливных пучка;
  - отрезание удлиняющих стержней отработавших тепловыделяющих сборок;
  - упаковка пучков тепловыделяющих элементов отработавшей тепловыделяющей сборки в топливные патроны;
  - установка топливных патронов с тепловыделяющих элементов в двустенный экранированный пенал (ДСЭП);
  - сушка ДСЭП с установленными в него топливными патронами;
  - герметизация ДСЭП и заполнение его перед отправкой на хранение гелием;
  - доставка ДСЭП в зону хранения отработавшего топлива;
  - установка ДСЭП в бетонные модули хранения;
- контроль процесса хранения ДСЭП в течение 100 лет.

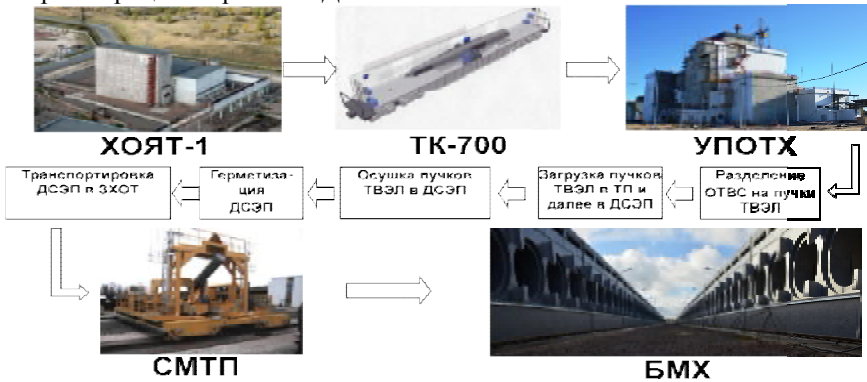


Рисунок 30 – Блок-схема обращения с ОЯТ при отправке на хранения в ХОЯТ-2

Список литературы:

1. Чернобыльская АЭС, III очередь. Хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ), I очередь. Рабочий проект. Сборно-монолитный вариант. Общая пояснительная записка. Раздел «а», 1983.
2. Отчет ВО ВНИПИЭТ «Анализ возможности хранения отработавшего ядерного топлива в существующем ХОЯТ Чернобыльской АЭС» инв. № 92-10507.
3. ГСП Чернобыльская АЭС. Технический проект. Оборудование и технология стабилизации, перевозки и хранения СП с ПОЯТ. Пояснительная записка. №20628232.39/63.00.00.00 ПЗ (Т).
4. ГСП Чернобыльская АЭС. Сухое хранилище отработавшего ядерного топлива (ХОЯТ-2). Проект завершения строительства. Том 1. Общая пояснительная записка. ISF2/UKR/102425.001-PZ.

ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПІД ЧАС ЗАКРИТТЯ  
ТА КОНСЕРВАЦІЇ БЛОКІВ № 1, 2, 3 ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

**Холодюк А. О.,** Сізов А. О.,

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України,  
Чернобиль, вул. Кірова, 36а, 07270, Україна*

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS DURING THE CLOSURE AND  
CONSERVATION OF UNITS NUMBER 1, 2, 3 OF THE CHERNOBYL NUCLEAR  
POWER PLANT

**Kholodiuk A. O.,** Sizov A. O.,

*Institute for safety problems of NPPs of Ukraine's NAS,  
Chornobyl, 36a, Kirova str., 07270, Ukraine*

**Annotation:** At present, the Chornobyl NPP is under decommissioning. This is preparatory stage for decommissioning – the stage in which the nuclear fuel from the reactors will be unloaded and move it to the repository that is designed for its long-term storage.

Activities at the stage of final closure and conservation of units number 1, 2, 3 can make an impact on the environment, both in normal conditions of work, and in the case of different scenarios of potential accidents. Thus, when performing normal work during final closure and conservation of units of ChNPP, an additional radiation effects on environmental, social and technological environments are significantly lower than the national and regional health and safety regulations and is acceptable in terms of environmental safety. Radiation environmental impact of possible accidents in the process of work will not exceed health and safety regulations for radiation accidents established in NRSU-97.

Діяльність на етапі остаточного закриття і консервації блоків № 1, 2, 3 може здійснювати вплив на навколишнє середовище, як в умовах нормального виконання робіт, так і у випадках реалізації різних сценаріїв потенційних аварій.

Головними джерелами потенційного впливу на навколишнє середовище в процесі виконання робіт на етапі остаточного закриття і консервації блоків є: технологічні канали, канали СУЗ, радіоактивно забруднене устаткування і будівельні конструкції, що розташовані в зонах виконання демонтажних робіт.

Схема розташування джерел викиду радіоактивних речовин при реалізації проєктованої діяльності на етапі ОЗіК надана на рис. 1.

Виконання запланованих робіт супроводжуватиметься:

- викидом радіоактивних речовин;
- утворенням вторинних радіоактивних відходів.

Радіаційний вплив на навколишнє середовище при нормальному виконанні робіт і у випадках реалізації різних сценаріїв потенційних аварій усередині блоків буде обумовлений газо-аерозольним викидом через ВТ-1 (для блоків 1 і 2) і НВТ (для блока 3). При цьому, вихід радіоактивних речовин в навколишнє середовище буде мінімізований за рахунок очищення на фільтрах повітря, що викидається (ефективність очищення – 99,9 %), за винятком випадку, коли в якості аварійного сценарію розглядається відмова системи фільтрації викиду.

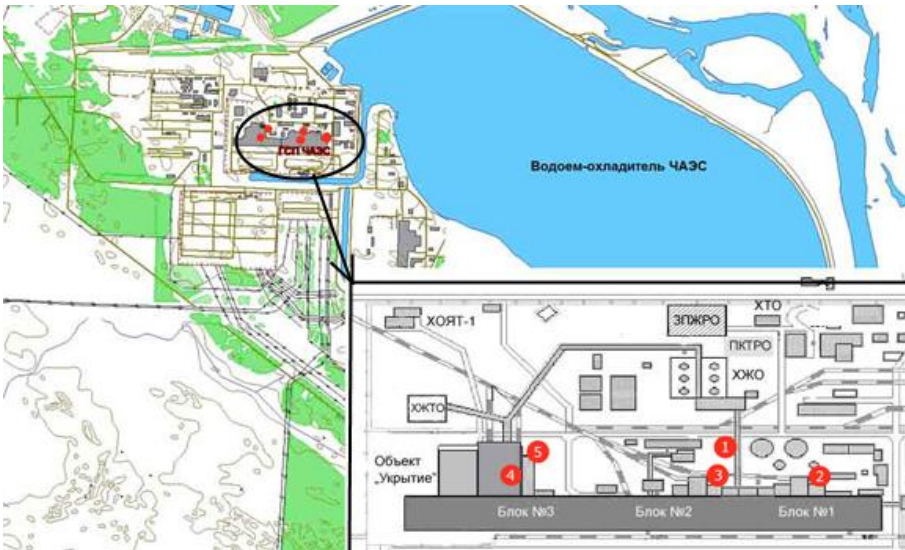


Рисунок 1 – Схема розташування джерел викиду радіоактивних речовин на промайданчику ДСП ЧАЕС.

Позначення: 1 – вентиляційна труба ВТ-1; 2 – майданчик фрагментації конструкцій, що демонтуються, блока 1; 3 – майданчик фрагментації конструкцій, що демонтуються, блока 2; 4 – вентиляційна труба НВТ; 5 – майданчик фрагментації конструкцій, що демонтуються, блока 3.

При роботах за межами блоків (або усередині блоків за відсутності конструкцій шатрів), газо-аерозольний викид в навколишнє середовище при нормальному виконанні робіт і у випадку реалізації різних сценаріїв потенційних аварій здійснюватиметься безпосередньо з місць виконання робіт.

В процесі нормального виконання робіт на етапі остаточного закриття і консервації блоків № 1, 2, 3 не передбачається організованих скидань радіоактивних і небезпечних хімічних речовин в навколишнє середовище. Також не передбачається значного збільшення потужності дози гамма-випромінювання за межами блоків.

Нерадіаційні впливи на навколишнє середовище в процесі виконання монтажних робіт не мають специфічних особливостей в порівнянні з виконанням подібних робіт в звичайних умовах.

Об'єктами потенційних впливів при здійсненні діяльності на етапі остаточного закриття і консервації блоків № 1, 2, 3 є компоненти навколишнього природного, техногенного і соціального середовищ.

Особливість навколишнього середовища в зоні впливу проектованої діяльності полягає в тому, що радіаційні впливи на нього будуть додатковими, по відношенню до вже існуючого значного техногенного радіоактивного забруднення цієї території, що утворилось внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Основним джерелом радіаційних впливів на природне середовище буде викид в атмосферу радіоактивних аерозолів, їхнє подальше повітряне перенесення і осідан-

ня на підстилаючу поверхню території зони впливу проекрованої діяльності. Відповідно, об'єктами природного середовища, що підпадають під радіаційний вплив, є повітряне і водне середовища, ґрунтовий покрив, тваринний і рослинний світ.

Виконані оцінки свідчать про те, що в умовах нормального виконання робіт максимально можлива об'ємна концентрація  $\beta$ -випромінюючих радіонуклідів у повітрі складе  $5 \cdot 10^{-4}$  Бк/м<sup>3</sup>,  $\alpha$ -випромінюючих радіонуклідів –  $1,8 \cdot 10^{-5}$  Бк/м<sup>3</sup>.

Зазначені вище максимальні значення об'ємної концентрації радіонуклідів в повітрі спостерігатимуться на відстані не більше 2,5 км від джерела викидів, тобто в межах I-ої радіаційно-режимної зони (10-км зони) на території зони відчуження. Ці значення приблизно на порядок (для  $\beta$ -випромінюючих радіонуклідів) і, приблизно, на три порядки (для  $\alpha$ -випромінюючих радіонуклідів) нижче за встановлені контрольні рівні забруднення атмосферного повітря в 10-км зоні.

При нормальному виконанні робіт додаткове надходження радіонуклідів в поверхневі води не перевищить  $6 \cdot 10^9$  Бк/рік, що істотно менше річного винесення радіонуклідів з водами р. Прип'ять в маловоді роки, який дорівнює приблизно  $2,0 \cdot 10^{12}$  Бк/рік. Відповідно, додаткові радіаційні впливи на поверхневі водоймища, унаслідок реалізації проекрованої діяльності, є неістотними.

В умовах нормального виконання робіт максимальна величина сумарного додаткового поверхневого забруднення ґрунтового покриву не перевищить наступних значень:

- $\beta$ -випромінюючі радіонукліди – не більше 100 Бк/м<sup>2</sup>;
- $\alpha$ -випромінюючі радіонукліди – не більше 0,2 Бк/м<sup>2</sup>.

Зазначені вище максимальні значення додаткового поверхневого забруднення спостерігатимуться на відстані не більше 2,5 км від джерела викидів, тобто в межах I-ої радіаційно-режимної зони (10-км зони) на території зони відчуження. Радіоактивні забруднення ґрунтового покриву  $\beta$ -випромінюючими радіонуклідами, що існують в даний час, для 10-км зони змінюються від 0,5 до 60 МБк/м<sup>2</sup>, а  $\alpha$ -випромінюючими радіонуклідами – від 1 до 400 кБк/м<sup>2</sup>. Порівняння максимальних значень додаткового поверхневого забруднення з найменшими значеннями з діапазону існуючого забруднення ґрунтового покриву показує, що воно складе менше 0,02 % від існуючого  $\beta$ - і  $\alpha$ -забруднення.

Для останньої території зони відчуження (за межами 10-км зони), значення щільності забруднення ґрунтового покриву  $\beta$ -випромінюючими і  $\alpha$ -випромінюючими радіонуклідами знаходяться в інтервалах, відповідно, від 20 до 450, і від 0,1 до 4 кБк/м<sup>2</sup>. Сумарне додаткове поверхнєве забруднення на межі 10-км зони, в результаті діяльності з остаточного закриття і консервації енергоблоків ЧАЕС, не перевищить наступних значень:

- $\beta$ -випромінюючі радіонукліди – не більше 30 Бк/м<sup>2</sup>;
- $\alpha$ -випромінюючі радіонукліди – не більше 0,02 Бк/м<sup>2</sup>.

Таким чином, додаткове забруднення ґрунтового покриву за межами 10-км зони не перевищить 0,15 % від існуючого  $\beta$ -забруднення і менше 0,02 % від існуючого  $\alpha$ -забруднення.

Додатковий радіаційний вплив на рослинний і тваринний світ буде обумовлений осадженням радіоактивних аерозолів на ґрунтово-рослинний покрив і водні об'єкти. Проте, на тлі існуючого забруднення цих компонентів навколишнього середовища, додатковий вплив на рослинний і тваринний світ буде незначним.

Додаткова індивідуальна доза внутрішнього опромінення персоналу, що проживає в селетевній зоні (м. Чорнобиль), при нормальному виконанні робіт складе не більше  $1 \cdot 10^{-7}$  мЗв/рік, що приблизно на сім порядків менше в порівнянні з контрольним рівнем дози внутрішнього опромінення для II-ої підгрупи персоналу зони відчуження, яка дорівнює 0,7 мЗв/рік. Додаткова доза опромінення населення, що проживає за межами зони відчуження, буде незначною в порівнянні з квотою межі дози опромінення 40 мкЗв, що встановлено НРБУ-97 для АЕС або підприємств з переробки радіоактивних відходів.

Вплив на техногенне середовище буде пов'язаний з додатковим радіоактивним забрудненням об'єктів в зоні відчуження і додатковим опроміненням персоналу цих об'єктів. Серед різних об'єктів техногенного середовища на мінімальній відстані (2,3 км) знаходиться СВЯП-2. Виконані оцінки свідчать про те, що концентрації радіонуклідів в повітрі і додаткова доза внутрішнього опромінення персоналу СВЯП-2 від 3 до 5 порядків менше за контрольні рівні, що встановлені в ДСП ЧАЕС. Додаткове поверхневе забруднення на майданчику СВЯП-2, що накопичене за весь період виконання робіт з ОЗіК, приблизно на 3 порядки нижче за контрольні рівні (при цьому консервативно не враховувалось вимивання з поверхні і радіоактивний розпад).

Таким чином, при нормальному виконанні робіт на етапі остаточного закриття і консервації блоків ЧАЕС, додатковий радіаційний вплив на об'єкти навколишнього природного, соціального і техногенного середовищ є значно нижчим за національні і регіональні радіаційно-гігієнічні регламенти, і є прийнятним з точки зору забезпечення екологічної безпеки.

Однією з імовірних аварій під час реалізації ОЗіК може бути падіння технологічного каналу на підлогу центрального залу. Розрахунки показали, що максимальне додаткове значення забруднення приземного шару атмосфери  $\alpha$ - та  $\beta$ -випромінюючими нуклідами спостерігатиметься на відстані близько 3,1 км (обчислення виконувались за допомогою програми HotSpot ver. 2.07.1). Інтегральна об'ємна активність  $\beta$ -випромінюючих нуклідів в цій точці складе близько  $240 \text{ Бк} \cdot \text{с}/\text{м}^3$ .

На рис. 2 показана залежність від часу об'ємної активності  $\beta$ -випромінюючих нуклідів ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ) на відстані, на якій спостерігається найбільше забруднення приземного шару повітря (3,1 км). Крива побудована на підставі моделі Гауса.

Максимальне значення об'ємної  $\beta$ -активності складе близько  $2,2 \text{ Бк}/\text{м}^3$ . Середнє значення цієї активності за час проходження радіоактивної хмари (близько 6 хвилин) складе приблизно  $0,7 \text{ Бк}/\text{м}^3$ .

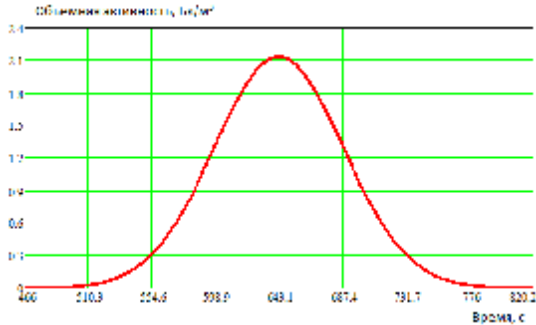


Рисунок 2 – Об'ємна активність  $\beta$ -випромінюючих нуклідів (Бк/м<sup>3</sup>) залежно від часу (с) на відстані 3,1 км до точки викиду

За аналогією, для  $\alpha$ -активних нуклідів значення будуть наступними: інтегральна об'ємна активність в точці максимуму (3,1 км) складе близько 0,1 Бк·с/м<sup>3</sup>; максимальне значення об'ємної активності складе близько  $9 \cdot 10^{-4}$  Бк/м<sup>3</sup>; середнє значення об'ємної активності за час проходження радіоактивної хмари (близько 6 хвилин) складе приблизно  $2,9 \cdot 10^{-4}$  Бк/м<sup>3</sup>.

Одержанні значення додаткової об'ємної активності  $\alpha$ - і  $\beta$ -випромінюючих нуклідів в повітрі за час проходження радіоактивної хмари (6 хвилин) є надзвичайно малими. Вони менше за значення допустимої концентрації радіонуклідів в повітрі для населення (категорія В): 0,8 Бк/м<sup>3</sup> для <sup>137</sup>Cs,  $4 \cdot 10^{-4}$  Бк/м<sup>3</sup> для <sup>238-240</sup>Pu і <sup>241</sup>Am [1]. Це при тому, що допустимі концентрації для населення були одержаними з огляду на тривалість його опромінення протягом 8760 годин.

Таким чином, при потенційній аварії під час демонтажу ТК блоків №1, 2, 3 ЧАЕС, істотних додаткових радіаційних впливів на повітряне середовище не очікується.

З метою мінімізації додаткових впливів на навколишнє середовище передбачені ресурсозберігаючі, захисні і охоронні заходи.

Ресурсозберігаючі заходи спрямовані на збереження і раціональне використання водних, енергетичних і інших ресурсів, повторне їхнє використання і ін.

Передбачені ресурсозберігаючі заходи охоплюють:

- оптимізацію проектних рішень з метою мінімізації об'ємів робіт, що виконуються, і мінімізації необхідних ресурсів;
- використання стандартного устаткування і оснащення при реалізації проекту;
- раціональний вибір конструкції елементів локалізації з метою економії матеріалів;
- ранній демонтаж ТК і каналів СУЗ, що поліпшить умови експлуатації металоконструкцій реактора і підвищить їхню довговічність;
- рішення по зберіганню ТК в «мокрому» БВТК до їхньої переробки на ЛПД, що приведе до істотної економії засобів, які є необхідними для заходів зі створення додаткового біологічного захисту персоналу;
- реконструкція системи пожежогасіння 2-ої черги ЧАЕС, що приведе до економії водних і енергетичних ресурсів.

До захисних заходів належать:



- використання ефективної системи очищення повітря, що викидається;
- використання штатної системи збору і переробки трапних вод;
- організація системи дезактивації для можливості зниження радіоактивного забруднення при виконанні робіт;
- використання спеціальних технічних засобів для запобігання розсипу радіоактивних речовин (зокрема, використання спеціального контейнера для збору розсипів при вивантаженні ТК, застилення підлоги ЦЗ захисною поліетиленою плівкою на маршруті переміщення ТК від вічка до басейну витримки);
- локалізація зони консервації;
- герметизація реакторного простору і забезпечення конструкційної цілісності металоконструкцій реактора;
- реконструкція шатрів центральних залів;
- організація безпечного поводження з РАВ, що утворюються;
- ефективний фізичний захист, що перешкоджає несанкціонованому поширенню радіоактивних речовин.

До охоронних заходів належить моніторинг території зони впливу планованої діяльності. Проведення радіаційного моніторингу включає:

- безперервний контроль на основі стаціонарних автоматизованих засобів вимірювання;
- оперативний контроль на основі пересувних засобів вимірювання і тих, що носять в руках;
- лабораторний контроль на основі стаціонарних лабораторних засобів вимірювання.

Розроблені заходи забезпечать прийнятний рівень залишкових впливів на всі об'єкти навколишнього середовища, як в частині їхнього додаткового забруднення, так і в частині утворення радіоактивних відходів під час здійснення діяльності на етапі остаточного закриття і консервації блоків ЧАЕС.

## **Висновки**

1. При нормальному виконанні робіт на етапі остаточного закриття і консервації блоків ЧАЕС, додатковий радіаційний вплив на об'єкти навколишнього природного, соціального і техногенного середовищ є значно нижчим за національні і регіональні радіаційно-гігієнічні регламенти, і є прийнятним з точки зору забезпечення екологічної безпеки.

2. При потенційній аварії під час демонтажу ТК блоків №1, 2, 3 ЧАЕС, істотних додаткових радіаційних впливів на повітряне середовище не очікується.

3. Розроблені ресурсозберігаючі, захисні і охоронні заходи забезпечать прийнятний рівень залишкових впливів на всі об'єкти навколишнього середовища, як в частині їхнього додаткового забруднення, так і в частині утворення радіоактивних відходів під час здійснення діяльності на етапі остаточного закриття і консервації блоків ЧАЕС.

## **Перелік посилань:**

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. – Затверджені наказом МОЗ України від 14.07.97 р. № 208.

## ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОГО МЕТАЛЛА ПЛАВЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА САМОДЕЗАКТИВАЦИИ

Балакин Валерий, **Машинистов Виктор**, Белан Константин

*Национальная металлургическая академия Украины,  
пр. Гагарина, 4, Днепропетровск, 49000, Украина*

Обобщены результаты теоретических исследований, проведенных в НМетАУ по утилизации радиоактивно загрязненного металла (РЗМ). Предложена технология, в соответствии с которой, в плавильную печь, минуя стадию предварительной дезактивации, в качестве шихты загружается РЗМ. В процессе плавления находящиеся на его поверхности радионуклиды, которые являются источниками ионизирующего излучения (ИИ), переходят в расплавленный металл и распределяются в его объеме равномерно. За пределы изделий, изготовленных из этого металла, выходит ИИ только небольшой части находящихся в них радионуклидов. Излучение остальных радионуклидов полностью поглощается самим металлом, т. е. имеет место эффект, который можно назвать самодезактивацией. Наряду с этим, некоторые радионуклиды испаряются, а часть их переходит в шлак, дополнительно очищая металлопродукцию. В результате обеспечивается получение металла, безопасного в радиационном отношении, что позволяет использовать его в дальнейшем без каких-либо ограничений.

При реализации данного подхода практически не усложняются как известные технологии плавления металлов, так и оборудование плавильных печей. Это позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели утилизации РЗМ, а также существенно уменьшить объемы накапливающихся радиоактивных отходов.

## RADIOACTIVELY CONTAMINATED METAL RECYCLING FEATURES BASED ON MELTING WITH SELF-DEACTIVATION EFFECT

V.F. Balakin, **V.E. Mashinistov**, K.S. Bilan

*National metallurgical academy of Ukraine  
Gagarin av, 4, Dnipropetrovsk, 49000, Ukraine*

**Annotation:** The theoretical research results of radioactively contaminated metal (RCM) recycling were generalized. In accordance with proposed technology RCM is loaded in the melting furnace without pre-deactivation step, and the amount of RCM should not exceed a certain limit. During the melting process of RCM, radionuclides which situated on its surface and which are the sources of ionizing radiation (IR) are move into the molten metal with evenly distribution throughout its volume. This distribution remains in the finished bars. Only a small part of IR from radionuclides leaves beyond the workpieces, made of the metal. Emission of remaining radionuclides completely absorbed by metal himself, i.e., there is an effect that can be called self-deactivation. During the melting process some radionuclides are evaporate, and part of them goes into the slag, additionally clearing the metal. As a result, we get radiation-safe metal, which allowing to use it in the future without any restrictions.

The implementation of this approach almost doesn't complicate known metal melting technology and equipment. This makes it possible to significantly improve technical and economic indicators of RCM recycling process, and significantly reduce the amount of accumulated radioactive waste.

Радиоактивно загрязненный металл (РЗМ) накапливается в ходе ремонта, модернизации или демонтажа оборудования при выводе из эксплуатации объектов ядерной отрасли. Большое количество металлических отходов, загрязненных природными радионуклидами, создается и на других предприятиях, например, на газо- и нефтеперерабатывающих заводах. Большие объемы РЗМ, образовавшихся в результате аварии на Чернобыльской АЭС и в процессе ликвидации ее последствий, находятся в зоне ее отчуждения.

Находящиеся на поверхности металла радиоактивные вещества являются источниками ионизирующего излучения (ИИ), которое создает потенциальную угрозу радиационной опасности для человека.

С целью возвращения в хозяйственный оборот загрязненного металла проводят дезактивацию его поверхности различными методами [1]. Как правило, это недостаточно эффективные, сложные и дорогостоящие варианты решения проблемы.

Более эффективным подходом к утилизации РЗМ считается использование метода переплава [2], при котором достигается более глубокая очистка готовых металлических изделий от радионуклидов. Высокая степень очистки достигается путем использования специальных составов шлаков, что, предположительно, способствует более интенсивному переводу радионуклидов из расплава в шлак. При этом обязательным условием является проведение предварительной дезактивации до определенного уровня поверхности загрязненного металла, который загружается в плавильную печь в качестве шихты.

Необходимость введения в состав шлаков флюсов, добавок во многих случаях приводит к необходимости усложнять как технологию плавки, так и устанавливать дополнительное, как правило, сложное оборудование. Все это существенно понижает эффективность процесса дезактивации.

При анализе существующих технологических решений, в основе которых лежит метод переплава, и опыта эксплуатации плавильных печей обращает на себя внимание тот факт, что при всем многообразии предложенных подходов всегда имеет место очистка выплавляемого металла от радионуклидов. Более того, как показано в работах [3, 4], например, в доменном производстве природные радионуклиды, внесенные в печь вместе с шихтовыми материалами, концентрируются в основном в таких продуктах плавки как шлак и газоаэрозольные выбросы, обеспечивая этим радиационную чистоту выплавленного чугуна. При этом уровень гамма-излучения с поверхности слитков чугуна всегда существенно ниже прогнозируемого. Это свидетельствует о том, что в известных подходах не полностью учитывается влияние эффектов, возникающих при плавлении РЗМ, на дезактивацию выплавляемого металла.

В НМетАУ проводятся исследования по разработке технологии утилизации радиоактивно загрязненного металла, основанной на использовании эффекта самодезактивации, возникающего при плавлении этого металла в металлургических печах.

В работах [5, 6, 7] представлено научное обоснование предложенного подхода, а также показано, что он может быть реализован путем использования металлургических печей без изменения их технологического цикла. При этом на всех этапах переработки РЗМ обеспечивается необходимый уровень радиационной безопасности, как для персонала предприятия, так и для окружающей среды. Целью настоящего доклада является дальнейшее развитие предложенного подхода в плане его практической реализации.

В работе [5] изложена технология утилизации РЗМ, в соответствии с которой, не подвергая предварительной дезактивации, РЗМ загружают в плавильную печь в качестве шихты. При этом ни технологический процесс, ни конструкция печи не требуют никаких дополнительных изменений, вызванных радиоактивным загрязнением шихтовых материалов. В процессе плавления радионуклиды, находившиеся на поверхности РЗМ, внедряются в объем расплава и распределяются в его объеме равномерно. Такое перераспределение радионуклидов, каждый из которых можно представить как элементарный изотропный источник ионизирующего излучения, существенно уменьшает уровень результирующего излучения с поверхности расплава и, следовательно, с поверхности изделий, изготовленных из выплавленного металла. Объясняется это тем, что излучение радионуклидов, находящихся в объеме расплавленного металла поглощается самим металлом. Покинуть пределы металлического слитка может излучение только тех радионуклидов, которые находятся в приповерхностном слое металла толщиной в несколько сантиметров.

Таким образом, не все радионуклиды, находящиеся в объеме изделий из выплавленного металла, вносят свой вклад в формирование ИИ с его поверхности. Поэтому этот эффект можно назвать самодезактивацией РЗМ при его плавлении. Количество радиоактивности, которое может быть внесено в печь, не должно превышать предельно допустимого значения, которое рассчитывается заранее. При этом уровень ИИ с поверхности готовых изделий не превышает допустимый и, как следствие, обеспечивается возможность получения радиационно чистого металла, пригодного для использования без каких-либо ограничений.

Процессы, происходящие при плавлении РЗМ, также способствуют удалению значительной части радионуклидов из расплава. В частности, те радиоактивные вещества, температура кипения которых меньше температуры расплава, испаряются и удаляются через газовый тракт. Также в процессе плавки значительная часть включений, в том числе и радиоактивных, с плотностью, меньшей плотности металла всплывает и переходит в шлак [8]. Все это способствует дополнительному очищению готовой металлопродукции от радионуклидов.

Используемый в качестве шихты металл, поверхность которого загрязнена радионуклидами, фактически представляет собой открытый источник ионизирующего излучения. Потенциальная опасность такого источника для людей обусловлена возможностью воздействия на них как путем внешнего, так и внутреннего облучения. Внутри организма человека радионуклиды могут попасть через органы дыхания в результате их выноса ветром с поверхности РЗМ в атмосферу. Радиоактивные ве-

щества также могут смываться в грунт, мигрировать в нем, и в конечном итоге вместе с водой и пищей также попасть внутрь организма человека.

Находящиеся внутри металлических изделий, являющихся твердым веществом с большой плотностью, радионуклиды жестко зафиксированы, что исключает возможность их выхода во внешнюю среду и, следовательно, они уже не могут быть причиной внутреннего облучения людей. Таким образом, металлические изделия, полученные из РЗМ, можно представить как контейнеры, в которых окончательно захоронены радиоактивные вещества. За пределы этих изделий может выходить только гамма-излучение радионуклидов, находящихся в приповерхностном слое металла. Поскольку длина пробега бета-частиц в металле не более единиц миллиметра, а альфа-частиц – десятков микрометров, то эти виды ионизирующих излучений полностью поглощаются в металле и не выходят за его пределы [9]. Никакие виды обработки металлических изделий (прокатка, ковка, резание и др.) не могут привести к повышению уровня ионизирующего излучения с их поверхности, т. е. они остаются радиационно чистыми и могут использоваться без каких либо ограничений.

По приведенным в [7] оценкам масса оставшихся в металле радиоактивных веществ в  $10^6$ – $10^8$  раз меньше всей массы выплавленного металла. Столь низкая концентрация этих включений в металле не может повлиять на физико-химические и эксплуатационные свойства изделий из него. Также нет необходимости контролировать состав и удельную активность радионуклидов, находящихся в металле, который представляет собой несыпучее и непористое вещество и он не может быть источником внутреннего облучения людей.

Описанные процессы подобны тому, как формируется естественный радиационный фон на поверхности Земли. В земной коре находится большое количество естественных радионуклидов, являющихся источниками всех видов ионизирующего излучения, однако основной вклад в радиационный фон вносят гамма-излучающие радионуклиды, находящиеся в верхнем слое почвы толщиной до 50 сантиметров.

Предложенная технология может быть применена и для утилизации конструкций и элементов, отработавших свой срок ядерных реакторов, которые имеют высокий уровень наведенной активности под действием мощного нейтронного излучения. Наряду с тем, что наведенные радиоизотопы являются источником ИИ, проникающие в металл нейтроны могут существенно изменить его свойства.

Наведенная активность создается в объеме металла, поэтому обычные приемы дезактивации его поверхности здесь неприменимы. Предварительные оценки показывают, что предложенная технология утилизации РЗМ может не только обезопасить в радиационном отношении активированный металл, но и восстановить его механические и эксплуатационные характеристики.

Для оценки возможности технической реализации данного подхода к утилизации РЗМ и возможности его широкомасштабного внедрения в практику, изложенные теоретические положения нуждаются в проверке путем проведения натурных экспериментов.

Предлагаемая технология утилизации РЗМ требует, чтобы количество активности, вносимой в печь вместе с шихтой, не превышало некоторого определенного

заранее допустимого значения. Это значение определяется мощностью дозы гамма-излучения с поверхности изделий, изготовленных из выплавленного металла. Альфа-частицы и бета-частицы, излучаемые этими радионуклидами, не выходят за пределы металла, поскольку их пробег в металле чрезвычайно мал. Поэтому входной радиационный контроль заключается в оценке суммарного количества активности только гамма-излучающих радионуклидов, загружаемых в печь. Также необходимо учитывать, что, как правило, состав радионуклидов на поверхности РЗМ неизвестен и степень загрязненности его фрагментов различна.

В [6] предложена методика расчета количества активности шихты, которая сводится к определению значения средней мощности дозы гамма-излучения с поверхности фрагментов, загружаемых в печь, и их общей массы. Среднее значение мощности дозы не должно превышать допустимого предельного значения, а масса шихты – емкости печи. Измерения мощности поглощенной дозы гамма-излучения с поверхности металла, подготовленного для загрузки в печь, проводятся радиометрическими приборами в соответствии с правилами [10]. Перед загрузкой в плавильную печь производится фрагментация РЗМ до необходимых массо-габаритных параметров компонентов шихты.

Плавление РЗМ целесообразно проводить в индукционной печи, которая имеет ряд преимуществ перед другими типами печей. Так, под действием переменного электрического поля разогрев металлических фрагментов начинается с их поверхности, что способствует более интенсивному испарению радионуклидов и их уносу через пустоты между фрагментами шихты в газовый тракт. Также под действием переменного электрического поля происходит интенсивное перемешивание расплава. Эти процессы помогают более полному очищению металла от радионуклидов.

Комплекс для утилизации РЗМ представляет собой радиационно-ядерный объект, что обуславливает необходимость проведения радиационного контроля на всех этапах технологического процесса.

**Выводы.** Выполненный в докладе анализ предложенной технологии утилизации РЗМ показывает ее потенциальную эффективность. По сравнению с известными, в данной технологии предлагается плавить РЗМ, исключив стадию его предварительной дезактивации, и без принятия дополнительных мер, способствующих переводу радиоизотопов из расплава в шлак. При реализации данного подхода практически не усложняются как существующие технологии плавления металлов, так и необходимое оборудование плавильных печей. Это позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели процесса утилизации РЗМ и существенно уменьшить накопившиеся объемы твердых радиоактивных отходов.

Литература:

1. Бекман И. Н. Ядерная индустрия. Курс лекций. М., Изд-во МГУ, 2005, 867 с.
2. Черемисин П. И. Обращение с металлическими отходами, загрязненными радиоактивными веществами // Рециклинг отходов. – 2008. – № 2 (14). – С. 2–5.
3. Гасик М. И. Природная радиоактивность шихтовых материалов и продуктов плавки ферросплавов / Гасик М. И., Коваль А. В., Гаврилов В. А. и др. // В кн: Акту-

альные проблемы и перспективы электрометаллургического производства. Материалы междунар. научно-практ. конференции. – Днепропетровск, 1999. – С. 427.

4. Злобинский Б. М., Немцов Н. С. Радиоактивные изотопы в доменном производстве. – Металлургиздат. М., 1963.

5. Машинистов В. Е., Галкин О. Ф. Технология утилизации радиоактивно загрязненного металла на металлургических предприятиях. METALJOURNAL (электронное издание). Режим доступа: <http://www.metaljournal.com.ua/Utilization-technology-of-radioactively-contaminated-metals-from-smelters/>. – Днепропетровск, 2015.

6. Машинистов В. Е., Галкин О. Ф. Оценка радиационной обстановки при утилизации радиоактивно загрязненного металла с использованием эффекта самодезактивации. METALJOURNAL (электронное издание). – Режим доступа: <http://www.metaljournal.com.ua/Assessment-of-the-radiation-situation-in-the-disposal-of-radioactively-contaminated-metal-using-self-deactivation-effect/>. – Днепропетровск, 2015.

7. Балакин В. Ф., Машинистов В. Е., Галкин О. Ф. Практические аспекты утилизации радиоактивно загрязненного металла на металлургических предприятиях. METALJOURNAL (электронное издание). Режим доступа: <http://www.metaljournal.com.ua/Practical-aspects-of-the-utilization-of-radioactively-contaminated-metals-from-smelters/>. – Днепропетровск, 2015.

8. Еланский Г. Н. Строение и свойства жидкого металла – технология плавки-качество стали / Г. Н. Еланский, В. А. Кудрин. – М.: Металлургия, 1984. – 239 с.

9. Кимель Л. Р. Защита от ионизирующих излучений: справочник / Л. Р. Кимель, В. П. Машкович. – М.: Атомиздат, 1972. – 312 с.

10. ДСЕПІН 6. 6.1. -079 /211.3.9. 001-02. Державні санітарно-екологічні правила і норми з радіаційної безпеки при проведенні операцій з металобрухтом; надано чинності 17-01-2002. – 23 с.

## СТАН ТА АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ УКРАЇНИ – УРОКИ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ

**Казимиров О. С.,** Казимилова Г. П., Мартинюк Л. Б., Ієвлев С. М., Чорний Є. В.

*НВП «АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД», м. Київ, Україна*

Розглядаються досвід впровадження засобів радіаційного контролю для мінімізації наслідків Чорнобильської аварії, впровадження нових технологій радіаційного контролю в різних сферах використання атомної енергії.

### STATUS AND ACTUAL PROBLEMS OF RADIATION MONITORING OF UKRAINIAN NPP – LESSONS OF THE CHERNOBYL ACCIDENT

**Kazimirov A. S.,** Kazimirova G. P., Martynuyk L.B., Ievlev S. M., Chorny E.V.

*Research & Production Enterprise «ATOMCOMPLEXPRYLAD», Kyiv*

**Annotation:** Reviewing the experience of the implementation of radiation monitoring for the minimizing the aftermath of the Chernobyl accident and new technologies for radiation monitoring in various fields of nuclear power utilization.

Розвиток вітчизняного приладобудування має велике значення для вирішення науково-технічних та соціальних задач, які впливають із вимог Законів України: «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»; «Про поведження з радіоактивними відходами»; «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання»; «Про правовий режим територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи»; «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та інших нормативних документів, в тому числі і міжнародних, які діють в Україні.

Якщо відразу після Чорнобильської катастрофи у країні відчувався гострий дефіцит приладів радіаційного контролю, то сьогодні ця проблема практично знята з порядку денного. На українському ринку в галузі радіаційного приладобудування разом з нашим, науково-виробничим підприємством «Атом Комплекс Прилад» («АКП»), працює ряд інших, таких як «Спаринг-Віст Центр», «Позитрон» та інші. Всі вони здійснюють повний цикл науково-виробничої діяльності: від розробки – до серійного випуску власної продукції – сучасних приладів та систем радіаційного контролю. Всі прилади є професійними засобами вимірювальної техніки, котрі пройшли сертифікацію Держспоживстандарту України та внесені в Держреєстр засобів вимірювальної техніки. Деякі з приладів пройшли сертифікацію за межами України. Підприємства працюють в умовах впровадженої та сертифікованої системи управління якістю.

Продукція названих підприємств широко використовується в системі радіаційного контролю як в Україні, так і інших країнах, використовується в проектах МАГАТЕ.

Починаючи з 1991 р. в співдружності з профільними інститутами НАН України зусилля НВП «АКП» були спрямовані на створення та впровадження в Україні та в інших



країнах сучасних спектрометричних програмно-апаратних комплексів та систем для контролю радіоактивності в оточуючому середовищі та технологічного радіаційного контролю на АЕС, що мають характеристики на рівні кращих світових зразків. Було розроблено та налагоджено виробництво більше 20 модифікацій гамма-, бета-, альфа-спектрометричних приладів та систем (рис. 1, 2). Розроблено та впроваджено близько 30 методик вимірювання, підготовки проб та валідації результатів.

Багато років успішного використання для контролю продуктів після Чорнобильської катастрофи.



Рисунок 1 – СЕ-БГ-01- «АКП»-150-63



Рисунок 2 – СЕ-БГ-01- «АКП»-150-150

Застосування передових наукових досягнень дозволило вирішити цілий ряд складних завдань, які виникли в результаті аварії на Чорнобильській АЕС. Своєчасне вирішення науково-методичних питань виконання вимірювань, апаратне забезпечення отримання результатів вимірювання та їх обробки, завдяки оригінальним математичним алгоритмам програмного забезпечення дозволило своєчасно задовольнити нагальну медико-соціальну потребу стосовно радіаційної безпеки охорони здоров'я людини в Україні, вирішення проблем охорони навколишнього природного середовища та забезпечення екологічної безпеки.

Завдяки створенню, внесенню до Державного реєстру та налагодженню серійного виробництва сцинтиляційного бета-спектрометра СЕБ-01 вперше в світі була отримана можливість масового визначення  $^{90}\text{Sr}$  без радіохімічного і фізичного концентрування. Така можливість з'явилась завдяки науковому і методичному обґрунтуванню інструментального визначення  $^{90}\text{Sr}$ , розробки алгоритмів обробки бета-спектрів, створення програмного забезпечення управління аналізатором та автоматичної обробки спектрів.

Саме після аварії на ЧАЕС впровадження сучасної технології контролю  $^{90}\text{Sr}$  дозволило замінити екологічно-небезпечний та довготривалий метод радіохімічного виділення  $^{90}\text{Sr}$  безпечним і простим інструментальним методом, зменшити час отримання результату з двох тижнів до двох годин, значно підвищити точність виконання вимірювань та виконувати вимірювання операторам без спеціальної підготовки. Відмовитись від великих витрат на створення нових радіохімічних лабораторій, підготовку і оплату кваліфікованого персоналу, витрат на хімічні реактиви та їх утилізацію. Це стало суттєвим внеском у можливості оперативної передачі цієї інформації у відповідні державні служби для прийняття рішень. Крім того були розроблені спеціальні методики вимірювань і пробопідготовки для молока, води, аерозольних фільтрів та інше.

Бета-спектрометри серії СЕБ-01 отримали схвалення експертів МАГАТЕ, як найкращі за техніко-економічними показниками та науково-методичним забезпеченням серед існуючих аналогів, завдяки чому поставляються за проектами технічної допомоги МАГАТЕ в різні країни. СЕБ-01 входить до Державного еталону активності України.

Розуміючи широкі можливості гамма-спектрометрії як для радіаційного контролю, так і для контролю технологічних процесів на АЕС, підприємство продовжує розвиток та вдосконалення гамма-спектрометрів. Розвиток теоретичних, методичних та експериментальних досліджень в цьому напрямку дозволив створити гамма-спектрометри різноманітного призначення для роботи в різних умовах: у фонових полях до 1,5 Р/год, при низьких та високих зовнішніх температурах, при занурені у воду на глибину до 50 м.

Своєчасною і актуальною була розробка методичних рекомендацій та створення програмного забезпечення для контролю будівельних матеріалів на вміст природних радіонуклідів. Ця розробка, вперше на території колишнього СРСР, дозволила налагодити масовий радіологічний контроль будівельних матеріалів за допомогою сцинтиляційних гамма-спектрометрів.

Розроблений і широко впроваджений у практику гамма- і бета-спектрометрії алгоритм експрес-контролю на неперевищення допустимих рівнів активності в продуктах харчування. Це скоротило час контролю по гамма-радіонуклідам до хвилин і секунд, а по  $^{90}\text{Sr}$  до 20–40 хвилин, що дозволило налагодити експрес-контроль продуктів на ринках і в місцях контролю продукції на експорт.



Рисунок 3 – Спектрометр випромінювання людини «СИЧ-АКП-3»

Більше 25 одиниць «СИЧ» – спектрометрів випромінювання людини – були введені в експлуатацію в перші роки після Чорнобильської катастрофи на базі імпоротної апаратури та власного програмного забезпечення «АК1». Набутий досвід дозволив створити і впровадити спектрометр випромінювання людини власного виробництва «СИЧ-АКП-3» (рис. 3) для контролю за накопичення радіонуклідів персоналом атомних станцій України.

Системний підхід до проблем вимірювання, обробки, аналізу і збереження отриманої інформації спонукав «АКП» до розробки і впровадження в СЕС, розташованих на забруднених територіях, автоматизованих систем радіаційного контролю:

1. «Індивідуальний дозовий контроль» – накопичування та обробка інформації з індивідуального дозового контролю (ІДК) персоналу;
2. «СИЧ-Експрес» – оперативний контроль та накопичування даних про індивідуальні внутрішні дозові навантаження персоналу;
3. «Радіоеколог» – збір та аналіз даних з радіаційного стану атмосфери, водоймищ, населених пунктів, питної води, продуктів харчування;
4. «Будівельні матеріали та приміщення» – створення та ведення бази даних з радіаційного контролю будівельних матеріалів та приміщень;
5. «АКВА» – радіаційний контроль систем водопостачання міст.

Серцевиною всіх програмно-апаратних спектрометричних комплексів є програмне забезпечення, АК1, АКWin, АКWin/АК1-П. Створене на базі оригінальних алгоритмів, програмне забезпечення дозволяє управляти альфа, бета та гамма спектрометрами, автоматично обробляти спектри, зберігати отриману інформацію і передавати результати на принтер чи в бази даних.

За роки діяльності НВП «АКП» поставлені різним замовникам в Україні та за її межами більше тисячі спектрометричних приладів та комплексів.

Нашими приладами оснащені лабораторії радіаційного контролю в радіологічних службах Міністерства охорони здоров'я (санітарно-епідеміологічні станції та інші підрозділи), Міністерства харчової промисловості, Міністерства аграрної політики України, Державного комітету лісного господарства, Державного водного господарства, Української кооперативної спілки, лабораторії ветеринарної служби ринків м. Києва та Запоріжжя, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС), Українського державного об'єднання «Радон», науково-дослідні лабораторії Національного космічного агентства України, ННЦ «Інститут метрології» (для Державного еталону активності), Центри Стандартизації, Метрології та Сертифікації Держспоживстандарту України, Академії Аграрних Наук, Національної Академії Наук, Української Арктичної експедиції та інші. За проектами Міжнародного Агентства Атомної Енергії (МАГАТЕ) гамма-бета-спектрометрами марки «АКП» оснащені лабораторії Міністерства екологічної безпеки та харчової промисловості України, лабораторії Азербайджану, Білорусії, Молдови, Туркменістану, Казахстану.

Таким чином, вдалося:

- вирішити науково-технічні питання щодо розробки альфа,- бета,- гамма-спектрометрів, характеристики яких не поступаються кращим зарубіжним аналогам, а по декільком позиціям перевищують їх;
- організувати виробництво на рівні світових вимог щодо організації процесів проектування, виготовлення продукції в ринкових умовах міжнародної кооперації та забезпечення її якості у відповідності до світових стандартів ISO 9001;
- забезпечити методичне та метрологічне обслуговування впровадженої апаратури;
- налагодити систематичне гарантійне та післягарантійне обслуговування програмно-апаратних спектрометричних комплексів;

- завдяки впровадженню системи проектного менеджменту здійснювати інноваційними методами через сучасні ринкові механізми фінансування (без залучення бюджетних коштів на науково-методичні та науково-конструкторські розробки) повного життєвого циклу своєї продукції «ідея – розробка – виробництво – сервісне обслуговування – навчання користувачів (операторів і спеціалістів)».

Загальна економічна ефективність розробки та впровадження апаратури радіаційного контролю за період 1991–2006 рр. була оцінена у понад 150 млн. грн.

Результатом роботи по вдосконаленню сцинтиляційних гамма-спектрометрів (щодо детекторів, пасивного захисту, електроніки, створення модифікацій під різноманітні потреби замовників та вдосконалення алгоритмів обробки спектрів та програмного забезпечення) стало повне забезпечення потреб України в сцинтиляційних спектрометрах власного виробництва.

Наша діяльність і діяльності колег по цеху отримала високу оцінку – групі провідних виконавців з НВП «АКП», Інституту сцинтиляційних матеріалів та Інституту ядерних досліджень НАН України була присуджена Державна премія України в галузі науки та техніки 2006 року за темою «Розробка приладів та систем контролю, організація їх промислового виробництва та впровадження нових технологій радіаційної безпеки».

Важливим уроком Чорнобильської аварії стало усвідомлення необхідності постійного підвищення безпеки використання атомної енергії у народному господарстві. Експлуатуючі організації, перш за все НАЕК «Енергоатом», приділяють значну увагу цьому питанню.

Для реалізації цих планів нашим підприємством здійснено ряд розробок, що вже впроваджені на діючих АЕС України, ведуться нові розробки. Серед впроваджених розробок слід відмітити комплекс для контролю радіоактивної забрудненості теплоносія першого контуру СТПК-01 (рис. 4) та систему контролю цілісності парогенератора «АЗОТ-16 ПГ», спектрометр енергій гамма-випромінення для визначення активності несорттованих твердих радіоактивних відходів СЕГ-001г «АКП-С»-ТРО (рис. 5).



Рисунок 4 – «СТПК-01»



Рисунок 5 – СЕГ-001г «АКП-С»-ТРО

Говорячи, що за роки незалежності в Україні фактично створено сучасне ядерно-фізичне приладобудування, необхідно враховувати наступне. Україна має 15 діючих блоків атомних електростанцій, що репрезентують одну з найбільших ядер-

но-енергетичних програм у Європі. В Україні функціонують п'ять підприємств з видобування та переробки радіоактивної руди. Близько п'яти тисяч закладів та підприємств використовують джерела іонізуючого випромінювання, більш як 2600 підприємств використовують майже 105000 радіоізотопних приладів. На території нашої країни знаходиться унікальний «Об'єкт Укриття». І разом з цим Україна ще багато років буде вимушена направляти зусилля на мінімізацію наслідків Чорнобильської катастрофи.

У зв'язку з існуючою радіаційною ситуацією, яка склалася внаслідок Чорнобильської катастрофи, вирішенням завдань по розвитку національної атомної енергетики та мінімізації наслідків світової економічної кризи необхідні подальші державні заходи щодо розширення використання сучасних приладів українського виробництва в системі охорони здоров'я, на об'єктах атомної енергетики, в підрозділах цивільної оборони підприємств, в силових відомствах, в системі підвищення кваліфікації спеціалістів та підготовки нових кадрів у відповідних вузах.

Для цього МОЗ України, МНС, НАЕК «Енергоатом», іншим міністерствам та відомствам, що здійснюють радіаційний контроль, доцільно посилити вимоги до щодо використання в своїй діяльності сертифікованих і атестованих приладів національних виробників, які забезпечені технічною підтримкою, методиками та доступним сервісним обслуговуванням.

Для організації і проведення необхідної експертної, аналітичної роботи, здійснення державної координації при впровадженні нових систем та модифікацій існуючих, необхідно довершити впровадження головних організацій, що вже визначені НАЕК «Енергоатом», доручивши їм відповідну роботу за напрямками. Такий підхід забезпечить створення державницької технічної політики за напрямком ядерного приладобудування.

Актуальним питанням є забезпечення вимог радіаційної безпеки в галузі медицини. Необхідним є подальше удосконалення існуючої нормативної бази, що регламентує вимоги до використання приладів радіаційного контролю. Необхідно враховувати проблему використання застарілого парку обладнання в поліклініках та лікарнях, у першу чергу рентгенодіагностичних апаратів, які мають найбільш масове застосування.

Це може бути вирішене забезпеченням лікувальних закладів тестовими пристроями за контролем технічних параметрів радіологічного обладнання різного типу, засобами контролю за дозовим навантаженням на персонал і на пацієнтів. Це дозволить знизити рівень дозового навантаження населення України, контролювати та підтримувати лікувально-діагностичні можливості апаратури на відповідному рівні.

З огляду на перспективи розвитку уявляється важливим Міністерству освіти і науки України ініціювати державну програму «Використання сучасних спектрометричних та дозиметричних приладів» у навчальному процесі.

Комплексне вирішення зазначених питань можливе шляхом створення вітчизняної галузі ядерного приладобудування на базі широкого колективу спеціалістів, що вже склався.

ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ ДОЗИ ВІД  
НАВКОЛИШНЬОЇ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ  
ПРИ БУДІВНИЦТВІ КОМПЛЕКСУ СПОРУД ЦЕНТРАЛЬНОГО СХОВИЩА  
ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Л. І. Павловський, **П. О. Бахмачук**, О. І. Стоянов

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України,  
вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

Запропонована модель, що дозволяє зробити просторовий розподіл потужності дози. Завдяки цьому були визначені місця на промайданчику комплексу споруд ЦСВЯП, в яких є суттєвий вплив на дозу зовнішнього опромінення персоналу від навколишньої радіоактивно забрудненої території, що знаходиться у чорнобильській Зоні відчуження і Зоні безумовного (обов'язкового) відселення.

PREDICTIVE ESTIMATE OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE DOSE  
FROM THE SURROUNDING TERRITORY AT BUILDING OF THE CENTRAL  
SPENT FUEL STORAGE FACILITY

L. I. Pavlovsky, **P. O. Bakhmachuk**, A. I. Stojanov

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine,  
Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine*

**Annotation:** A model resulting the spatial distribution of the dose is proposed. The place with possible significant effect on the dose of irradiation of personnel from the surrounding contaminated areas, located in the Chernobyl exclusion zone and zone of unconditional (obligatory) resettlement is identified at the site of the Central Spent Fuel Storage Facility.

**Вступ.** Централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП) призначено для розміщення і довготривалого зберігання (не менше 100 років) відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) реакторів ВВЕР АЕС України. В рамках проекту будівництва ЦСВЯП планується реалізація технології сухого зберігання ВЯП, що передбачає зберігання його в інертному середовищі з природним повітряним охолодженням.

Майданчик для будівництва ЦСВЯП в адміністративно-територіальному відношенні розташована в Іванківському районі Київської області та знаходиться на території Зони відчуження і Зони безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВіЗБ(о)В). При створенні комплексу споруд ЦСВЯП роботи можна розділити на два етапи: підготовчі роботи і основні роботи.

Проектом підготовчих робіт передбачається виконання підготовки майданчика, створення необхідної інфраструктури, а також нормальних, безпечних (у т. ч. радіаційних) і комфортних умов праці та відпочинку при виконанні робіт з будівництва основних об'єктів ЦСВЯП на основному етапі. На цьому етапі будуть виконані роботи з очищення території майданчика ЦСВЯП від зелених насаджень (вирубка лісу з корчування пнів), які є джерелами радіоактивного забруднення різного ступеня, і

плануванні цієї території (видалення радіоактивного ґрунту, шляхом зрізання техногенного шару, засипка ям і т. п.). Ці та інші роботи пов'язані з підйомом радіоактивно забрудненого пилу. При цьому, колективна доза внутрішнього опромінення складе 0,195 люд.-мЗв, що відповідає 0,13 % від сумарної колективної дози [1], тобто вносить зневажено малий внесок.

На етапі виконання основних робіт передбачається будівництво споруд прийому і перезавантаження ВЯП, майданчик зберігання контейнерів з ВЯП, об'єктів підсобного та обслуговуючого призначення, а також інших об'єктів інфраструктури. Ці роботи проводитимуться на відносно «чистій» території з «чистими» матеріалами. Тому радіоактивно забруднений пил не буде утворюватися, а колективна доза внутрішнього опромінення персоналу на цьому етапі буде значно нижче, ніж на етапі виконання підготовчих робіт. Тому дозою внутрішнього опромінення на етапі основних робіт можна зневажити.

Доза зовнішнього опромінення на етапі основних робіт буде формуватися, в основному, радіоактивно забрудненою територією ЗВІЗБ(о)В, що знаходиться навколо майданчика ЦСВЯП. У даній статті проведена оцінка впливу цієї забрудненої території ЗВІЗБ(о)В на формування дози зовнішнього опромінення персоналу на етапі основних робіт з будівництва комплексу споруд ЦСВЯП.

**Опис майданчики ЦСВЯП.** Ділянка будівництва ЦСВЯП має форму близьку до прямокутника. Рельєф майданчика має м'яко виражений ухил з півночі на південь і характеризується відмітками 142,00–139,00 м у північній частині і 138,50–137,00 м у південній. Майданчик будівництва практично не освоєно. Значна частина території майданчика зайнята сосновим лісом. Організація рельєфу передбачає суцільне планування території на позначку 138,50 м з подальшим виконанням мікропланування майданчика.

Потужність дози (ПД) гамма-випромінювання на майданчику будівництва ЦСВЯП і на прилеглий території, в основному, формується радіоактивно забрудненому ґрунтом і визначається випромінюванням  $^{137}\text{Cs}$ . Внесок  $^{137}\text{Cs}$ , який мігрує в інші середовища (повітря, вода, біологічні об'єкти), незначний.

За час, який минув з моменту аварії на ЧАЕС, ПД на непорушених земельних ділянках знизилася за рахунок радіоактивного розпаду і поглиблення радіонуклідів у ґрунті в порівнянні з червнем 1986 приблизно в 100 разів. Кратність зменшення ПД тільки у зв'язку з поглибленням радіонуклідів у ґрунті, за даними спостережень і розрахунковими оцінками, досягла 2 [2].

Вимірювання ПД гамма-випромінювання виконувалося по сітці 25×25 м на висоті 1 м і 0,1 м з використанням дозиметра-радіометра МКС-07 «Пошук». За результатами гамма-зйомки були виявлені ділянки з підвищеними (аномальними) значеннями ПД. На цих ділянках вимірювання ПД гамма-випромінювання виконувалося по сітці 10×10 м на висоті 1 м і 0,1 м. Картограма розподілу ПД на висоті 1 м (ліворуч) і 0,1 м (праворуч) представлена на рис. 1.

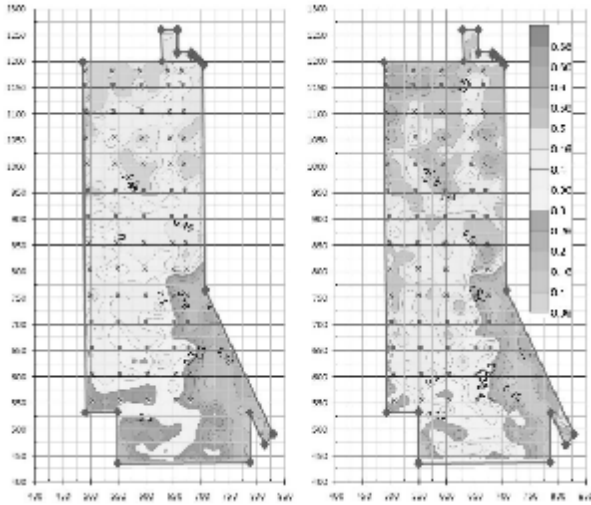


Рисунок 1 – Картограма розподілу ПД (мкЗв/год.) на висоті 1 м (ліворуч) і 0,1 м (праворуч)

Аналіз даних картограм дозволяє зробити наступні висновки:

- із зростанням відстані від ґрунту ПД зменшується;
- максимальне значення ПД на висоті 0,1 м дорівнює 0,70 мкЗв/год., а на висоті 1 м – 0,66 мкЗв/год.;
- середнє значення ПД на майданчику дорівнює 0,41 мкЗв/год. на висоті 0,1 м і 0,37 мкЗв/год. на висоті 1 м;
- площа ділянки з ПЕД більше 0,5 мкЗв/год. відносно невелика і зосереджена у північній межі ділянки.

**Прогнозна оцінка формування дози зовнішнього опромінення.** Будівельно-монтажні роботи будуть проводитися на очищеній від радіоактивного забруднення майданчику ЦСВЯП. Тому, оцінка формування дози зовнішнього опромінення персоналу, що знаходиться на майданчику ЦСВЯП, базувалася на припущенні про те, що основний внесок в цю дозу вносить прилегла радіоактивно забруднена територія.

В основу моделі, що схематично зображена на рис. 2, було покладено ослаблення інтенсивності гамма-випромінювання із збільшенням відстані до радіоактивно забрудненої площини. Забруднена зона має форму квадрата, сторони якого залежать від лінійної довжини ділянки майданчика на якому проводиться моделювання. Таким чином навколо всього майданчика ЦСВЯП створюється модель забрудненої зони. Значення ПД в точках розраховується із суми значень від кожної сторони майданчика ЦСВЯП. Розрахунки проводилися за допомогою програми MicroShield v5.05.

Джерелом забруднення обраний радіонуклід  $^{137}\text{Cs}$ . Розрахунки проводили для точок, що розташовані на різних відстанях від радіоактивно забрудненої площини на висоті 1 м від поверхні ґрунту (див. рис. 2).



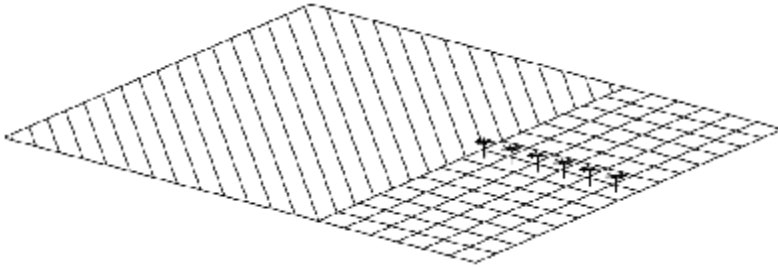


Рисунок 2 – Схематичне зображення розрахункової моделі

Залежність коефіцієнта зменшення ПД від відстані до радіоактивно забрудненої площини представлена на рис. 3. Ця залежність була використана при моделюванні.

Підхід є оціночним, оскільки немає даних про джерело випромінювання: геометричний розмір, активність і розташування. Запропонована модель має розбіжність з реальною ситуацією, ступінь якої складно оцінити. Тому, необхідно ввести граничні умови, які задавали би діапазон значень ПД. Мінімальне значення ПД було визначено на підставі двох критеріїв:

- мінімальне значення ПД повинно бути не менше мінімального значення експериментально виміряного значення ПД;
- мінімальне значення ПД повинно бути не менше значень ПД на «чистій» території (виміряних за межами ЗВіЗБ(о)В).

Для визначення значення першої граничної умови був проведений аналіз експериментальних вимірювань ПД на предмет виявлення мінімального значення. Було проаналізовано 378 точок. Мінімальним значенням ПД є 0,08 мкЗв/год. Це значення також задовольняє другий критерій. Тому це значення було обрано в якості нижньої граничної умови.

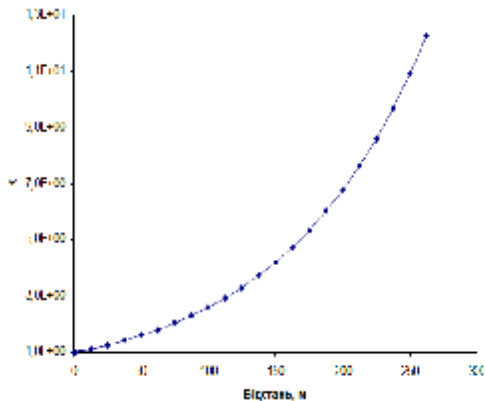


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта зменшення ПД від відстані до радіоактивно забрудненої площини

Критерієм верхньої межі діапазону значень ПД є умова неперевищення експериментально виміряного значення ПД в даній точці. Дана умова впливає з припущення незмінної конфігурації розташування джерел випромінювання за межами майданчика ЦСВЯП, а також не збільшення їх активності за рахунок привнесення джерел ззовні.

На підставі цих умов було розраховано розподіл ПД на майданчику ЦСВЯП на висоті 1 м, що відображений на рис. 4.

Аналіз картограми показує, що найбільші значення ПД (перевищення мінімальних значень у 6 разів) спостерігаються в окремих місцях північно-західної, північної та північно-східної частини периметру майданчику будівництва ЦСВЯП. Джерела випромінювання, що обумовлюють відносно високі значення ПД, знаходяться за межами майданчика, що необхідно враховувати під час планування робіт зі створення комплексу споруд ЦСВЯП.

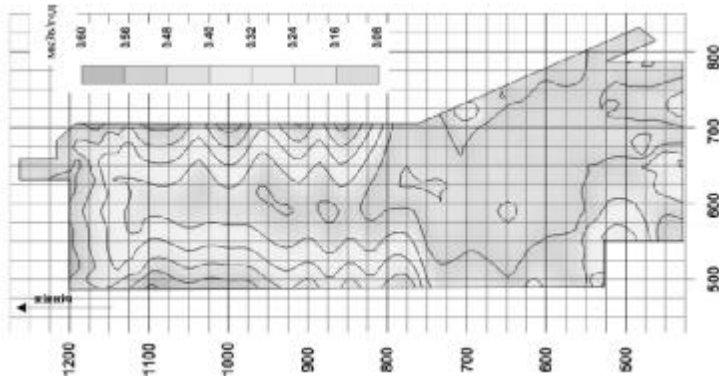


Рисунок 4 – Прогнозна оцінка розподілу ПД (мкЗв/год) на майданчику ЦСВЯП на висоті 1 м

**Висновки.** Радіаційна обстановка на майданчику будівництва ЦСВЯП, після виконання заходів з дезактивації ґрунту буде обумовлена лише джерелами випромінювання, що знаходяться за її межами. Найбільший вплив спостерігатиметься у північній частині ділянки, що необхідно враховувати під час будівництва і експлуатації ЦСВЯП.

#### Список літератури:

1. Строительство Централизованного хранилища отработавшего ядерного топлива реакторов ВВЭР АЭС Украины. ТОМ 17. Проект подготовительных работ. ЧАСТЬ 1. Пояснительная записка, 2014.
2. Деревець В. В., С. І Кіреєв, С. М. Образін та ін. «Радіаційний стан зони відчуження. 15 років після аварії», Бюлетень № 17, 2001 р.

## ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ МІГРАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ТРИТІУ

Коваленко Олександр<sup>1</sup>, Кряжич Ольга<sup>2</sup>, Каревіна Наталія<sup>3</sup><sup>1</sup>*Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ,*<sup>2</sup>*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору  
НАН України, м. Київ,*<sup>3</sup>*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ.  
[economconsult@gmail.com](mailto:economconsult@gmail.com)*

В матеріалі представлено особливості моделювання забезпечення безпеки від джерел техногенного тритію з використанням системного підходу при дослідженні просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи. Зазначено, що існує багато моделей для розрахунку радіоактивних речовин в атмосфері, ґрунті, воді, але вони, в основному, торкаються міграційних проблем і не спрямовані на оцінку впливу на людину. Для вирішення цієї задачі саме і пропонується використання просторів пов'язаних різномасштабних моделей стану системи. Для моделювання тритію, що мігрує за допомогою ґрунтової вологи, слід врахувати параметри ґрунтів. Для цього запропоновано використовувати ступені зв'язаності між твердою і рідкою фазами ґрунту – граничні випадки за висотою пористопружного насиченого рідиною середовища.

Виявлення і прогнозування розповсюдження тритію у оточуючому середовищі може бути реалізоване через дослідження в фізико-хімічних особливостей водню, який знаходиться у оточуючому середовищі та організмі живих істот майже лише у вигляді сполук. Фізичні властивості водню найбільш яскраво проявляються особливостями речовин, до яких входять різні ізотопи водню.

Досліджене питання розповсюдження тритію та його міграції за харчовими ланцюгами у вигляді моделей багатофазних різнорідних середовищ. Зроблені висновки та зазначені перспективи подальших досліджень.

## THE DETAILS OF MODELING OF MIGRATION OF TECHNOGENIC TRITIUM

O. Kovalenko, O. Kryazhych, N. Karevina

**Annotation:** In given article an approach to modeling security from anthropogenic sources of tritium using a systematic approach in the study of state-space representation of system. For research of distribution tritium in water, ground and air of model are determined. But these models do not allow to estimate influence on the man. In article the approach for an estimation of influence on the man is offered.

Selected features of migration of technogenic tritium. These features are justified for use in the models. The proposed transition to formalisierung model provided accurate description of the space of the system state of the environment.

We have studied the distribution of tritium and its migration through food chains. In the form of models of multiphase heterogeneous environments is presented. Using the rules of mathematical logic to make to the problem of formalization of information on state-space representations. The conclusions are made. The prospects are determined for the further researches.

Після аварії на Чорнобильській АЕС у оточуюче середовище потрапило близько  $10^{14}$  Бк тритію. У теперішній час в Україні працюють наукові лабораторії та підприємства, які в своїй роботі використовують та викидають тритій у вигляді оксидів або тритій-газу. Враховуючи те, що вода є основою всіх живих організмів, тритій здатен проникати до тіла людини разом з молекулами води та опромінювати організм зсередини. Це відбувається в наслідок ізотопного обміну, коли важкі ізотопи водню можуть легко і швидко включатися у біохімічні процеси та заміщувати атоми водню на тритій. Небезпека тритію полягає в тому, що основні його фізико-хімічні властивості повністю аналогічні властивостям водню, тому живий організм не розрізняє, які атоми є присутніми аж до виникнення критичного стану організму.

Метою роботи є визначення особливостей моделювання міграції тритію, у разі його викиду, в оточуючому середовищі на ланцюгу «повітря – вода – рослини і тварини – людина».

Дослідженню процесів міграції тритію у оточуючому середовищі присвячена значна частина роботи [1], деякі аспекти моделювання кругообігу тритію розглянуті в [2–3]. Частково зазначена тематика була представлена дослідниками у статтях [4–6], де наведені підходи до моделювання події локального забруднення тритієм.

Техногенна міграція виникає за наявності людського фактору – при небезпечних ситуаціях та аваріях на підприємствах, вибухах, скиді сміття, хімічній обробці полів, при роботі ядерних установок, підприємств ядерної енергетики, видобуванні і переробці урану, кам'яного вугілля, руди. Техногенна міграція підсилюється природною міграцією, в результаті чого хімічні елементи, у тому числі і радіонукліди, переносяться вертикально при випарах вологи після дощу, зростанні дерев і так далі, та горизонтально – за течією річок, вітром, потрапляння з водою у харчові ланцюги живих організмів з переміщенням далеко за межі забруднення.

Останнє є найцікавішим з точки зору розповсюдження ізотопу водню – тритію. Трофічні ланцюжки є рядом послідовних етапів по яких здійснюється трансформація речовини і енергії в екосистемі. При забрудненні одного з ланцюгів радіоактивним ізотопом тритію відбувається міграція, яку дуже важко спрогнозувати і відслідкувати, навіть з врахуванням накопичення небезпечного елемента в живому організмі.

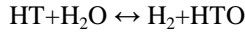
Виявлення і прогнозування розповсюдження тритію у оточуючому середовищі може бути реалізоване через дослідження в фізико-хімічних особливостей водню, який знаходиться у оточуючому середовищі та організмі живих істот майже лише у вигляді сполук. Фізичні властивості водню найбільш яскраво проявляються особливостями речовин, до яких входять різні ізотопи водню. Зокрема, якщо до води замість найпоширенішого атому  $^1\text{H}$ , входить  $^2\text{H}$ , – його ізотоп з двома елементарними частинками (протона і нейтрона), то утворюється важка дейтерована вода. Тритій ( $\text{T}$ )  $^3\text{H}$  має в ядрі два нейтрона і один протон, є радіоактивним елементом і, відповідно, утворює тритіровану воду. В процесі розпаду тритій перетворюється в  $^3\text{He}$  з випусканням електрона і антинейтрона. І хоча електронна конфігурація тритію аналогічна конфігураціям дейтерію і протію, хімічні властивості мають деякі відмінності, що обумовлене різницею атомних мас. Ця електронна конфігурація сприяє і легкому обміну з атомом водню органічної молекули. А враховуючи те,

що атоми водню містяться майже всюди, атоми тритію легко заміщують атоми протію або дейтерію і утворюють тритировані молекули.

Тритій може існувати у вигляді молекулярного тритію  $T_2$ , утворювати молекули прототритію  $HT$  з іншими ізотопами, дейтеротритію  $DT$ , існувати у формах оксидів тритію  $DTO$ ,  $HTO$ ,  $T_2O$ ,  $TMe$  та органічно зв'язаного тритію  $O_3T$ .

Найактивнішими є водні форми. А найбільш розповсюдженим виступає оксид тритію  $HTO$ , що утворюється з тритій-газу в результаті обмінних реакцій з водою чи окислення.

Взаємодія ізотопу водню тритій-газу з заміщенням атомів водню у відкритій воді і повітрі відбувається за хімічним рівнянням обміну з вивільненням водню та утворенням оксиду тритію:



Реакція відбувається у обох напрямках за відповідної температури в межах (16–20,2) °С. Частина  $HTO$  може утримуватися у насиченому парі, що утворюється над поверхнею води або ґрунту.

Водна та парова фаза оксиду тритію легко вбирається рослинами та просочується в ґрунтову вологу. Далі, за трофічними ланцюгами, тритій проходить до організму людини, де при тривалому впливі може накопичуватися, або виділятися з передачею в повітря, до води та іншим живим істотам.

Для моделювання тритію, що мігрує за допомогою ґрунтової вологи, слід врахувати параметри ґрунтів. Для цього запропоновано [6] використовувати ступені зв'язаності між твердою і рідкою фазами ґрунту – граничні випадки за висотою пористопружного насиченого рідиною середовища [7]. Середовище «без зв'язків» буде характеризуватися тим, що рідина вільно циркулюватиме між зернятами твердої фази ґрунту. Прирошення напруги, яке виникає при проходженні пружних хвиль пористопружного насиченого рідиною середовища, не буде змінювати напруги заповнювача, а відбиватимуться тільки на скелеті середовища (це маловологі середовища піску або пісковіку). У середовищі «з довершеними зв'язками» заповнювач не може циркулювати у порах і виштовхуватися з них під тиском динамічної напруги (глини, вапняки). Розрахунки для граничних випадків середовища «без зв'язків» та середовища «з довершеними зв'язками» можуть проводитися на основі моделі пружного однорідного напівпростору з відповідним коефіцієнтом Пуассона матеріалу основи [7].

Запропоноване можна обґрунтувати математичною залежністю взаємодії двох різнорідних середовищ [7]. Так, використовуючи теорію взаємодії багатозафазових середовищ, можна представити рівняння руху для твердої та рідкої фази у деякому контурі (тунелі, трубі) без врахування об'ємних сил:

$$\begin{aligned} \rho_1 \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{ij}^s}{\partial x_i} - W_j \\ \rho_2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_i^f}{\partial x_i} - W_i, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $u_i$ ,  $U_i$  – компоненти векторів переміщення твердої та рідкої фаз відповідно;  $\rho_1 = (1 - m)\rho_s$ ;  $\rho_2 = m\rho_f$ ;  $\rho_s$  – густина твердої фази;  $\rho_f$  – густина рідкої фази;  $m$  –

пористість;  $\sigma_{ij}^s$  – тензор напружень у пружному скелеті (трубі) при проходженні рідини;  $\sigma^f$  – сила, що діє на рідину;  $t$  – час;  $x$  – координата;  $W_i$  – міжфазова сила взаємодії при просування рідини у трубі. Ця сила фільтраційного тертя включає складову, що визначається в'язкими силами на міжфазовій поверхні, та пов'язана з інерційними силами, які обумовлюють прискорення фаз відносно одна одної.

За умов, коли на двофазну систему взаємодії двох різнорідних середовищ діє ряд сил на межах їх розділу, на межі взаємодії двофазного середовища та твердого тіла, а також взаємодії твердої та рідкої фази середовища, можна представити взаємодію всіх сил на систему наступною моделлю:

$$\dot{T} + \dot{W} + 2D = \int_s (\sigma_{ij}^s \dot{u}_i + \sigma^f \delta_{ij} \dot{U}_i) n_j dS, \quad (2)$$

де в лівій частині виразу – сума кінетичної та потенціальної енергії двофазної системи з врахуванням функції дисипації в одиниці об'єму, а поверхневий інтеграл в правій частині – робота всіх сил, що діють на двофазну систему.

За зазначеною моделлю (2) враховується обмеження тиску в рідкій фазі середовища системи. Це у підсумку дозволяє визначати коефіцієнти зрушення твердої фази відносно рідкої фази, тобто, визначити товщину створення певного шару твердої фази, що виштовхує, наприклад, тритієву воду з-під землі на поверхню, звідки вона потрапляє до рослин та організмів тварин, а також випаровується. Ці особливості міграції тритію частково були представлені в [4–6].

Таким чином, прослідковується процес перенесення ізоотопів техногенного тритію, що у результаті аварійної ситуації потрапили спочатку в повітря, а потім – до ґрунтових вод. З цього моменту слід враховувати, що живий організм мешкає в деякому оточуючому середовищі, на яке впливають різні фактори. Існує багато моделей для розрахунку радіоактивних речовин в атмосфері, ґрунті, воді, але вони, в основному, торкаються міграційних проблем і не спрямовані на оцінку впливу на людину. Для вирішення задачі застосування системного підходу при дослідженні перенесення радіоактивних ізоотопів у різних середовищах можна застосувати простори пов'язаних різномасштабних моделей стану системи [4], де зона викиду може бути представлена ділянкою площини  $R, W \in R$  на адміністративно обмеженій території (міста, району, регіону, області)  $\tilde{r} \in R$ .

Простори, що моделюють стан системи, представляються у вигляді вектор-функцій стану оточуючого середовища, рівня забруднення, впливу на середовище, а також просторів операцій, що відбуваються у досліджуваній системі, можуть традиційно бути розглянутими, як контрзаходи на подію. Моделювання стану системи може бути представлене в динаміці на певному проміжку часу.

До людського організму радіоактивні речовини надходять через дихальні шляхи, кишково-шлунковий тракт і шкіру. Через шкіру серед усіх ізоотопів, найбільш легко проникає тритій, який також проникає через органи травлення з водою, а при випаровуванні забрудненої тритієм води разом із повітрям потрапляє до органів дихання. За характером розподілу ізоотопів водню і вуглецю в організмі людини мікробіальний метан, який утворюється в процесі  $\text{CO}_2$  редукції, відрізняється від метану, що

виділяється в результаті ферментації ацетату. Проте конкретна роль активних організмів у фракціонуванні ізотопів водню не встановлена. Ізотопний склад водню і кисню, що в процесі фотосинтезу переходять до вуглеводів рослин із води, практично повністю визначається ізотопним складом води. Ізотопи водню фракціонуються під час перебігу процесів випаровування-конденсації води.

Виведення  $^3\text{H}$  з рослин визначається процесом водообміну. Основний період напіввиведення, характерний для 90 % виведення водної форми тритію НТО, практично не залежить від кліматичних умов і коливається від декількох годин до 10–20 діб.

У роботі [1] наведена модель міграції НТО в системі атмосфера-рослина-грунт. Безумовно, позитивною стороною наведеної моделі є її базування на засвоєнні водної і парової фаз НТО рослинами з врахуванням горизонтальної та вертикальної міграції іонів тритію. Модель орієнтована на те, що понад 90 % водню асимілюється переважно рослинами. Тобто, основним утримувачем НТО виступають рослини. Проте рослини виступають лише частиною трофічного ланцюга, на вершині якого стоїть людина, як споживач не лише їжі рослинного та тваринного походження, а й води і повітря.

Особливості моделювання міграції техногенного тритію були досліджені авторами статистично за період у 10 років. Спостереження проводилися на території Інституту ядерних досліджень НАН України та у реперних точка на віддаленні від 500 м до 20 км. Було виявлено, що активність тритію зростає в період танення снігу та навесні і восени, у дощовий період, що обумовлено додатковим проникненням у оточуюче середовище вод, що утримують НТО, з атмосфери та з поверхні ґрунту і рослин. Першою в ланцюгу досліджень розглядалася питома активність тритію у талій воді снігового покриву. Погода на дату відбору зразків (кінець зими – початок весни) була наступною: вночі температура не опускалася нижче  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , вдень складала  $+4\text{ }^\circ\text{C}$ . В перші дні досліджень температура була морозною, але потім відбулося різке потепління ( $+5\text{ }^\circ\text{C}$ ) з незначним пониженням вночі з активним таянням снігу.

Для того, щоб побудувати цілісну картину міграції тритію в оточуючому середовищі, слід проаналізувати не лише процес руху НТО з атмосфери в гідросферу і через воду – до живого організму, а й розглянути обмін НТО живого організму з оточуючим середовищем та іншими живими організмами. Перехід до формалізованої моделі міграції тритію можливий за умов опису таких просторів стану системи, як:

- опис зони можливого розсіювання радіонуклідів при аварійному викиді;
- моделювання поглинання НТО рослинністю, тваринами і людиною на території імовірного забруднення;
- просочування і випаровування НТО в залежності від складу ґрунтів і особливостей руху ґрунтових і наземних вод;
- моделювання обмінних процесів в навколишньому середовищі;
- вимірювання концентрації НТО в повітрі робочих приміщень підприємства, що небезпечно за викидами тритію;

- контроль забруднення організму працівників підприємства та моделювання стану на основі отриманих даних;
- вимірювання концентрації НТО в житлових приміщеннях працівників підприємства, що працюють з тритієм;
- контроль рівня тритію в організмі тих, хто оточує працівника підприємства, що працює з тритієм (люди, тварини, рослини);
- опис динаміки руху радіонукліду в залежності від погодних умов, пори року, інших можливих станів системи, що досліджується.

У якості висновку можна зазначити, що враховуючи те, що тритій попадає в організми живих істот здебільшого за харчовим ланцюгом, а до людини – ще й через шкіру, моделювання розповсюдження і накопичення тритію необхідно проводити системно, через простори станів середовища, враховуючи особливості як середовища та живих організмів, так і поведінку радіонукліда за різноманітних умов. Лише тоді можна отримати цілісну картину розповсюдження тритію деякою територією та визначити вплив на біосферу.

Наведені особливості моделювання міграції тритію можуть бути використані при розробці програмних продуктів для моделювання стану оточуючого середовища у разі забруднення ізотопами тритію.

#### Список використаної літератури:

1. Долін В. В., Пушкарьов О. В., Шраменко І. Ф. та ін. Тритій у біосфері. – К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 224 с.
2. Коваленко Г. Д., Турбаєвський В. В. Деякі питання моделювання розповсюдження тритію в ґрунтових водах // Ядерні й радіаційні технології – 2004 – т. 4, № 3. – С. 46–52.
3. Коваленко Г. Д., Седнев В. А., Турбаєвський В. В. Накопичення і міграція тритію в районах розташування АЕС з реакторами ВВЕР // Ядерна і радіаційна безпека. – 2004. – № 2. – С. 47–53.
4. Коваленко О.В. Моделювання події радіоактивного забруднення тритієм / О.В. Коваленко // Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – № 1 (1). – С. 199–205.
5. Кряжич О. О., Коваленко О. В. Моделювання події радіаційного забруднення локальних територій в умовах невизначеності // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Київ. нац. Ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол. О.С. Волошкіна, О. М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2015. – Вип. (3) 19. – С. 100–112.
6. Коваленко О. В. Підходи до моделювання забезпечення безпеки від джерел техногенного тритію / О. В. Коваленко // Штучний інтелект : науковий журнал. – К., 2015, – № 1–2(67–68) – С. 99–105.
7. Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред / А. Н. Трофимчук, А. М. Гомилко, О. А. Савицкий – К.: Наук. думка, 2003. – 230 с.



**Секція III.****Реінтеграція територій та соціальна адаптація населення у зв'язку з припиненням експлуатації містоутворюючих підприємств****ЗАПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПУ РЕГІОНАЛІЗМУ ДЛЯ РЕІНТЕГРАЦІЇ  
ТЕРИТОРІЙ І СОЦІАЛЬНОЇ АДАПТАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ****Кременовська Ірина, Святогор Олексій***Інститут економіко-правових досліджень НАН України,  
бульв. Шевченка, 60, м. Київ, 01032, Україна*

Дослідження присвячене виробленню шляхів реінтеграції територій і соціальної адаптації населення в окремих регіонах України. Проаналізовано соціально-економічні процеси й наслідки, що відбулися внаслідок Чорнобильської катастрофи та російської агресії на Донбасі. Показано, що припинення експлуатації містоутворюючих підприємств постає одним з деструктивних чинників, що перешкоджають повноцінній адаптації осіб, які були змушені залишити попереднє місце проживання. Виявлено правові передумови для здійснення заходів з регіоналізації державного управління економікою. Визначено першочергові правові заходи, застосування яких сприятиме посиленню економічної самостійності регіонів. Аргументовано доцільність застосування засобів державного планування господарської діяльності на рівні регіонів і держави загалом. При цьому планування повинне базуватися на врахуванні як публічних, так і приватних інтересів. Також показано доцільність запровадження засад централізованого планування для вирішення проблем переселенців і осіб, які постраждали внаслідок ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС. Обґрунтовано необхідність запровадження принципу регіоналізму у сферу співробітництва держави та регіонів. Наголошено на доцільності розроблення й дотримання програмних і прогнозних документів у зазначеній сфері. Зокрема для усунення диспропорцій розвитку регіонів доцільним вбачається використання теорії економічного районування, а також об'єднання територіальних громад. Сформульовано пропозиції щодо вдосконалення правових засад державного управління економікою на регіональному рівні.

**INTRODUCTION OF THE PRINCIPLE OF REGIONALISM FOR THE  
REINTEGRATION AND SOCIAL ADAPTATION AREAS POPULATION****I. V. Kremenovska, O. A. Svyatogor***Institute for Economic and Legal Research of the NAS of Ukraine,  
blyd. Shevchenko, 60, Kyiv, 01032, Ukraine*

**Annotation:** The research is devoted to elaborate ways of territories reintegration and social adaptation of population in some regions of Ukraine. The socio-economic processes, the results from the Chernobyl disaster and the Russian aggression in the Donbass are analyzed. It is shown that the decommissioning of enterprises is one of the destructive factors that impede adaptation of persons who were forced to leave their pre-

vious place of residence. The legal preconditions for the implementation of measures for the regionalization of state economic management are defined. The legislative priority measures are marked, the application of which will contribute to the economic independence strengthening of the regions. The feasibility of state planning using of economic activities in the regions and the state as a whole is proved. This planning must be based on a consideration of both public and private interests. Also the feasibility of introducing the basics central planning for solving the problems of displaced persons and persons who suffered as a result of liquidation of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant is shown. The necessity of principle regionalism introduction in the sphere of cooperation between the state and regions is marked. The feasibility of developing, complaining with program and forecasting documents in this area is noted. In particular in order to redress the imbalances of regional development efficient to use of economic zoning theory as well as associations of territorial communities. The proposals on improving the legal framework for the state management of economy at the regional level are formed.

Припинення діяльності містоутворюючих підприємств є серйозним, але не єдиним чинником, що спонукає до вироблення шляхів реінтеграції територій і соціальної адаптації населення в окремих регіонах України. Поряд із цим, у різних куточках нашої країни спостерігаються події та явища, котрі змушують людей залишати попереднє місце проживання та розпочинати все наново у більш безпечних регіонах.

Конституцією України у ст. 16 визначено: забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи – катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави (ст. 16) [1]. Про те, наскільки ефективно виконуються наведені норми Основного Закону, дозволяють судити дані офіційних джерел, що відображають прогнозовані демографічні показники по нашій країні. Так, за оцінками ООН, до 2050 р. очікується скорочення чисельності населення в Україні до 33 мільйонів [2]. Фахівці називають різні причини такого скорочення населення, але однією з основних залишається катастрофічне забруднення навколишнього середовища. Неприятливі екологічні умови знижують імунітет людини, провокують виникнення серцево-судинних, онкологічних, інфекційних та інших тяжких захворювань, що зрештою призводить до підвищення рівня смертності.

Прийнятою 2012 р. Загальнодержавною цільовою програмою захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013–2017 рр. в ч. 2 розділу III передбачено проведення комплексу робіт на низці виробничих об'єктів. Зокрема, було заплановано вилучення вибухонебезпечних залишків технологічних продуктів виробництва тротилу на території державного підприємства «Горлівський хімічний завод» (м. Горлівка Донецької області), проведення робіт щодо поводження з небезпечними берилієвмісними відходами на території державного науково-виробничого підприємства «Захід» (м. Київ), ліквідація екологічних і соціальних наслідків тривалого добування нафти та озокериту на території м. Борислава Львівської області, ліквідація негативних екологічних наслідків діяльності державного підприємства «Калійний завод ВАТ «Оріана» (м. Калуш Івано-Франківської області) та проведення інших заходів. Зі змісту розділу VII ви-

пливає, що орієнтовний обсяг фінансування заходів і завдань Програми становить 12251,304 млн. грн., з них за рахунок коштів державного бюджету – 10356,04 млн. грн., місцевих бюджетів – 611,764 млн. грн., з інші, не заборонених законом джерел – 1283,5 млн. грн. [3]. При цьому сумніви викликає не те, наскільки такі суми коштів є достатніми для усунення екологічних наслідків і захисту населення і територій, а те, наскільки ефективно будуть виконуватися заплановані заходи в умовах переважання приватної форми власності на такі промислові об'єкти. Сама по собі ця проблема стала породженням непослідовного підходу колишнього власника – держави, до створення умов для «ринкових перетворень»: спочатку більшість таких промислових підприємств було продано, а тепер, після настання незворотних наслідків для екології, які стали однією з причин масового вимирання населення, на подолання наслідків витрачаються бюджетні кошти.

Постійно зростаючий екологічний дисбаланс, який супроводжує тенденцію до техногенної перевантаженості окремих територій України, – досить великих за своєю площею й таких, що характеризуються високою щільністю населення, потребує вжиття невідкладних (а в деяких областях – і надзвичайних) заходів щодо мінімізації пов'язаних із цим загроз для життя і здоров'я людей. Очевидно, що досі це завдання розв'язане не було, і досягти конкретних результатів у напрямі поліпшення екологічної ситуації в Україні протягом останнього часу також не вдалося. Виняток (певною мірою, умовно) складають території, на яких з різних причин припинили свою роботу великі підприємства тяжкої промисловості або інші об'єкти зі шкідливим виробничим циклом. Отже, припинилися й викиди їх відходів до атмосфери, знизилася забруднення води або земель. Такими причинами зупинки виробництва, як правило, ставала реструктуризація або зміна власника підприємств, часткова або повна розпродаж його цілісних майнових комплексів, передача їх в оренду, а також приватизація. В окремих районах Донецької та Луганської областей чимало великих промислових підприємств припинили свою роботу внаслідок воєнного конфлікту і подальшого розкрадання їхнього обладнання представниками окупаційних сил.

Слід зазначити, що протягом декількох останніх років на територіях країн СНД була припинена робота понад 30 % від усіх, що діяли раніше, великих промислових об'єктів, а деяких із них – з порушенням обов'язкових регламентних процедур. Внаслідок цього низка таких об'єктів і прилеглі території фактично перетворилися на зони надзвичайної екологічної ситуації. Більш детально про це йшлося у попередніх публікаціях, що присвячено питанням системного моделювання ризиків настання економічних і соціальних наслідків на техногенно навантажених територіях [4] і методиці оцінки економічних і соціальних наслідків господарської діяльності на техногенно навантажених територіях [5].

Значне антропогенне порушення і техногенна перевантаженість території України, не усунення негативних соціально-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи, а також пов'язані з цим інші фактори віднесено чинним законодавством про забезпечення національної безпеки до загроз національним інтересам в екологічній сфері. Дотепер реальність цих загроз залишається серед найбільш гострих проблем, що потребують вироблення ефективних рішень для їх нейтралізації. Як доводиться

констатувати, раніше вжитими заходами досягти, принаймні, мінімізації (не кажучи вже про усунення) цих негативних наслідків, не вдалося.

Тепер до цих загроз додалися й наслідки внутрішньої міграції населення, що відбулася в Україні з початку окупації Криму та російської агресії на Донбасі. За оцінками фахівців ООН її було охарактеризовано як найбільш масштабну за всю історію, після великого переселення 1943 р. Управління Верховного комісара ООН оприлюднило дані станом на початок осені 2015 р. щодо кількості внутрішньо переміщених осіб за областями України. Так, найбільшу кількість переселенців прийняла Донецька область – 535 100 осіб, до населених пунктів Луганської області переїхали 210 900 осіб, Харківської – 185 600 осіб. У місті Києві було зареєстровано 105 100 осіб, у Київській області – 43 500 осіб. За іншими областями України: Запорізька – 99 300 осіб; Дніпропетровська – 72 200; Одеська – 30 600; Полтавська – 28 800; Сумська – 14 700; Черкаська – 13 600; Херсонська – 12 500; Вінницька – 12 200; Кіровоградська – 10 300; Львівська – 9 900; Житомирська – 9 600; Чернігівська – 9 400; Миколаївська – 8 300; Хмельницька – 7 100; Івано-Франківська – 3 800; Волинська – 3 700; Закарпатська – 3 300; Рівненська – 3 200; Чернівецька – 2 900; Тернопільська – 2 700 осіб [6, с. 34]. Наведені показники свідчать про неоднорідність розселення людей: найбільше навантаження спостерігається у центральних областях України та м. Києві. Усі внутрішньо переміщені особи самостійно приймали рішення: виїхати чи залишитися, і керувалися виключно інтересами безпеки. Серед них сотні тисяч сімей втратили житло, що було зруйновано через обстріли, а тому були змушені самотужки шукати порятунку в інших містах. При цьому ані на загальнодержавному, ані на регіональному рівні не було вжито заходів щодо забезпечення житлом цих громадян.

Якщо звернутися до історичного досвіду, варто провести умовну аналогію щодо організації відселення людей з територій, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. Евакуація населення з міст Прип'яті, Чорнобиля, районних центрів і сіл 30-кілометрової зони розпочалася вже наступного дня після аварії на Чорнобильській АЕС. Відселення здійснювалося централізовано, було безумовним і не добровільним. Як відомо, місто Славутич, Київської області було збудовано 1986 р. для переселенців – переважно там проживають сім'ї персоналу, що обслуговував Чорнобильську АЕС. Як інший приклад – у Ріпкінському районі, Чернігівської області замість села «старої» Редьківки (що виникло 1689 р., а після аварії опинилося у 30-кілометровій зоні) протягом 1991–1992 р. було побудовано «нову» Редьківку. Зокрема було споруджено 174 будинки для жителів, переселених із забрудненої «старої» Редьківки.

Сьогодні припинення експлуатації містоутворюючих підприємств і брак робочих місць у сільських районах суттєво погіршують життєвий рівень населення і перешкоджають повноцінній адаптації осіб, які були змушені залишити попереднє місце проживання. Вирішення проблеми забезпечення житлом переселенців залишено на розсуд самих переселенців – так само, як і пошук ними роботи. Причиною такого стану справ можна впевнено назвати відсутність на рівні областей і на загальнодержавному рівні організації планування роботи в цьому напрямі.

Таким чином, парадоксом, – як з точки зору політики національної безпеки в екологічній сфері, так і в цілому з точки зору ефективності виконання державою взятих на себе зобов'язань у всіх інших сферах суспільного життя, – виглядає одночасне визнання в Законі України «Про основи національної безпеки України» одним з напрямів державної політики національної безпеки у внутрішньополітичній сфері «створення повноцінного, ефективно діючого місцевого і регіонального самоврядування» [7] та подальше прийняття рішень, які перешкоджають виконанню цих завдань. І питання, пов'язані зі сприянням активізації підприємницької діяльності, адаптацією і забезпеченням соціального захисту внутрішньо переміщених осіб – лише окреме тому підтвердження.

Прийняття вищими органами державної влади досить суперечливих рішень, що стосуються обмеження прав внутрішньо переміщених осіб в умовах відсутності системи перспективного планування їх наслідків (як політичних, так і соціально-економічних), по-перше, не зустрічає позитивного відгуку серед населення, про що нерідко свідчать факти проведення переселенцями резонансних акцій протесту проти утискання їхніх прав і свобод і, по-друге, це не сприяє якісному і кількісному підвищенню рівня життя населення й економіки країни загалом.

Територіальні громади, що приймають переселенців, мають різний економічний потенціал і неоднакові можливості, й тому виявляються нездатними самостійно вирішувати питання соціально-економічного розвитку населеного пункту. Для таких випадків ефективним може стати така форма взаємодії, за якої територіальні громади зможуть об'єднувати матеріальні та фінансові ресурси для досягнення спільної господарської мети і для забезпечення виконання покладених на них соціальних функцій. Однак з ухваленням у 2014 р. Закону України «Про співробітництво територіальних громад» [8] було започатковано створення умов для більш повного використання європейського досвіду організації та стимулювання співпраці територіальних громад базового рівня. Зокрема для усунення диспропорцій розвитку регіонів доцільним вбачається використання теорії економічного районування, а також об'єднання територіальних громад.

Врахувати ті найбільш суттєві зв'язки, що склалися між різними приймаючими громадами в сусідніх регіонах України (передусім, культурні, мовні, національні та етнічні традиції), а також інші чинники для запровадження принципу регіоналізації в державному управлінні економікою можливо за допомогою економічного районування.

Економічне районування являє собою науково обґрунтований поділ країни або великого регіону на економічні райони, що історично склалися або формуються в процесі розвитку продуктивних сил і об'єктивно відбивають територіальний поділ праці. Економічне районування сприяє раціональному розвитку кожного з районів, національному використанню природних умов і ресурсів і, в кінцевому підсумку, прискореному соціально-економічному розвитку всієї країни [9, с. 39].

Планування заходів щодо реінтеграції територій і соціальної адаптації внутрішньо переміщених осіб повинне базуватися на врахуванні як публічних, так і приватних інтересів. Щодо забезпечення запровадження принципу регіоналізму у сферу співробітництва держави та регіонів, зміст публічного інтересу полягає в безумов-

ному дотриманні пріоритету захисту здоров'я і забезпечення санітарного благополуччя населення, збереження природних ресурсів, землі, її надр і вод, а також всіх інших об'єктів права власності Українського народу для нинішнього і майбутніх поколінь. Захист публічних інтересів має базуватися на засадах встановлення однакових вимог у сфері забезпечення екологічної безпеки до всіх суб'єктів господарювання незалежно від форми власності. Разом з тим, з огляду на деякі обмеження, встановлені чинним законодавством України, все це може бути реалізовано поки виключно на промислових об'єктах державного сектору економіки, що істотно перешкоджає впровадженню в життя спільних заходів щодо поліпшення екологічних показників роботи таких підприємств.

Список використаних джерел:

1. Конституція України: офіційний текст // Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 30. – Ст. 141.
2. Сучасна демографічна ситуація в Україні: проблеми, перспективи, шляхи вирішення (науково-аналітична доповідь) / За ред. акад. С. І. Пірожкова. – К.: Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України, 2007. – 72 с.
3. Про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013–2017 роки: Закон України від 07.06.2012 р. № 4909-VI // Відомості Верховної Ради України. – 2013. – № 19–20. – Ст. 173.
4. Кряжич О. О. Системне моделювання ризику настання економічних і соціальних наслідків на техногенно навантажених територіях України / О. О. Кряжич, І. В. Кременовська // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / МОН України, Київ. нац. Ун-т буд-ва і архіт., НАН України, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол. О. С. Волошкіна, О. М. Трофимчук (голов. ред.) [та ін.]. – К., 2014. – Вип. 17. – С. 171–183.
5. Кременовская И. В. Методики оценки экономических и социальных последствий хозяйственной деятельности для техногенно нагруженных территорий / И. В. Кременовская, О. А. Кряжич // Економіка та право. – 2014. – № 1. – С. 53–60.
6. Серов И. Как сложились судьбы переселенцев / И. Серов // Сегодня. – 2015. – № 232. – С. 34–35.
7. Про основи національної безпеки України: Закон України від 19.06.2003 р. № 964-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – Ст. 351.
8. Про співробітництво територіальних громад: Закон України від 17.06.2014 р. № 1508-VII // Відомості Верховної Ради України. – 2014. – № 34. – Ст. 1167.
9. Макроекономічне районування України: історичні витоки, сучасність та перспективи: монографія / НАН України, Інститут регіональних досліджень; Відп. ред. С. Л. Шульц. – Львів, 2011. – 268 с. – (Серія «Проблеми регіонального розвитку»).

UKRAINIAN SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL CLUSTER OF NUCLEAR  
POWER PLANTS DECOMMISSIONING, RADIOACTIVE WASTE AND SPENT  
NUCLEAR FUEL MANAGEMENT

Anatolii Nosovskiy<sup>1</sup>, Maxim Saveliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the Ukraine National Academy of Science, 36a, Kirova str., Chernobyl, 07270, Ukraine*

<sup>2</sup> *National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”, Slavutych Branch, 6, Geroiv Dnipro str., Slavutych, Kiev Region, 07101, Ukraine*

**Abstract:** The current state of decommissioning of nuclear power plants in Ukraine is shortly reviewed. Existing difficulties and problems are shown and the solution are proposed by creation of scientific and technical cluster as association of enterprises and organizations related to the problems of decommissioning nuclear power plants and the treatment of spent nuclear fuel and radioactive waste on the base of scientific and training centre located in Slavutych – the satellite town of Chernobyl Nuclear Power Plant.

**Keywords:** Nuclear power plants decommissioning, radioactive waste and spent nuclear fuel management, R&D, training, scientific and technical clusters.

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КЛАСТЕР ПО ЗНЯТТЮ  
З ЕКСПЛУАТАЦІЇ АЕС, ПОВОДЖЕННЮ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ  
І ВІДПРАЦЬОВАНИМ ЯДЕРНИМ ПАЛИВОМ

Анатолій Носовський<sup>1</sup>, Максим Савельєв<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, вул. Кірова 36-а, м. Чорнобиль, 07270, Україна*

<sup>2</sup> *Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Славутицька філія, вул. Героїв Дніпра, 6, м. Славутич, Київської обл., 07101, Україна*

**Анотація:** Розглянуто сучасний стан виведення з експлуатації атомних електростанцій в Україні. Показано існуючі труднощі і проблеми та пропонується рішення шляхом створення науково-технічного кластера як об'єднання підприємств і організацій, що мають відношення до проблем виведення з експлуатації атомних електростанцій і поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами на базі науково-навчального центру, розташованого в Славутичі – місті-спутнику Чорнобильської АЕС.

**Ключові слова:** Зняття з експлуатації атомних електростанцій, поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами, дослідження та розробки, підвищення кваліфікації, науково-технічні кластери.

There are around 200 operational Nuclear Power Plants (with over 400 power reactors) around the world, most of them being implemented in years 1970–1990 [1]. Over fifty power reactors are being constructed now, and about 150 are stopped. The exploita-

tion term of existing nuclear power plants for different reactor types is estimated around 30–40 years. This means that soon the world will run into the problem of decommissioning a large number of plants and face the problem of radioactive waste and spent nuclear fuel management. Solving this problem requires special knowledge, technology and skilled personnel capable of doing such work.

And Ukraine is not an exception with this problem. 50 % of all the electric power generated in the country, and in particular moments of the autumn-winter period (2014–2015) this index reached 65 % [2, 3]. According to various estimates, the number of personnel in Ukrainian atomic energetics is over 38 thousand people.

The main energetic power blocks were built in the Soviet period and only three were built and implemented after Ukraine becoming independent. Currently, there are 15 working power reactors on four nuclear power plants, from which there are 13 VVER-1000 type reactors and two VVER-440, with the overall power of 13835 MWt. Two power reactors on the Khmelnytsky Nuclear Power Plant are in the state of construction. The construction of the first power reactor on the Yuzhnoukrainskaya Nuclear Power Plant is frozen. One plant, the Chernobyl Nuclear Power Plant all with RBMK type power reactors is in the state of being decommissioned. The fuel has been unloaded from 3 power reactors of the ChNPP, and the fourth reactor destroyed in the 1986 disaster, is now being transformed into an ecologically safe system. There are also two unfinished power reactors on the site of ChNPP, the construction of which was aborted after the 1986 disaster.

The liquidation of the Chernobyl disaster consequences is a great burden for the country's economics, but at the same time it offers a unique experience which creates new opportunities in the sphere of knowledge. Ukraine has a unique experience gained while decommissioning the ChNPP, including liquidation of the consequences of the disaster on the 4-th reactor and transforming the "Shelter" object into an ecologically safe system. Nowadays, the results of the scientific experience are being concentrated in the ISP NPP NSA, and the practical experience – on the ChNPP. However, this experience has no effective way of saving and passing it to the next generation and international community. As shown by the analysis, these are the reasons of this situation:

1. Misunderstanding the level of importance of this problem by the Government that lead to lack of state support the development of the nuclear decommissioning and waste management branch of the nuclear industry of Ukraine.

2. Dissociation of different concerned organizations (stakeholders) confronting this problem. These independent and separate participants are the SSE "Chernobyl NPP"; the Exclusion Zone; NAEC "Energoatom"; SSTC NRS; Universities like NTUU "Kiev Polytechnic Institute", NU "L'viv Polytechnic", Odessa NPU, Kharkov University; Scientific institutes such as ISP NPP and IPMMS of National Academy of Science of Ukraine.

3. Absence of any discussion site to exchange problems, knowledge and solutions in Ukraine.

4. Absence of any institution in Ukraine that would coordinate the activities of the abovementioned organizations.

5. Economic problems in the country, and, as a result, underfunding of involved organizations.



The interest of foreign organizations in Ukraine's experience in liquidating the consequences of the Chernobyl disaster and problems of ChNPP decommissioning should be noted. But Ukraine lost its position every year, because do not develop new technology to the world market but act as a test site for international R&D that performed via institution of international help for Chernobyl disaster.

Nuclear decommissioning could be one of the driver of national economy. A way to return back to the nuclear decommissioning market could only be founded by encapsulation of its knowledge and practical experience into Ukrainian scientific and technological cluster of nuclear power plants decommissioning and radioactive waste and spent nuclear fuel management as a territorial union of the industry enterprises and research and training institutes and universities related to NPP decommissioning.

In other words, it is necessary to unite and coordinate the universities, academic scientific institutes and the industry in one place. This association should be done on bases maximally close to practical activity, but also equipped with important infrastructure for qualitative education, living and working of the students and professors, where it is also possible to organize international partnership and the exchange of technology and skills. As for Ukraine (especially the field of NPP decommissioning and treating radioactive waste), the town of Slavutych is a unique example of such a site.

Slavutych is a satellite town of the SSE "Chernobyl NPP" (SSE ChNPP) and the separated unit of NAEC "Energoatom" – "Atomremontservice" (SE ARS), where the families of atomic energetics personnel live, also foreign specialists who are working on projects for transforming the "Shelter" object into an ecologically safe system and decommissioning the ChNPP, also treating spent nuclear fuel and radioactive waste. Educational and training centers of SSE ChNPP and SE ARS are located in Slavutych. Very close to Slavutych is located the backup training and emergency center of NAEC "Energoatom". There are also filial branches of SSTC NRS and NTUU "Kiev Polytechnic Institute". Also the state science and research facility "Chernobyl center" is also located in Slavutych.

Slavutych has modern infrastructure, is known among the international society and is a base for conducting different activities related not only to the problems of the Chernobyl disaster, but also to economical and social problems of small towns. All of this allows creating a scientific cluster of associations related to NPP decommissioning in Slavutych.

The presence of international agents in the city, who are working on projects about increasing the ChNPP's safety and transforming the "Shelter" object, opens opportunities for international cooperation by including these organizations into the cluster.

The proposed structure of the cluster is shown on fig. 1.

The Scientific and educational Center of "Decommissioning of NPPs and radioactive waste treatment" of "Kiev Polytechnic", created upon the material and technical base of the Slavutych department of "Kiev Polytechnic" should be the base of this cluster in training specialists for NPP decommissioning in Ukraine. And the functions of different stakeholders are shown in this way:

**Slavutych town.** Provides the place for creating the cluster, also a science and education center.

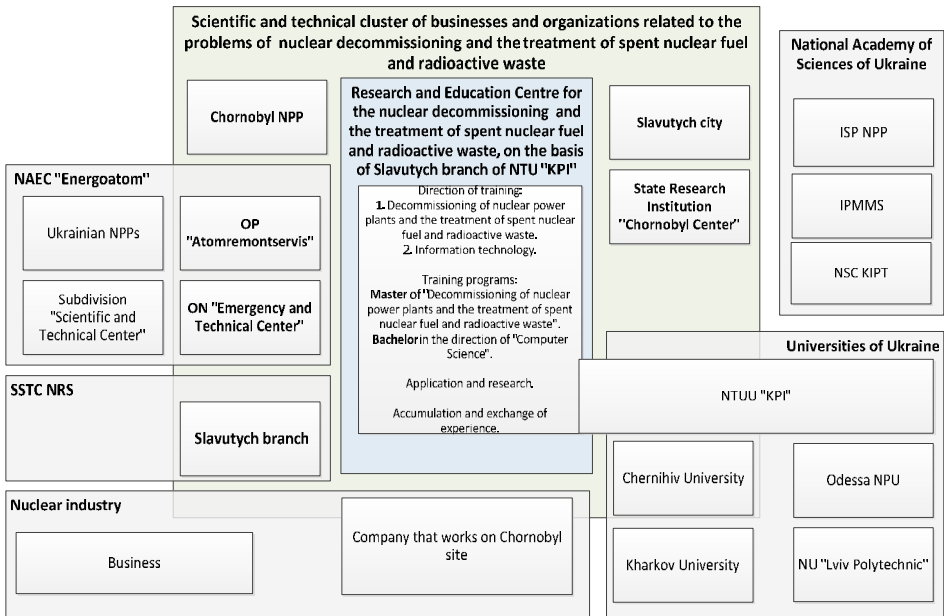


Figure 1 – Structural scheme of the Ukrainian scientific and technical cluster of associations and organizations related to NPP decommissioning and treating spent nuclear fuel and radioactive waste in Slavutych

**SSE “Chernobyl NPP”.** Provides the base for conducting R&D and practical education. Services in qualified personnel training. Gives the opportunity to use the facilities and specialists of the Education and technical center.

**NTUU “Kiev Polytechnic Institute”.** Creating a science and research center of NPP decommissioning and treatment of spent nuclear fuel and radioactive waste. Creating a department for NPP decommissioning and treatment of spent nuclear fuel and radioactive waste. Training specialists: bachelors in computer science and masters in atomic energetics. Methodological support of the ChNPP Education and technical center, also NAEC. Courses for increasing ChNPP, NAEC and Ukrainian atomic energetics personnel’s qualification.

**Ukrainian universities.** Access to the ChNPP base for receiving practical education and the scientific and technical experience. R&D and cooperative research. Participation in the educational process.

**SNRI “Chernobyl center”.** Participation in organizing and conducting research in cooperation with the cluster members. Participation in the educational process. Laboratory base.

**NAEC “Energoatom”.** Receiving services in qualified personnel training, scientific, engineering and methodological support.

**Departments of National Academy of Science of Ukraine.** Conducting scientific research.

**International organizations.** Cooperative R&D. Access to services in practical education and scientific experience.

### Conclusion

The problem of effective development of nuclear plant decommissioning and waste management industry of Ukraine will not be solved without cooperation of the universities, scientific institutes and industry. This cooperation is economically advisable to be done on bases as close as possible to practical activity, but which have all necessary infrastructure for Research and Development, education of the staff and living of students and professors. In Ukraine, Slavutych is this site with all the necessary conditions.

In Slavutych, it is possible to create a scientific and technical cluster of associations and organizations related to atomic industry with minimal material cost. The newly-created (on the base of existing resources of Slavutych and the Slavutychbranch of NTUU “KPI”) Scientific and educational Center in NPP decommission and treatment of spent nuclear fuel should become the core of this cluster.

### References:

1. IAEA (2015), Operational & Long-Term Shutdown Reactors, PRIS, The Database on Nuclear Power Reactors. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>.
2. NNEGC “Energoatom”, Official web site (2015), available at: [http://www.energoatom.kiev.ua/ru/about/about\\_nngc/](http://www.energoatom.kiev.ua/ru/about/about_nngc/).
3. Anton Losev (2015), Nuclear power for Ukraine – problem or solution. ["AtomnayaenergetikadljaUkrainy – problemailieereshenie"] Information agency UNIAN, available at: <http://economics.unian.net/energetics/1099377-atomnaya-energetika-dlya-ukrainyi-problema-ili-ee-reshenie.html>.
4. Носовский А. В., Савельев М. В. О подготовке специалистов в области снятия с эксплуатации атомных электрических станций. Ядерная и радиационная безопасность. – 2015. – № 4.

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: МІФ ЧИ РЕАЛЬНІСТЬ?

**Маріц Дарія**

*Національний технічний університет України «КПІ»  
пр-т Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна*

У тезах наводяться приклади світових техногенних катастроф, які вплинули на екологічний стан природи, здоров'я людей та їх нащадків. Аналізуються положення Закону України «Про основи національної безпеки», виявляються прогалини правового регулювання відносин, які виникають в екологічній сфері. Підіймаються питання, які потребують врегулювання на законодавчому рівні. Зокрема, прав працівників, які працюють на об'єктах підвищеної небезпеки.

**Ключові слова:** екологічна безпека, захист, техногенна катастрофа, природна катастрофа, національна безпека.

## ENVIRONMENTAL SAFETY: MYTH OR REALITY?

**D. O. Maritz**

*National technical University of Ukraine «KPI»  
PR-t Pobedy, 37, Kiev, 03056, Ukraine*

**Annotation:** In the talking points are examples of the world's man-made disasters that affected the ecological state of nature, health of the present generation and their descendants. Analysis is provided regarding the Ukrainian «Law on Fundamentals of National Security», also the gaps in the legal regulation of the relations that arise in the environmental field are identified. The issues that require settlement at the legislative level are raised, in particular, the rights of employees working at the facilities of increased danger.

**Keywords:** environmental safety, protection, technological disaster, natural disaster, national security.

Питання екології, стану навколишнього природного середовища, а відтак і безпеки усіх живих організмів у сучасному світі не може залишати байдужим будь-кого. Глобальні зміни, які відбуваються у кліматі планети Земля певною мірою заляжать і від тих екологічних зсувів, що пов'язані з науково-технічним прогресом.

Так, життя на планеті Земля вимірюється мільярдами років, за які вдалося здійснити великі наукові відкриття, впровадити інноваційні технології, що безумовно мало позитивні наслідки, однак чи саме не ці фактори обумовили настання деяких техногенних катастроф. Так, 22 травня – Міжнародний день біологічного різноманіття, метою якого є звернення уваги спільноти до проблем екології та зміні клімату. Екологічні катастрофи, від яких постраждала планета Земля, на жаль були різного походження: природними або техногенними. Звернемо увагу на ті, які спричинили невідворотні наслідки і змінили світ:

1. Екологічна катастрофа у Мексиканській затоці;
2. Чорнобильська катастрофа;
3. Бхопальська катастрофа;
4. Зараження питної води в Індії;
5. Загибель Аральського моря;
6. Ядерне бомбардування Хіросіми і Нагасакі;
7. Аварія на атомній електростанції Фукусіма-1.

Причини цих катастроф були різними, однак певною мірою вони і залежали від людського фактору. Тому, постає ряд питань: 1) про порядок врегулювання питання захисту прав людини у разі порушення екологічної безпеки, проголошеною ст. 16 Конституції України; 2) захист прав працівників, які працюють на стратегічних об'єктах, від неправомірних вказівок керівництва щодо здійснення дій, які не передбачені посадовими інструкціями; 3) контроль за цільовим використанням коштів, що виділяються на подолання катастроф екологічного характеру; 4) вплив обставин непереборної сили на виникнення екологічних катастроф.

У статті 3 Закону України «Про основи національної безпеки України» [1] визначається, що об'єктом національної безпеки є суспільство – його духовні, морально-етичні, культурні, історичні, інтелектуальні та матеріальні цінності, інформацій-

не і навколишнє природне середовище і природні ресурси. Стаття 7 зазначеного закону закріплює, що в екологічній сфері, серед основних реальних та потенційних загроз, у національній безпеці України, є неподоланність негативних соціально-екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи. А відтак, основними напрямками державної політики з питань національної безпеки має бути здійснення комплексу заходів, які гарантують екологічну безпеку ядерних об'єктів і надійний радіаційний захист населення та довкілля, зведення до мінімуму впливу наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (ст. 8 Закону). Формулювання законодавця про «неподоланність» негативних наслідків Чорнобильської катастрофи є дещо спірним. Так, наукові дослідження стану рослинного і тваринного світу зони відчуження показали, що навіть уражені радіацією природні комплекси здатні на самовідновлення і поступове зростання біорізноманіття в умовах радіаційного забруднення при відсутності господарського навантаження і загроз від інших видів людської діяльності. З перших років після катастрофи в Зоні відчуження спостерігалось бурхливе зростання чисельності різних видів тварин і збільшення біорізноманіття за рахунок проникнення на цю територію рідкісних видів тварин. Подібні дані є і відносно відновлення природної рослинності [2, с. 84].

Як вбачається із названих норм, ці положення мають загальний, декларативний характер. Однак, відсутні інші підзаконні нормативно-правові акти, які б мали забезпечити реалізацію положень визначених Законом України «Про основи національної безпеки України». Вважаємо, що необхідно затвердити державну програму екологічного захисту населення. Так, Рада національної безпеки і оборони України (далі – РНБО) прийняла рішення «Про виклики та загрози національній безпеці України у 2011 році» [3], що стосувались різних сфер, у тому числі і екологічної. Пункт 5 рішення стосувався розробки та що прийняття законопроекту про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, передбачивши в ній заходи, спрямовані на ліквідацію негативних екологічних та техногенних ситуацій на території України. Однак, рішенням РНБО від 28.04.2014 попереднє рішення було скасовано. У інтерв'ю, яке було опубліковано у журналі Верховної Ради України «Віче» А. Семинога зазначав, що програма абсолютно правильна, вчасна й потрібна, адже в ній передбачено конкретні заходи, спрямовані на ліквідацію негативних екологічних і техногенних ситуацій в Україні. Зокрема, увага приділяється інженерному захисту територій від надзвичайних ситуацій, запобіганню виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах і територіях, які характеризуються незадовільним техногенним та екологічним станом, реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності. Також у програмі є пункти щодо гідрометеорологічного забезпечення та матеріально-технічного переоснащення органів управління і сил цивільного захисту, розвитку рятувальної техніки вітчизняного виробництва; підвищення ефективності оперативного реагування на надзвичайні ситуації. Це комплекс заходів, який допоможе нам підняти на якісно новий рівень захист населення від непередбачуваних подій [4]. Так, постає питання про фінансування і контроль використання фінансів за призначенням, які виділяються на подолання екологічних наслідків чи їх попередження. Наразі активно обговорю-

ється питання про децентралізацію влади, а відтак і про розширення повноважень органів місцевої влади.

Підсумовуючи, хотілось би зазначити, що коло загроз у екологічній сфері є надзвичайно великим, а відтак це обумовлює необхідність комплексного підходу з боку держави щодо їх вирішення. Тому в результаті викладеного приходимо до наступних висновків: 1) необхідність прийняття загальнодержавної концепції щодо викликів і загроз національній безпеці України (що буде стосуватись не лише екологічних питань); 2) прийняття спеціальних законів, які б захищали права працівників, які працюють на об'єктах підвищеної небезпеки.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про основи національної безпеки України» від 19.06.2003. – № 964-IV // ВВР. – 2003. – № 39. – Ст. 351.
2. Дудкін О. В., Єна А. В., Коржнев М. М., та інші / Монографія/ Оцінка і напрями зменшення загроз біорізноманіттю України. – К.: Хімджест, 2003. – 400 с.
3. Рішення РНБО «Про виклики та загрози національній безпеці України у 2011 році» від 17.11. 2010. // Офіційний вісник України. – 2010. – № 96. – Ст. 14. (рішення втратило чинність).
4. Журнал Віче № 5, березень 2012 року. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.viche.info/journal/3005/>. – [Назва з екрана].

## ПЕРЕДБАЧЕННЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС ТА ЇЇ НАСЛІДКІВ

**Бугрим Валентин**

*Український інститут підвищення кваліфікації працівників телебачення, радіомовлення і преси, вул. Б. Хмельницького, 46. Київ, 01030, Україна*

У статті вперше розміщено усі документально відомі пророцтва та передбачення найбільшої у світі ядерної аварії на Чорнобильській атомній електростанції та великої екологічної біди світового масштабу. Подаються віщування із давньоіндійського епосу «Махабхарата», «Біблії», Тибетських рукописів, видатних пророків Р. Неро, М. Нострадамуса, Ванги, Апілії, Г. Распутіна, А. Тарковського, Д. Брінклі та інших, які попереджали про цю трагічну подію і до яких ніхто не дослухався. ЧОМУ...?... Матеріали підготовлено на основі дослідження відповідних джерел та записів і фото, телесюжетів автора під час висвітлення аварії на ЧАЕС для Українського і Центрального телебачення, вітчизняних і зарубіжних інтернет-видань, газет і журналів та наукових збірників.

**Ключові слова:** Чорнобильська АЕС, аварія, Чорнобильська катастрофа, зона, пророцтва, передбачення, видатні провісники, попередження.

PREDICTION OF THE ACCIDENT IN CHERNOBYL  
AND ITS CONSEQUENCES

Bugrym Valentyn

*Ukrainian training institutes television, radio and the press,  
str. B. Khmelnytsky, 46. Kyiv, 01030, Ukraine*

**Annotation:** This article is firstly devoted to all known documented prophecies and predictions of the world's largest nuclear accident at the Chernobyl nuclear power plant and large environmental woes worldwide. There are prophecies of ancient Indian epic "Mahabharata", "The Bible", Tibetan manuscripts of famous prophets R. Nero, M. Nostradamusa, Vanga, Apiliyi, G. Rasputin, A. Tarkovsky, D. Brinkley and others who warned of this tragic event and to which no one listened. WHY...?... Materials prepared on the basis of research relevant sources and records and photos, author's TV programs in the coverage of the Chernobyl accident and for Ukrainian Central Television, domestic and foreign Internet publications, newspapers and magazines and scientific collections.

**Keywords:** Chernobyl NPP, accident, the Chernobyl disaster zone, prophecy, prediction, prominent precursors, prevention.

Мета і предмет даного дослідження потребували віднайдення документальних джерел та вивчення у них проблеми передбачення аварії на Чорнобильській АЕС [1, 3–4, 12, 20]. Виявляється, що Чорнобильську катастрофу передрікали:

Древньоіндійський епос «Махабхарата і тибетський езотеричний рукопис «Бимбасаран», у яких описані «тисячосонцеві сліпучі вибухи» і «людський мор» [14], атомні війни та Чорнобильська аварія. Зокрема, в 7-й книзі «Дронапарва» епосу «Махабхарата» йдеться: «Розжарений стовп диму і полум'я, такого сліпучого, як десятки тисяч сонць, піднявся у небо. Це була Залізна Блискавка, яка перетворила у попіл цілу расу Врісхні та Андхака. Тіла людей були так обпалені, що нікого не можна було розпізнати, а у всіх птахів навколо побіліло пір'я. Через декілька годин уся їжа виявилася отруєною; рятуючись від цього вогню, воїни кинулися у річку, щоб обмити себе і своє спорядження» [14]. (Пригадується, як після поїздок у Чорнобильську зону в травні-червні 1986 р., до 4-го зруйнованого блока, скидали (навіть не знаючи, не завжди викидали) видані на перепускному пункті білосніжні комбінезони і по годині приймали душ. – В. Б.). Зазначені події відносяться, згідно з джерелом, до XVIII ст. до н. е. І хоча з тексту книги «Дронапарва» зрозуміло, що тут не віщується на пряму Чорнобильська аварія, але наслідки того вибуху повністю співвідносні з тими, що трапилися після вибуху на 4-му енергоблоці ЧАЕС уже в ХХ ст. У 2015 р. завершився спільний франко-американський проект у рамках НАСА, який був одним із найбільших за останні роки. І що примітно: в опублікованому Звіті вчені дійшли висновків, що на Землі 25 тисяч літ тому сталася ядерна війна [11].

В Улан-Уде, серед тибетських рукописів є розлогий цікаво-важливий документ із архіву одного з володарів Тибету VII ст. століття н. е. на ім'я Бимбасаран. У ньому зазначено: «Сліпуче світло, потім наростаючий гул, оглушливий гуркіт і вогненна

*хвиля перетворили Чит-Шакті (АЕС) на крематорій, а весь довоколишній бихишта (рай) – на кладовище. Водойми випарувалися. Вода стала смертоносною. Невидимі промені пронизали величезні простори. Тисячі вад'ю-то-макава (фахівці-електрики), одягнувши ацзаре (респіратори), кинулися на ліквідацію катастрофи і скоро загинули. Вже на третій день вакили (правителі), брахмани, бхикшети-нижчі ченці), валасья-гомата (скотовласники), криштайї (селяни), гопи (пастухи) кинулися на північ, південь, схід і захід. Усюди лунало: «Бхутва, бхутва!» (У дорогу, в дорогу!). Значна частина адити та вайя померла на місці або трохи пізніше...» [13]. Попередження такої небезпеки тривали кілька тисячоліть і аж до останнього дня. Звернення тибетських монахів було передано вченим та керівним органам СРСР і УРСР. Ще про одне ганебне підтвердження ігнорування попередженнями про атомну аварію на Чорнобильській АЕС... У 1982 р. високопоставлений тибетський монах Самден (Гуру), за свідченням відомого історика Ю. М. Канигіна, який із ним контактував, отримав листа з Тибету. Великі махатми самої Агарті інформували його про наявність чітко визначеного прогнозу щодо атомної катастрофи в Україні з точністю до конкретної АЕС і дати події. «Ми не фаталісти, – писали вони, – але знаємо, що легше передбачити важливу подію, аніж відвернути її. У даному разі, мова йде про доленосу подію для всієї арійської історичної місії – про долю України» [13]. Гуру наказувалося зробити все можливе для відвернення або принаймні пом'якшення трагічних наслідків прийдешньої катастрофи. Починаючи з 1982 р. до Радянського Союзу із Тибету стали надходити все більш настійливі звернення і заклики звернути увагу на безпеку Чорнобильської АЕС. Високопоставлений тибетський монах Самден звертався з листами і особисто в КДБ, ЦК КПРС, у Президію Академії наук СРСР, в Інститут ядерної фізики Сибірського відділення АН, в Інститут ядерної фізики АН УРСР, неодноразово сунув у руки багатьом чиновникам і вченим переписане із тибетського рукопису і перекладене із санскриту пророцтво Махатм V століття. Радянське комуністичне керівництво, виховане в душі лжематеріалізму, як і провідні проєктанти АЕС та ядерники у Москві й у Києві, лише роздратовано відмахувалися від дивних, як вони вважали, послань із Тибету. А після того, що сталося, ще й приховували тривалий період світову катастрофу та її наслідки [4;7].*

У Біблії, в «Одкровенні Іоанна Богослова», у розділі 8. Сьома печать і сім ангелів 1–5; перші чотири сурми 6–13, пророкована Чорнобильська катастрофа: «І засурмив третій Ангел, – велика зоря спала з неба, палаючи, як смолоскип. І спала вона на третину річок та на водні джерела. А ймення зорі тій Полин. І стала третина води, як полин, і багато з людей повмирили з води, бо згіркла вона...» (Ап. VIII; 10–11). [2]. Ангели з трубами – це Христові проповідники. Справа у тім, що «полин» по-українськи якраз і буде – «чорнобиль». 26 квітня 1986 р. вибухнув 4-й реактор Чорнобильської АЕС («зоря спала з неба, палаючи, як смолоскип»). Сталося радіоактивне забруднення цезієм, йодом, стронцієм, плутонієм та іншими металами прилеглої території, що зумовило утворення 30-км зони («стала третина води, як полин, і багато з людей повмирили з води, бо згіркла вона»). До речі, на Поліссі, у



тодішньому Чорнобильському районі росло кілька видів трави полин, а всього їх у флорі нараховується близько 90.



Рисунок 1 – Гасіння 4-го блока із вертольотів.  
Фотоджерело: [www.kievconnexions.blogspot.com](http://www.kievconnexions.blogspot.com)

Із реально історичних осіб першим, хто провістив про атомні небезпеки, був францисканський монах Раньо Неро (14 ст.). У 70-ті роки XX ст. віднайдено його «Вічну книзу», у якій написано: «*Вибуховий гриб, сам набагато вище росту людського і чорний*» [17]. Ядерний гриб над Хіросімою і Нагасакі (1945 р.) монах спророкував як «чорну подію». Ще провидець зазначив: «*Бачу над Чорним містом страшну хмару, про яку ніхто не дізнається до пори і яка принесе небачені хвороби*» [17]. Тут уже, безперечно, йдеться про Чорнобиль... Звісно, він не знав про атомну бомбу, зате написав, що будуть три вибухи найстрашніші: два «*на землі, де народжується богиня Аврора*», третій – у Тартарії. Незаважко здогадатися, про що йдеться. Аврора, як відомо, богиня Світанку. Виходить, що два вибухи Неро передбачив у Країні Сонця – Японії. Дійсно, перші у світі ядерні вибухи (не враховуючи випробувальні) прогрімали над японськими містами Хіросіма і Нагасакі.



Ну, а щодо Тартарії, – то у середньовіччя так називали Московію/Росію. Ще провидець написав: «*Бачу над Чорним містом страшну хмару, про яку ніхто не дізнається до пори і яка принесе небачені хвороби*» [17].

Хіросіма і Нагасакі на мапі Японії: Електронне зображення із: [tps://ru.wikipedia.org/wiki](https://ru.wikipedia.org/wiki) [21].

Згадане Чорне місто, безперечно, – це Чорнобиль – містечко в Іванківському районі Київської області, розташоване на півночі України при впадінні ріки Прип'яті до Київського водосховища і при впаданні у Прип'ять ріки Уж. Назва міста похо-

диться від слів Чорно-Біла і своє походження веде від прикордонного міста на межі Чорної і Білої Русі. За іншими версіями назва походить від одного з видів полину – чорнобилу (чорнобилника).

Про Чорнобильську катастрофу неодноразово сповіщав геніальний французький пророк і вчений, лікар і астролог Мішель Нострадамус (1503–1566 рр. ж.): «Лик сфінкса відкриють на Червоній планеті, що народам несла багато лих. Через 13 літ прибуде комета, і забирають людей п'ять нових бід» [15]. Про аварію на ЧАЕС йдеться в окремому його катрені: *«Хвіст страшної комети зачепить Землю. Люди, які втрачають волосся, шкіру й очі, Прагнуть у божевільному страху із дна Борисфену Багато хто чекатиме ангелів з неба, а прийдуть не ангели, а чорні хмари. Прийде комета на Землю, Зорю Одкровення несучи на хвості та запалає земля страшним вогнем і темний янгол вдарить у Хранилище Святості, ніби пекло вийде з Чотирьох Воріт!»* [19]. Із зізнання самого Мішеля Нострадамуса [19], чи не найголовнішим джерелом його віщувань було Святе писання, про що він сам зазначав. Звісно, що він читав ті біблійні рядки, і, частково опирався на них, бо згадуються «зоря», «ангели», «вогонь», «пожежа», але прямий змістовий збіг фактично відсутній і його катрени є віршованими. Можна порівняти ці пророцтва. *Є такі споріднені за змістом слова: «зоря-зоря», «зоря-комета», «річки-водні джерела-Борисфен», «Ангел-ангели», «зоря спала-комета», «зоря ... палаюча- запалає земля страшним вогнем».* У Нострадамуса запалає земля – тобто велика пожежа, бо горів реактор кілька днів аж до консервації його саркофагом 14 грудня 1986 р, що став Днем вшанування ліквідаторів аварії на ЧАЕС. У Біблії отруєння навколишнього середовища Зорею Полин із тяжким наслідковими захворюваннями сотень/ тисяч людей. І також у Нострадамуса: *Люди, що втрачають волосся, шкіру й очі. Те, що «пекло вийде з Чотирьох Воріт!»* [22]. Можна ймовірити про 4-ри реактори, які мала Чорнобильська АЕС. Вельми добре, що інші 3-и реактори не вибухнули...

Про небезпеку радіоактивного зараження місцевості через руйнацію атомних реакторів під час тектонічного катаклізму попереджав людство російський чарівник і цілитель Григорій Распутін (1869–1916 рр. ж.). Як неопосередковано, можна також говорити й про аварії на Чорнобильській і Фукусімській АЕС. Він так писав про цю грізну небезпеку: *«По всьому світу будуть побудовані вежі..., вони будуть замками смерті. Деякі з цих замків упадуть, і з цих ран витече гнила кров (радіоактивні викиди з реактора та людські жертви. – В. Б.), яка заразить землю і небо. Оскільки згустки зараженої крові, як хижакі впадуть на наші голови. І багато згусток упаде на землю, і земля, де вони впадуть, стане пустинною на сім поколінь».* «Повітря, яке входить у наші легені, щоби нести життя, одного разу принесе Смерть. І настане, коли не буде ані гір, ані пагорбів, ні морів, ні озер, які не були б оповиті зловісним диханням Смерті. І всі люди будуть вдихати Смерть; і всі люди помруть від отрут, якими буде наповнене повітря.

Отруї обнімуть Землю, як пристрасний коханець. І у смертельному обнімку небеса знайдуть дихання смерті, а у джерелах води будуть гіркі, і багато з цих вод будуть отрутіше гнилої зміїної крові. Люди будуть вмирати від води і повітря, але го-

ворити будуть, нібито вони померли від серця і нирок» [16]. (Радянська медицина спершу саме такі діагнози і ставила потерпілим від радіації чорнобильцям. – В. Б.) [5].

Про «чорний біль» (Чорнобиль), що насунеться на Росію, Білорусь і Україну вішувала видатна болгарська провидиця Ванга (Вангелія Пандева Гуштерова) (1911–1996 рр. ж.) ще задовго до трагедії на Чорнобильській АЕС [9; 23].

У Київському монастирі Свято-Покровська Голосіївська пустиня 30-го числа кожного місяця проводиться особливе служіння у пам'ять дня відходу із земного життя монахині Аліпії (1905/8/10?–1988 рр. ж.), шанованої багатьма як блаженної чудотвориці. Нею було також передбачено Чорнобильське лихо. Люди не могли зрозуміти її фрази: «Під землею горить, горе йде». Таких слів як «реактор», «атомна аварія», «радіація» вона, певне, не знала. Казати про те, що «горе іде», почала ще взимку, за кілька місяців до чорнобильського 26 квітня. А за день до аварії вона ходила по київській вулиці і волала молитовно: «Господи! Пожалій младенців, пощади народ!» Людям, які прийшли до неї того дня, вона радила: «Щільно зачиняйте двері і вікна, буде багато газу». Коли трапилася аварія і її запитували: *Від'їжджати?* Казала: *Ні*. На запитання, що робити з харчами, учила: *«Помийте, прочитайте «Отче наш» і «Богородицю», перехрестить та їжте і будете здорові»...* [18]. (Щодо «помийте», – то таку ж пораду у веденому мною випуску «Актуальної камери» від 10 травня 1986 р., після численних узгоджень тексту в ЦК КПУ, давав міністр охорони здоров'я України).

Чи не найзагадковіше віщування про аварію на ЧАЕС – це фільм режисера Андрія Тарковського (1932–1986 рр. ж.) «Сталкер» (1979 р.), знятий за сценарієм братів Аркадія (1925–1991 рр. ж.) і Бориса (1933–2012 рр. ж.) Стругацьких за мотивами книги «Пікнік на узбіччі» (1972 р.). Мені довелося дивитися фільм одразу по виходу його в кінотеатри і мушу зізнатися, що його сприймати тоді було складно і місяцями незрозуміло. У «Сталкері» не роз'яснюється ні що таке Зона, ані чим/ким вона викликана. У фільмі називаються декілька причин виникнення Зони – чи її залишили після себе інопланетяни, чи вона була породжена впалим метеоритом, хоча вона, як стверджує Письменник (Анатолій Солоніцин), була викликана аварією. Сам



А. Тарковський зазначав, що у «Сталкері» його менше за все захоплює фантастика і, власне, фантастичною у фільмі можна назвати лише висхідну ситуацію. Одна із причин виникнення «Зони» за сценарієм – аварія у четвертому Бункері. І це за шість років до реального вибуху на четвертому блоці ядерного реактора ЧАЕС та виникнення після цього 30-км зони відчуження. (Я з острахом дивився фільм у ті роки до аварії і ще з більшим подивом переглядав його знову після катастрофи). Чорнобиль виявився не єдиним передбаченням у фільмі. Андрій Тарковський сам організовував дуже складні панорами засмічених ландшафтів «Зони», де бродив Сталкер.

Фотоколаж І. Лисенка та автора

Важливо пригадати також одне велике затміння, явлене в Чорнобилі у пору буремного розвитку в краї атомної енергетики: Свідки і очевидці події потім, згадували, що сталося це за 10-ть літ до аварії 26 квітні 1976 року. День у день. Тобто тоді ще Господь явив знак. Про наближення трагедії попередила сама Цариця Небесна. У той час навіть у місцевій газеті «Прапор перемоги» була замітка про це затміння під назвою «Видумки церковників» – про те, що в небі з'явилася незвичайна хмара і церковники стверджують, що це було явлення Богородиці. Однак це було не просто звичайна хмара. Під вечір багато місцевих мешканців побачили як до землі хмара спустилася так, що стали ясні і чіткі видні окреслення фігури Пресвятої Богородиці. Було видно лик і одяг – усе в яскравих барвах. І Вона тримала пучки сухої полини, яку там називають чорнобильник. Мати Божа впустила пучки на Чорнобиль. Затим сіяння перемістилося на ліс і зупинилося над храмом. Тоді це явище було розтлумачено так, що необхідно очікувати неврожайного посушливого літа. І лише через роки, вже після аварії стало зрозуміло, до чого було це явлення. Деякі люди знайшли й підібрали впалу з неба полинь.

А рівно через десять років сталася катастрофа. Але тоді нікому в голову не прийшло, що між цими подіями може бути якийсь зв'язок. Тільки значно пізніше люди згадали і почали усвідомлювати, що це був Знак. Але тоді його помітили, але ніхто не зрозумів. Богородиця повернулася до храму Ілії пророка і двічі обома руками благословила його. Може, саме тому він єдиний і зберігся. Коли вона явилася, зразу ж затих дощ, і встановилася тепла тиха і ясна погода. Про це явлення розповіли місцевому священнику, отцю Олександрю Прокопенку. Він тоді сказав, що двома руками може благословить тільки Божа Матір, більше ніхто. Архієреї теж двома руками благословляють, але то був не чоловічий образ ...

Сучасниця-киянка, біоенергетик Лідія Янковська розповідає, що їй інколи снять-ся «глобальні віщі сни», наприклад, перед Чорнобильською трагедією вона бачила такий: *«Приснилась ікона Богородиці на небі, а внизу сидять робітники і п'ють горілку. Ви ж знаєте, що горілка помагає від радіації. Але тоді про те, що таке може трапитися сказати я не могла, адже у Союзі все приховували і мені ніхто б не повірив».* (Може, якраз вона й бачила оту Богородицю над Чорнобилем. – В. Б.).

Один із сучасних віщунів – Денніон Брінклі (1950 р. н., автор книг, США) також передбачив атомну аварію у Чорнобилі в 1976 році. Тринадцять пророчих бачень були отримані Брінклі у формі «коробок знань», які він описав їх у книзі «Врятовані світлом»: *«6-та «коробка» була жахливою: бачення ядерних катастроф. Утягнувшись в екран, я опинився у холодній, порослій лісами місцевості на березі річки. Неподалік від річки знаходилась масивна і похмура бетонна споруда. Я зразу відчув страх, сам не знаючи чому. Раптово земля здригнулася, і верхня частина будівлі вибухнула. Я знав, що це – ядерний вибух, і відчув, як навколо мене гинуть сотні людей. Телепатичний голос повідомив мені дату – 1986 рік – і слово «полин». Тільки через десять років, коли в Радянському Союзі недалеко від Києва вибухнула Чорнобильська атомна електростанція, я зміг асоціювати побачені образи з цією подією. Я виявив й інший зв'язок – слово «чорнобиль» по-українськи «полин»» [8].*

Українською Касандрою варто також вважати Любов Ковалевську, журналістку прип'ятської газети «Трибуна енергетика», яка у статті «Не приватна справа», що була надрукована у газеті «Літературна Україна» 27 березня 1986 р., висвітила те, що потенційно заклало фундамент ще більш страшної аварії, ніж та, що мала статись через місяць. Автор статті зосередила «вогонь» критики на недоліках будівництва 5-го енергоблока, навела факти безвідповідальності і халтури: у 1985 р. поставальники недодали 2358 т металоконструкцій; 326 т суцільного покриття, з браком близько 220 т металоконструкцій.

Звісно, що у пророцтвах, віщуваннях, попередженнях немає сучасної медичної і радіологічної термінології, а наявна тодішня топографічна, астрологічна, загальноживана і метафорична лексика, що є вірогідною щодо аварії на ЧАЕС та її наслідків.

**Висновки.** Пророцтва і віщування, які не визнає офіційна наука, але тверезомисляче до яких ставляться все-таки деякі вчені, часто правдиво справджуються... Якби можновладці та науковці, особливо фізики-ядерники, і звичайні люди читали Біблію, змогли раніш цікавитися і розшифровувати давні послання, вдумуватися у катрени М. Нострадамуса, почути і прислухатися до слів Ванги і Д. Бінклі вже у середині ХХ століття, інших сучасних провидців, можливо, Чорнобильської катастрофи і не трапилося б і не стала б вона реально-жахливим символом планетарного лиха і страху...



«Саркофаг» над четвертим екс-енергоблоком [1]



Автор статті, тоді заступник головного редактора Головної редакції інформації Українського телебачення (програма «Актуальна камера») Валентин Бутрим, звукоопертор Аркадій Левітін та кіноопертор Владислав Рейський у 30-км Чорнобильській зоні і на даху 3-го енергоблока ЧАЕС ведуть зйомки пошкодженого 4-го реактора. 5–7 червня 1986 р. Фото: Івана Лисенка

Джерела і література:

1. Авария на Чернобыльской АЭС // [Электронный ресурс – Циклопедия] / Режим доступа: <http://cyclowiki.org/wiki/>
2. Біблія / Переклад Івана Огієнка // [Електронний ресурс: Біблія у перекладі І. Огієнка, формат fb2, для електронних книг – www.drive.google.com] / Режим доступу: <https://drive.google.com>
3. Бугрим В. Чернобыльская авария: оцінка її висвітлення неоднозначна / Валентин Бугрим // Журналіст України. – 1989. – № 4. – С. 7–10.
4. Бугрим В. В. Чернобыльская катастрофа у засобах інформації / Бугрим В. В.: Наукова доповідь // Чернобыль і преса: реалії взаємодії. Матеріали Першої Міжнародної науково-практичної конференції «Чернобыль у засобах масової інформації» / Науково-методичн. збірник. м. Київ, 15–16 квітня 1991 р. – Київ: Хрещатик, 1992. – С. 11–17.
5. Бугрим В. В. 1986-й: история пяти фотографий / Валентин Бугрим // [Электронный ресурс – Портал Русской службы Би-Би-Си [www.bbc.co.uk](http://www.bbc.co.uk)] / Режим доступа: [http://news.bbc.co.uk/1/hi/russian/news/newsid\\_4937000/4937244.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/russian/news/newsid_4937000/4937244.stm)
6. Бугрим В. В. Відображення ходу ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у ЗМІ (1986–2006 рр.) / В. В. Бугрим // Матеріали Конференції «Досвід подолання наслідків Чернобыльської аварії: перспективи для розвитку медичних та соціальних програм». – 20 квітня 2006. – К., 2006. – С. 12–15.
7. Бринкли Д. Спасенный светом. Что вас ждет после смерти / Дэннион Бринкли. – М.: Лонгфелл, 2004; [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rulit.me/books/spasennyj-svetom-cto-vas-zhdet-posle-smerti-read-329098-11.html>
8. ДСП Чернобыльская АЭС // Сайт: <http://chnpp.gov.ua/uk/home>
9. Девенпорт Д. Тайны происхождения человечества / Д. Девенпорт. – Режим доступа: <https://books.google.com.ua/books?id=uzyPeJFhfogC&pg=PT304&lpg=PT304&dq>
10. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия / – Т. 61. – Вып. 5. – Ноябрь. – 1986; [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://cyclowiki.org/wiki>
11. Канигін Ю. М. Шлях ариїв: Україна в духовній історії людства: Роман-есе / Ю. М. Канигін. 5-те вид., допов. – Режим доступу: <http://ruh.znaimo.com.ua/index-9740.html?page=36>
12. Махабхарата / Древнеиндийский эпос. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%85%D0%B0%D0%B1%D1%85%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0>
13. Нострадамус. ЦЕНТУРІЇ / Нострадамус. Переклад зі старофранцузької і коментарі Оксани Забужко // [Електронний ресурс – Бібліотека імені Мари Фішер-Слиш] / Режим доступу: <http://ukrlife.org/main/minerva/centurii1.htm>
14. Предсказания Григория Распутина // [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://предсказания.онлайн/predskazaniya/Grigoriy\\_Rasputin/](http://предсказания.онлайн/predskazaniya/Grigoriy_Rasputin/)
15. Рукопись Раньо Неро с предсказаниями // [Электронный ресурс [www.earth-chronicles.ru](http://www.earth-chronicles.ru) «Вечная книга»] / Режим доступа: <http://earth-chronicles.ru/news/2012-04-08-20511>

16. Слепынин О. Пророчества матушки Алипии / Олег Слепынин // [Електронний ресурс [www.stoletie.ru](http://www.stoletie.ru) «Столетие»] / Режим доступа: [http://www.stoletie.ru/sozidateli/prorochestva\\_matushki\\_alipii\\_2011-11-30.htm](http://www.stoletie.ru/sozidateli/prorochestva_matushki_alipii_2011-11-30.htm)

17. Хоуг Д. Нострадамус. Полное собрание пророчеств/Джон Хоуг. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 864 с. – Режим доступа: [http://www.ozon.ru/context/book\\_detail/id/865752/](http://www.ozon.ru/context/book_detail/id/865752/)

18. Чорнобильська катастрофа: вчора, сьогодні, завтра // [Електронний ресурс – uamodna.com] / Режим доступа: <http://www.uamodna.com/articles/chornobylyjsjka-katastrofa-vchora-sjogodni-zavtra/>

19. Ядерне бомбардування Хіросіми і Нагасакі / Вікіпедія.

20. Les Prophetie de Nostradamus. –Paris: Ed. Baudlaire, 1967.

21. Sh. Ostrander, L. Schroeder / Ostrander Sheila; Schroeder Lynn / Vanga Dimi-trova: The Bulgarian Oracle // Psychic discoveries behind the Iron Curtain. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1970.

## ВОДА – НОВІ МОЖЛИВОСТІ

**Гришук В. П.**

*ПП «Жива вода»,  
вул. с. Сосніних, 9, м. Київ, 03680, Україна*

Практично у будь-якій сфері діяльності людини є потужні резерви пов'язані з водою, але для реалізації цих резервів необхідно зрозуміти фізичну природу процесів, які протікають в живій і неживій природі при участі води.

ПП «Жива вода», ТОВ Українсько-Німецький центр РЕДОКС інформують про практично невідомий в Україні і більшості інших країн світу комплекс технологій, які дозволяють отримати електроіонізовані водні розчини (ЕІВР) з унікальними властивостями – відновлювальними (електрондонорними, антиоксидантними) і окислювальними (електронакцепторними, антисептичними), з регульованими в широких межах (–800 мВ – +1200 мВ) значеннями окислювально-відновлювального потенціалу (ОВП). Ці розчини є нешкідливими для людини, тобто екологічно чистими, і мають надзвичайно широку сферу застосування. Їх використання одночасно дозволяє отримати як певні економічні і технологічні переваги, так і суттєво покращити екологічний стан довкілля.

Для прикладу, використання ЕІВР в різних галузях дозволить:

У медицині – розробити принципово нові, що не мають світових аналогів, технології лікування і профілактики онкологічних, серцево-судинних і інших хвороб цивілізації (частину необхідних досліджень в науково-медичних закладах ми вже провели). Безумовно, це дозволить зменшити рівні захворюваності і в комплексі з іншими заходами вирішити надзвичайно важливу соціально-психологічну проблему підвищення середньої тривалості життя в Україні, яка на сьогодні є найнижчою в Європі.

У комунальному господарстві – забезпечити людей, за прикладом Японії (найздоровішої нації в світі), питною водою з антиоксидантними, геропротекторними і

радіопротекторними властивостями (в першу чергу, і поблизу Чорнобильської зони, на АЕС тощо). На станціях водопідготовки в 5–10 разів зменшити витрати електроенергії і реагентів при дезінфекції води, навіть покращити стан водопровідних мереж, знезаразити стічні води і повітря Бортницької станції аерації і зменшити площу мулових полів і, нарешті, вирішити проблему ефективного знезараження стічних вод туберкульозних і інфекційних відділень медичних закладів. Забезпечити ідеальний санітарно-епідеміологічний стан на всіх комунальних об'єктах, транспорті тощо.

У сільському господарстві – на десятки відсотків підвищити ефективність рослинництва, птахівництва, тваринництва, переробної промисловості, галузі зберігання сільськогосподарської продукції, при цьому, суттєво скоротити використання шкідливих для людини і довкілля різноманітних хімічних і біологічних реагентів, зокрема, повністю відмовитись від використання формаліну, і врешті решт отримати більше екологічно чистих продуктів харчування, що також піде на користь для здоров'я людини.

В інших галузях, в багатьох технологічних процесах з одночасним підвищенням їх ефективності, зокрема при проведенні бурових робіт (для можливого видобутку, в майбутньому, сланцевого газу), гірничо-видобувній промисловості при добутку урану, додаткового видобутку нафти з вже законсервованих свердловин, нафтогазопереробній промисловості, замінити цілий ряд хімічних реагентів (кислот, луг, окислювачів, відновлювачів, тощо) на ЕІВР. Екологічні і економічні переваги при цьому, є також очевидними.

ПП «Жива вода», ТОВ УНЦ РЕДОКС мають необхідну нормативно-технічну документацію, відповідні сертифікати і готові до співробітництва в усіх вищезазначених галузях.



**Секція IV.****Аварійне реагування на об'єктах критичної інфраструктури**

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО КАРКАСУ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРІВ БАЗОВОЇ  
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ДО  
ІНТЕГРУВАННЯ З ІНШИМИ ПІДСИСТЕМАМИ І РЕАЛІЗАЦІЇ СЕРВІСНИХ  
ФУНКЦІЙ ДІАГНОСТИКИ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ

**Міркевич Р. М.**, аспірант, Путятіна В. А., магістрант АКС

*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

Науковий керівник: Пупена О. М., доц. каф. ІАСУ

У роботі розглядаються підходи щодо розробки каркасу для прикладного програмного забезпечення програмованих логічних контролерів, як складових базової системи керування процесом (BPCS) з урахуванням їх інтеграції з іншими системами (SCADA, SIS, BPCS, MES/MOM) і підвищених вимог до діагностики процесу та сервісного обслуговування. Концепція програмного каркасу розрахована на контролери рівня PAC (Process automation controller), базуються на відкритих стандартах IEC61131 і не використовують специфічні для виробників рішення. Структура та внутрішня реалізація бібліотечних елементів каркасу базуються на ідеях ISA-88, ISA-95, ISA-106 (Draft), яка передбачає максимально просту інтеграцію системи керування в єдину інтегровану автоматизовану систему керування. У роботі запропоновані механізми покращення діагностування процесу та самої системи, швидконого налагодження системи та відновлення її функціональності після збоїв. Каркас являє собою взаємопов'язаний набір бібліотечних елементів функцій та функціональних блоків, які описані на рівні їх інтерфейсу, принципів взаємодії та алгоритмів функціонування. Передбачається, що для реалізації каркасу для конкретного контролера будуть використовуватися мови IEC61131-3, але це не є обов'язковою умовою. Набір елементів каркасу можуть розширюватися і додаватися додатковим функціоналом без порушення загальних принципів.

DEVELOPMENT OF THE FRAMEWORK FOR THE CONTROLLERS  
BASE SYSTEM MANAGEMENT PROCESS TO MEET THE REQUIREMENTS  
FOR INTEGRATION WITH OTHER SUBSYSTEMS AND IMPLEMENTING  
SERVICE FUNCTIONS AND DIAGNOSTICS SERVICE

Mirkevich R. M., Putaytina V. A., Pupena O. M.

*National University of Food Technologies, Kiev*

We consider approaches to develop a framework for application software programmable logic controller subcomponents of the base system process control (BPCS) with regard to the irintegration with other systems (SCADA, SIS, BPCS, MES / MOM) and increased requirements to the diagnostic process and service process and equipment. The concept of software framework designed for controllers of PAC (Process automation controller), based on open standards IEC 61131 and is not used for producing specific solutions. The structure and the internal implementation of library elements frame ideas based on ISA-88,

ISA-95, ISA-106 (Draft) which provides the simplest integration of control systems into a single integrated automated control system. The paper proposed mechanisms improve the diagnosis process and the system, quickly setting up the system and restore its functionality after failures. The frame is a set of interrelated elements of library functions and function blocks, which are described at their interface, interaction principles and algorithms of functioning. It is assumed that the implementation framework for the particular controller to be used languages IEC 61131-3, but not a prerequisite. Set the frame elements can be expanded and supplemented with additional functionality without infringing the general principles.

**Огляд проблеми.** У всьому світі для покращення спостережності, керованості та безпеки експлуатації об'єктів критичної інфраструктури постійно ведеться розробка, перегляд та вдосконалення норм та стандартів. Зокрема для об'єктів та систем підвищеної безпеки у світі прийнято ряд стандартів, які в основному базуються на нормах ISA, зокрема ISA84 (IEC 61511), ISO13849, IEC62061, які в багатьох країнах прийняті як обов'язкові. Згідно прийнятих норм, такі системи повинні включати: дві підсистеми керування – базову систему керування процесом (Basic Process Control System – BPCS) та систему протиаварійного захисту (ПАЗ, SIS – Safety Instrumented System); людино-машинний інтерфейс через щитове керування (Panel) та через засоби SCADA/HMI; може включати підсистему розширених тривог і подій (Advanced Alarm Application). Підсистема базового керування забезпечує функції керування технологічним процесом і є центральною складовою, тобто відповідає за інтеграцію підсистем даного рівня. Разом зі SCADA/HMI підсистема BPCS повинна реалізувати всю необхідну виробничу функціональність, діагностування процесу та системи а також обслуговування системи. При цьому повинна бути передбачена можливість інтеграції з верхнім рівнем керування (MES/MOM).

Серед найбільш популярних проблем для даного рівня керування незалежно від об'єкта на сьогоднішній виділимо наступні:

- низька спостережність роботи об'єкта навіть при достатній кількості даних;
- «статична» діагностика процесу без прив'язки до типу продукції та особливостей умов (характерно для Batch-процесів);
- погана реалізація самодіагностики та врахування відмов в самій системі BPCS;
- відсутність інформування системи рівня MES/MOM про недостовірність даних;
- недостатньо продуманий механізм функціонування тривог та подій;
- значні затрати часу на вияв факту несправності та усунення причин;
- значні затрати ресурсів на навчання персоналу;

Ряд з цих проблем вирішується шляхом застосування стандартів ISA 18.2 (Management of Alarm Systems for the Process Industries). Проблема низької спостережності розглядає один з комітетів ISA, який згодом планує випустити стандарт ISA 101. Для реалізації ідей, покладених у основу вищезазначених стандартів необхідна підтримка їх на рівні програмно-технічних засобів. Як показує практика, підтримка наведеного в стандартах функціоналу в конкретних засобах SCADA/HMI сильно відрізняється. Це приводить до того, що більшу частину функціоналу приходиться реалізовувати самостійно, що найпростіше і гнучкіше зробити в самій BPCS, якщо вона реалізована через програмований контролер.

Проблеми діагностики процесу в основному пов'язані зі статичністю налаштувань підсистеми тривоги та подій. У більшості випадків значення норм для технологічних величин задається статично безпосередньо інструментом розробки, що приводить до значних проблем у переналаштуванні системи в майбутньому. У кращому випадку такі значення налаштовуються оператором засобами SCADA/HMI, однак навіть у цьому випадку такий підхід не годиться для змінних в часі процесів, коли уставки залежать від типу продукту і повинні задаватися в рецептурі. Для таких процесів підсистема тривоги а також BPCS повинна функціонувати на принципах Batch-керування, тобто ISA-88.

Проблеми інтеграції АСУТП з верхніми рівнями (MES/MOM) як правило пов'язані з онтологічним неузгодженням цих рівнів. Системи верхнього рівня потребують більше інформації ніж просто дані про значення параметрів. Необхідна додаткова інформація про якість цих даних, стани змінних процесу і обладнання, стани системи і т. д. Тобто для якісної роботи системи і досягнення найбільшої ефективності, рівень АСУТП повинен вже бути підготовлений для інтеграції з верхніми рівнями. Найбільш проробленими і перевіреними механізмами інтеграції на сьогоднішній день вважаються принципи, закріплені в стандартах ISA-95. У свою чергу вимоги до систем АСУТП згідно концепцій цього стандарту накладаються стандартами ISA-88 та ISA-106 (на даний час перебуває в розробці).

Все це приводить до необхідності розробки базових систем керування з урахуванням вищенаведених вимог та з використанням стандартних підходів. Для систем, в яких реалізація базової системи керування процесом (BPCS) зроблена на промислових контролерах, це необхідно реалізовувати на програмному рівні. Ми пропонуємо концепцію розробки каркасу для прикладного програмного забезпечення програмованих логічних контролерів, з урахуванням їх інтеграції з іншими системами (SCADA, SIS, BPCS, MES/MOM) і підвищених вимог до діагностики процесу та сервісного обслуговування.

**Основні підходи.** Розроблювальна концепція базується на реалізації в ПЛК об'єктної моделі обладнання, відповідно до понять ISA-88, ISA-95 та ISA-106. Кожен апаратний об'єкт (Equipment Entity) представляє собою функціональний блок або функцію, та набір даних, що дозволяє реалізовувати обмін з верхнім рівнем. Структура даних та поведінка функції/ФБ сумісна з визначеною в ISA-88, тобто базується на автоматах станів, режимах та інтерфейсі, визначеному в даному стандарті. Процедурні елементи та базове керування теж базується на стандартних поняттях. Тобто розроблювальний каркас представляє собою взаємопов'язані бібліотечні елементи, які забезпечують реалізацію базового набору модулів керування (Control Module) та ряду агрегатів (Equipment Module), незалежно від об'єкта керування, а також визначення механізму їх імплементації в об'єкти вищого рівня. Серед типових апаратних об'єктів на рівні модулів керування (Control Module) пропонується виділяти:

- канали контролеру (DICH – дискретні входи, DOCH – дискретні виходи, AICH – аналогові входи, AOCH – аналогові виходи, COMCH – комунікаційні канали): для діагностики каналу, прив'язки логічних каналів до фізичних;
- технологічні змінні (AIVAR – аналогові вхідні, AOVAR – аналогові вихідні, DIVAR – дискретні вхідні, DOVAR – дискретні вихідні): для повної обробки інфор-

мації з процесу, включаючи прив'язку до каналу, фільтрацію, масштабування, інверсію і т. п.; для зручності відлагодження процесу; для функцій імітаційного моделювання; для функцій технологічної сигналізації;

– виконавчі механізми (запірні клапани, регулюючі клапани, двигуни, насоси): для функцій керування зі зворотним зв'язком; для зручності відлагодження процесу; для функцій імітаційного моделювання; для функцій технологічної сигналізації; для ведення статистики.

Усі наведені вище елементи з точки зору ISA-88 являють собою Модуль керування (CM, Control Module), а з точки зору ISA-106 – Пристрій (Device). Для уніфікації назв ми користуємося термінологією ISA-88, як діючою на сьогоднішній день. Усі CM-ми формують трирівневу ієрархію, що дозволяється стандартом ISA-88.

Найнижчий рівень модулів керування забезпечує рівень абстрагування від обладнання. Тобто реалізація цього рівня залежить як від вибраної платформи так і способу реалізації. Елементи CM-типу «канали» представляють масиви усіх каналів контролера, незалежно від їх розташування і задіяння в процесі. Кожен елемент масиву унікально ідентифікується за номером, а прив'язка до фізичного каналу відбувається індивідуально. CM-ми типу «канал» прив'язують свої значення до фізичного значення конкретного каналу, а також виконують наступні функції:

– надають діагностичну інформацію вищим рівням CM – як мінімум ознаку достовірності, а за можливості і причину відмови каналу;

– передбачають режим форсування значення;

– показують факт прив'язки до каналу технологічної змінної;

CM-ми другого знизу рівня, типу «технологічні змінні» можуть бути прив'язані до каналу такого ж типу по їх номеру. Таким чином прив'язка технологічної змінної до каналу є динамічною, що дозволяє змінювати розташування фізичного підключення конкретного датчика/ВМ у випадку виходу з ладу частини системи. Крім того, таке переключення може бути програмним. «Технологічні змінні» знаходяться вище по ієрархії керування за «канали». Уся діагностична інформація передається від «каналів» до «змінних». Реалізація цього рівня не залежить від апаратних особливостей контролера, так як усі платформи-залежні тонкощі реалізуються на рівні «каналів», інтерфейс яких є стандартним. «Технологічні змінні» забезпечують наступну функціональність:

– прив'язка до каналу по його номеру;

– відключення з обслуговування (деактивація змінної);

– відслідковування достовірності значення по помилці прив'язаного каналу, виходу за діапазон вимірjuвальної величини, тощо;

– діагностика роботи каналу (передача діагностичної інформації з прив'язаного «каналу» на верхній рівень);

– обробка вхідного/вихідного значення: масштабування (у т. ч. кусочно-лінійна інтерполяція), фільтрування, інвертування;

– наявність режиму ручної зміни (форсування); відповідно до ISA-88- «ручний режим»;

- наявність режиму імітації, в якому для вхідних змінних, значення змінюється СМ-мами верхнього рівня, а для вихідних змінних, відбувається замороження значень вихідних каналів;

- обробка тривог (ISA 18.2): реагування на порогові значення, врахування затримки на спрацювання, гістерезис, формування загального системного біту аварії/попередження;

- конфігурування обробки тривог (ISA 18.2): налаштування значень тривог, типів тривог (аварія/попередження/відмова каналу), тимчасове зняття тривоги з обслуговування.

СМ-ми третього рівня представляють собою виконавчі механізми, регулятори, тощо та включають в себе функції базового керування (згідно термінології ISA-88). Кожний такий СМ передбачає двохсторонню взаємодію з «технологічними змінними» як для запису так і для читання. Це дозволяє на даному рівні окрім реалізації специфічного функціоналу для конкретного СМ, забезпечувати наступні можливості:

- враховувати стан технологічної змінної (норма/тривога/достовірність) та діагностичну інформацію при керуванні логікою виконання СМ;

- імітації роботи СМ за допомогою включеного в нього моделюючого алгоритму для (за необхідністю):

- розширеної моделі-орієнтованої діагностики процесу;

- моделі-орієнтованого керування;

- роботи в імітаційному режимі для демонстрації/навчання персоналу або налагодження системи;

- включення в режим імітації СМта всіх пов'язаних з ним СМ нижчого рівня;

- статистичну інформацію (в залежності від типу СМ).

**Результати.** Запропонована концепція зараз проходить апробацію на Яготинському маслозаводі (платформа S7 300 (Step 7 TIA Portal) + SCADA Zenon) та в лабораторіях кафедри ІАСУ НУХТ (платформа Schneider Electric M340 (Unity PRO) + SCADA Vijeo Citect). Ряд підходів уже пройшли апробацію на системах керування газорозподільчими станціями (ГРС) на базі S7 1200 (Step 7 TIA Portal) + WinCCComfort. Серед найбільш суттєвих переваг порівняно з старими підходами до розробки ПЗ для ПЛК, мали місце наступні:

- зменшення часу пуско-налагоджувальних робіт;

- зменшення часу внесення змін в проект;

- зменшення часу виявлення та усунення несправності (деякі несправності раніше навіть не проявлялися).

Наведені вище факти проявлялися тільки на конкретному об'єкті і тільки при частковій реалізації запропонованих ідей. Тим не менше, слід зазначити, що для розробки самого каркасу вимагається дуже багато часу, що компенсується зменшенням часу його повторного використання та пуско-налагодження. Концепція потребує значних програмних ресурсів, але на сьогоднішній день сучасні ПЛК рівня PAC як правило включають значно більше ресурсів ніж використовується. Крім того економія від використання концепції значно перевищує за вартість капіталовкладень.

Функціональність систем не обмежується заявленою вище і може бути розширена.

## **Секція V.**

### **Інформаційні технології підтримки зняття з експлуатації АЕС**

#### ТЕХНОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

**Коваленко Олексій**

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України,  
просп. Академіка Глушкова 42, Київ, 03680, Україна*

У доповіді пропонується підхід до створення програмно насичених систем ситуаційного управління. Однією з областей застосування ситуаційного управління є здійснення діяльності, пов'язаної з керуванням критичною інфраструктурою держави, включаючи здійснення моніторингу і підтримки виведення з експлуатації атомних електростанцій. Ефективне впровадження інформаційних технологій в таких системах повинне бути засноване на застосуванні підходу керованих моделями архітектур (Model Driven Architecture – MDA). Моделі бізнес-процесів ситуаційного управління засновані на описах технологій для підготовки і реалізації прийняття рішень в системі ситуаційного управління. Ці моделі можна побудувати за допомогою BPMN. При побудові моделі виділяються окремі пули і доріжки для представлення ролей учасників процесу прийняття рішень, які виконують певні дії, засновані на обміні повідомленнями і реагуванні на події. Узгодженість дій учасників процесу прийняття рішень визначається моделями хореографії. Формальна модель бізнес-процесів прийняття рішень дозволяє ідентифікувати фрагменти процесу прийняття рішень для програмної реалізації і визначити семантику інтерфейсів в залежності від контексту діяльності.

#### TECHNOLOGICAL MODELS OF SITUATIONAL MANAGEMENT

**O. E. Kovalenko**

*Institute of Mathematical Machines and Systems Problems NAS of Ukraine,  
Academician Glushkov av. 42, Kyiv, 03680, Ukraine*

In the report is proposed approach to building of software intensive systems of situational management. One of the areas of application of situational management is carrying out activities related to the management of the critical infrastructure of the state, including providing monitoring and support for the decommissioning of nuclear power plants. Effective implementation of information technologies in such systems should be based on model driven architecture (MDA) approach. Models of business processes of situational management are based on descriptions of technology for preparing and implementation of decision-making in system of situational management. These models can build using BPMN. When building models are allocated separate pools and the lanes to represent the roles of participants of decision making process who perform certain actions based on messaging and reacting to events. Coherence of actions of decision-making process participants is defined by choreography models. Formal model of business processes of decision-making allows identify fragments of decision-making process for software implementation and define the semantics of interfaces depending on the context activity.

Ситуаційне управління являє собою вид діяльності, пов'язаний з розпізнаванням, поясненням, впливом і прогнозуванням ситуацій, які виникли або можуть виникнути в динамічних системах, на основі використання відповідних концепцій, моделей і технологій. Однією зі сфер застосування методів ситуаційного управління є проведення діяльності, пов'язаної з управлінням критичною інфраструктурою держави, зокрема забезпечення моніторингу та підтримка зняття з експлуатації АЕС. Така діяльність здійснюється у системах ситуаційного управління – організаційно-технічних комплексах, основу яких складають інформаційне і програмне забезпечення підтримки управлінських рішень на основі комплексного моніторингу факторів впливу на розвиток процесів, що відбуваються в об'єкті керування. Формалізація розробки таких систем дозволяє забезпечити прозорість і контрольованість всіх етапів життєвого циклу систем. Одним з таких підходів є модельно-орієнтований підхід до розробки програмно насичених систем, зокрема на основі концепції керованих моделями архітектур (Model Driven Architecture – MDA) [1].

Якість інформаційних технологій визначається, зокрема, їх прозорістю, керованістю, стандартизацією. Забезпечення цих властивостей визначається системою нотацій засобів моделювання і технологічною платформою розробки. Вибрані засоби побудови моделей системи повинні забезпечувати наскрізну підтримку всіх етапів життєвого циклу системи та її представлення для різних рівнів абстракції та аспектів проектування.

Формалізація загального опису процесів діяльності систем може бути представлена у різних нотаціях: BPMN, ARIS, UML, IDEF та ін. Сімейство узгоджених та взаємодоповнюючих нотацій для підтримки модельно-орієнтованого процесу проектування розвивається консорціумом Object Management Group (OMG) і включає специфікації стосовно керованих моделями архітектур (MDA), моделювання бізнес-процесів (BPM), програмного забезпечення проміжного шару (middleware), UML та ін.

Наступним елементом технології розробки інформаційних систем є технологічна платформа розробки. Найбільш відомою пропріетарною платформою розробки є платформа Microsoft .NET (.NET Framework). Однією з найпоширеніших і динамічних технологічних платформ, що поширюються за вільною ліцензією, є платформа Eclipse (Eclipse Public License – EPL). Екосистема Eclipse [2] являє собою мультипроектне модульне інтегроване середовище розробки програмного забезпечення, що розвивається некомерційною організацією Eclipse Foundation, стратегічними членами якої є компанії IBM, Google Inc., Oracle, RadHat, SAP, CA Technologies та ін. Зокрема, в рамках цієї платформи підтримуються засоби модельно-орієнтованого проектування.

Розробка засобів системи ситуаційного управління на основі модельно-орієнтованого підходу в середовищі платформи Eclipse вимагає відповідного його підготовки та налаштування. Така підготовка полягає у виборі версії та типу пакету завантаження його встановлення на платформі використання та додавання додаткових засобів моделювання та проектування. Зокрема, модулі jBPM, Papyrus, BPMN modeller забезпечують створення моделей бізнес-процесів та об'єктно-орієнтованих моделей програмно-технічних компонентів таких систем.

Моделі бізнес-процесів ситуаційного управління будуються на основі опису технології підготовки і прийняття рішень у системі ситуаційного управління [3]. Відповідно до цього опису процес ситуаційного управління включає в себе наступні групи процесів:

- моніторинг стану керованого об'єкту;
- відбір учасників (аналітиків та експертів) для колективного прийняття рішень;
- підготовка наради для прийняття колективного рішення;
- відпрацювання прийнятих рішень;
- контроль та аналіз результатів виконання прийнятих рішень.

При побудові моделей для кожної з зазначених груп процесів виділяються окремі пули та доріжки для представлення ролей учасників прийняття рішень, які, у відповідності з ролями, здійснюють певні дії на основі обміну повідомленнями та реагуючи на події. Узгодженість дій учасників процесу прийняття рішень визначається моделями хореографії.

Таким чином, формальна модель бізнес-процесів прийняття рішень, дозволяє виділити фрагменти процесу прийняття рішень, що підлягають програмній реалізації та визначити семантику їх інтерфейсів в залежності від контексту виду діяльності.

#### **Список використаних джерел:**

1. David S. Frankel, Harmon, P., Mukerji, J., Odell, J., Owen, M., Rivitt, P., Rosen, M... & Soley, R. M. et al. The Zachman Framework and the OMG's Model Driven Architecture // White paper. Business Process Trends, 2003.
2. Домашня сторінка спільноти Eclipse – Режим доступу: <http://www.eclipse.org>.
3. Ситуаційні центри. Теорія і практика / За ред. А.О. Морозова, Г.Є. Кузьменко, В.А. Литвинова. – Київ: СП «Інтертехнодрук», 2009. – 348 с.

## **ДО ВИБОРУ ПРОТОКОЛУ СЕРІАЛІЗАЦІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ КОМУНІКАЦІЙНИХ МОДУЛІВ SCADA-СИСТЕМ**

**Марков Р. В.**, магістр гр. ТА-41 м

Науковий керівник: старший викладач Грудзинський Ю. Є.  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут», кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів  
03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 6*

Розглянуто сучасні протоколи серіалізації даних. Зокрема розглянуто протоколи XML, JSON, упакування в бінарний вигляд, Protobuf та представлення даних у вигляді рядків. Проведено порівняння даних способів серіалізації даних для подальшого використання в розробці програмного забезпечення комунікаційного модуля SCADA-систем. Описано основні переваги та недоліки вище вказаних протоколів серіалізації. Зроблено висновки по доцільності використання Protobuf.

**Ключові слова:** протокол, XML, JSON, Protobuf, серіалізація.



**Annotation:** The main purpose of this article is a selection protocol serialization data to develop software communication module SCADA - systems. For this purpose, considered serialization protocols that have become popular to date. These protocols are XML, JSON, Protobuf, packaging type and a binary representation of data in rows. In the present article is to compare them, prompting the main advantages and disadvantages.

**Keywords:** protocol, XML, JSON, Protobuf, serialization, packing in binary form, presenting data in rows.

Комунікаційні модулі сучасної SCADA-системи виконують багато роботи, пов'язаної з обміном інформації між контролерами промислової мережі та самою системою. Зазвичай, ці дані необхідно зберігати в самій системі, а також треба забезпечити ефективний, надійний та швидкий обмін ними між іншими елементами SCADA-системи. Для серіалізації даних обміну використовується декілька протоколів.

Досить популярний спосіб – це запис даних в XML. Дана мова розмітки розширювана і дозволяє не сильно замислюватися про зворотну сумісність при оновленні структури даних. Але, читання і запис даних в XML-формат накладає великі обмеження на продуктивність та вимагає високої потужності процесора. Ще один мінус – це розмір одержуваних даних. При досить великих обсягах інформації або поганих мережевих з'єднаннях використовувати XML не доцільно.

Сучасним протоколом серіалізації даних на сьогодні також являється протокол JSON. Це простий спосіб зберігання і передачі структурованих даних, що базується на тексті. За допомогою простого синтаксису стає можливо легко зберігати як прості числа і рядки, так і масиви, об'єкти, використовуючи при цьому не що інше як текст. JSON компактніший у порівнянні з XML, зрозуміліший для людей і легко зчитується комп'ютером. Його легко можна перетворити в програмні формати.

Недоліком вище розглянутих протоколів є те, що всі засоби, що надаються для роботи є низькорівневими інструментами. Також велике значення має розмір вихідного пакету, цілісність та захищеність даних, що при роботі із вище наведеними протоколами не може бути гарантована, оскільки передача даних основана лише на текстових перетвореннях.

Всі недоліки перерахованих методів покликаний усунути Protobuf від Google. Protobuf дозволяє описувати прості структури даних на спеціальній мові, яка потім компілюється в класи, що представляють ці структури. Разом з класами йде оптимізований код їх серіалізації в компактний формат представлення. Protocol Buffers дозволяє перевести дані і об'єкти в програмі в бінарний вид і безпечно переслати їх по мережі або зберегти у файл. Основною перевагою Protocol Buffers є простота використання.

Отже для ефективної роботи комунікаційного модуля SCADA-системи доцільніше буде використання протоколу серіалізації Protobuf. Цей висновок підтверджено при створенні прототипу комунікаційного модуля нової вітчизняної SCADA-системи.

Перелік посилань:

1. PROTOBUF VS. BOOST: SERIALIZATION [Електронний ресурс] / журнал «ХАКЕР». – Режим доступу: \www/ <https://xakep.ru/2013/10/31/protobuf-vs-boost-serialization/> – 31.10.2013 р. – Заг. з екрану.
2. Гарольд Э. Р., Минс У. С. XML. Справочник. – С-П.: Символ-Плюс, 2002. – 576 с.
3. Введение в JSON [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <http://json.org/json-ru.html> – 11.11.2011 р. – Заг. з екрану.
4. Json или «Туда и Обратно» [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <https://habrahabr.ru/company/naumen/blog/228279/> – 01.08.2014 р. – Заг. з екрану.
5. Protocol Buffers [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <https://developers.google.com/protocol-buffers/> – 05.01.2016 р. – Заг. з екрану.
6. Protocol Buffer Basics: C++ [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/cpptutorial#why-use-protocol-buffers> – 05.01.2016 р. – Заг. з екрану.
7. Google Protocol Buffers in action (C++) [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <http://forums.4fips.com/viewtopic.php?f=3&t=807> – 16.09.2012 р. – Заг. з екрану.
8. JSON и XML. Что лучше? [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <https://habrahabr.ru/post/31225/> – 24.08.2012 р. – Заг. з екрану.
9. Reasons to Use Protocol Buffers Instead of JSON For Your Next Service [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <http://blog.codeclimate.com/blog/2014/06/05/choose-protocol-buffers/> – 06.05.2014 р. – Заг. з екрану.
10. ProtoBuf.js vs JSON [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <https://github.com/dcodeIO/protobuf.js/wiki/ProtoBuf.js-vs-JSON> – 02.02.2015 р. – Заг. з екрану.
11. COMPARING PROTOBUF, JSON, BSON, XML WITH .NET FOR FILE STREAMS [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <http://damienbod.com/2014/01/09/comparing-protobuf-json-bson-xml-with-net-for-file-streams/> – 01.09.2014 р. – Заг. з екрану.
12. Если вы еще используете JSON, то Google protobuf идет к вам! [Електронний ресурс] – Режим доступу: \www/ <http://knzsoft.blogspot.com/2012/11/protobuf.html> – 27.11.2012 р. – Заг. з екрану.

# ІДЕНТИФІКАЦІЯ АНОМАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ ТРАФІКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ EWMA-СТАТИСТИКИ

Скітер Ігор, Бальченко Ірина

*Чернігівський національний технологічний університет  
вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна*

Проведено аналіз методів та мір для аналізу аномальної поведінки трафіку комп'ютерної мережі, визначені переваги та недоліки статистичних методів та перспективи їх використання. На основі виявлених можливостей статистичних методів сформована задача виявлення аномалій трафіку з урахуванням його стохастичної природи.

В якості основного обрано метод EWMA, який дає змогу проводити згладжування динамічного ряду спостережень за вхідним трафіком з урахуванням чутливості, інтервалу згладжування, визначення допустимого порогу та максимального виключення похибок першого роду.

Запропоновано визначення оптимального значення чутливості методики за допомогою визначення середнього значення середніх квадратичних похибок, розрахованих для заданого значення чутливості. Покрокова зміна чутливості дає змогу визначати оптимальне її значення за мінімумом середнього значення середніх квадратичних похибок.

На основі оптимального значення чутливості визначається оптимальна величина інтервалу згладжування, що дає змогу скоротити час виявлення аномалій у вхідному потоці.

Ідентифікація аномального трафіку проводиться на основі оцінки верхньої межі порогового відхилення від «центральної лінії» та послідовного перевищення вказаної межі визначену кількість разів, що зменшує похибки першого роду.

**Ключові слова:** аномальна поведінка трафіку, EWMA-статистика, оптимальна чутливість, пороговий коефіцієнт, інтервал згладжування, порогове відхилення.

## IDENTIFICATION OF AN ANOMALOUS BEHAVIOR OF A TRAFFIC IN A COMPUTER NETWORK BASED ON EWMA-STATISTICS

I. S. Skiter, I. V. Balchenko

*Chernihiv National University of Technology  
Shenchenko str., 95, Chernigov, 1402, Ukraine*

**Annotation:** Analysis of methods and measures for the analysis of the anomalous behavior of network traffic is carried in the article, the advantages and disadvantages of statistical methods and prospects of their use are determined. The task of a detection of traffic anomalies which consistent its stochastic nature is formed on the basis of revealed features of statistical methods.

The EWMA method is chosen as the primary. The method makes it possible to carry out of an time series' antialiasing of the incoming traffic's observations taking into an

account the sensitivity, an interval of the smoothing, a determination of the allowable threshold and maximum exclusion errors of the first kind.

The determination of the optimal values of sensitivity of the methodic by determining the mean value of mean square errors, which are calculated for a given sensitivity, is proposed. Incremental change of the sensitivity allows to determine its an optimal value at a minimum average value of mean square errors.

The optimal value of the smoothing interval is determined on the basis of the optimal value of the sensitivity. This reduces the time of the detection of anomalies in the input stream.

The identification of the anomalous traffic based on evaluation of the upper limit of the threshold deviations from the «center line» and the sequential exceeding of the limit for a certain number of times is performed. This reduces the error of the first kind.

**Keywords:** an anomalous behavior of the traffic, EWMA-statistics, an optimal sensitivity, an threshold factor, an antialiasing interval, an threshold deviation.

**Вступ.** Ефективність роботи комп'ютерної мережі значною мірою залежить як від надійності передачі інформації так і від параметрів трафіку в ній. Аномалії трафіку можуть бути наслідком як технічних чи технологічних збоїв у роботі обладнання так і зовнішніми діями користувачів. Таким чином своєчасне виявлення аномалій дає змогу користувачу чи особі, що приймає рішення, забезпечити надійність передачі даних у мережі.

Для забезпечення надійної передачі даних у мережі необхідне використання адекватних методів виявлення аномалій, які дадуть змогу не тільки виявляти аномальний мережевий трафік, але й оцінювати величину аномалії, її параметри, частоту виникнення та рівень загрози мережі та її усунення.

Найбільш розповсюдженим засобами для виявлення аномалій є засоби виявлення атак, які проводять ідентифікацію аномальної поведінки мережі та реагують на неї. Сенсори чи датчики таких засобів спрацьовують у тому випадку, коли поведінка трафіку відрізняється від стандартизованої чи «ідеальної», яка визначена на основі довгострокового аналізу параметрів мережі.

В якості мір та методів, які використовують при аналізі трафіку з метою виявлення його аномальної поведінки як правило використовують показники, наведено у табл. 1.

Статистичні методи аналізу найбільш розповсюджені для реалізації технологій виявлення аномалій. Переваги систем, які побудовані на статистичних методах, полягають у тому, що вони:

- не потребують постійного оновлення бази сигнатур;
- можуть виявляти аномалії, сигнатури для яких відсутні;
- можуть адаптуватися до зміни поведінки користувача.

До недоліків статистичних методів слід віднести наступні:

- труднощі із визначенням порогових значень профілю;
- більш висока ймовірність отримання хибних результатів про ідентифікацію аномалії;

- неможливість ідентифікації аномалії (атаки) від без шаблону типової поведінки суб'єкту;
- необхідність попереднього налаштування порогових значень для кожного профілю та користувача.

Таблиця 1. Міри та методи для аналізу аномалій трафіку

| Метод                  | Міра                         | Ідентифікація аномалії                     | Параметри  | Примітка   |
|------------------------|------------------------------|--|--|--|
| Порогові значення      | Значення числових інтервалів | Перевищення допустимих значень             | кількість файлів, до яких користувач звертається за заданий період часу; кількість невдалих спроб входу в мережу; завантаження процесора; тощо   | Величина порогових значень може бути статичною і динамічною                        |
| Статистичний аналіз    | СКВ, .....                   | Перевищення допустимих значень             | числові (кількість переданих даних за різними протоколами, кількість файлів до яких здійснений доступ, тощо.); категоріальні (імена файлів, команди користувача, відкриті порти, тощо) | Висновок про аномалію (атаку) проводиться на основі обробки динамічних рядів даних |
| Параметричний аналіз   | «профіль мережі»             | Величина та частота відхилення від профілю | Набір шаблонів (політика, якої повинен в ідеалі додержуватися об'єкт аналізу)  |  |
| Непараметричний аналіз | «профіль мережі»             | Величина та частота відхилення від профілю | Профіль мережі будується на основі спостереження за об'єктом в період «навчання»   |  |
| Аналіз сигнатур        | «Нормальна поведінка»        | Відхилення від норми                       | Набір правил («сигнатури хорошої поведінки»)   | Формування нормальної поведінки проводиться в процесі «навчання» мережі            |

**Постановка задачі.** Оперативне діагностування характеристик трафіку в комп'ютерних мережах з метою їх подальшого аналізу для виявлення і діагностування аномалій (атак) має важливе значення для підвищення ефективності та якості передачі інформації. Вплив зовнішніх та внутрішніх факторів, які не завжди можна формалізувати та врахувати і які впливають на режим роботи комп'ютерної мережі, значною мірою продукують значну стохастичну складову. Тому кількісний аналіз характеристик мережі, яка досліджується, можливий на основі використання саме статистичного підходу до аналізу великих масивів даних, представлених у вигляді динамічних рядів. Формування динамічних рядів проводиться за допомогою збору

та аналізу статистичної інформації по проходженню трафіку через деякий інтерфейс мережевого пристрою. Причому для аналізу інформації можуть бути використані різні параметри трафіку в залежності від методів, які використовуються.

Статистичний підхід, представлений у [1], [2], [3], включав у себе припущення про нормальний розподіл мережевого трафіку, не пропонував алгоритм вибору оптимального значення параметрів профілю, тощо. Такі припущення не давали змогу визначати такі статистичні характеристики як вибіркове середнє, дисперсію, не враховували динаміку параметрів трафіку та профілю в цілому. Динамічний характер масиву даних, сформованих на великих часових діапазонах крім того включає в себе такі характеристики ряду як наявність тренду та сезонної (циклічної) складової. Тому метою даної роботи є напрацювання методів статистичного аналізу наборів параметрів трафіку мережі з врахуванням його стохастичної природи та циклічності.

**Використання EWMA-статистики для виявлення аномальної поведінки мережі.** EWMA-статистика (Exponentially Weighted Moving Average) [4] являє собою методологію розрахунку ковзкої середньої з експоненційним розподілом вагів і використовується для контролю процесів, в яких відбувається розрахунок середніх значень вибірки, в якій вага кожного наступного значення асимптотично зменшується з часом.

Техніка використання т.зв. контрольних карт EWMA полягає в тому, що ідентифікація аномальної поведінки мережі на основі аналізу випадкової вибірки її параметрів проводиться на основі EWMA-статистики. Розрахунок EWMA-статистики проводиться за формулою [4]:

$$z_t = \lambda X_t + (1 - \lambda) z_{t-1} \quad (1)$$

де  $\lambda$  – ваговий коефіцієнт ( $0 < \lambda \leq 1$ ) визначає чутливість методу;  $t$  – час спостереження ( $t \in \{0, 1, \dots, n\}$ );  $n$  – об'єм вибірки;  $X_t$  – значення параметру в момент часу  $t$ .

Нехай  $X_t$  – величина вхідного трафіку у визначеній частині мережі, яка реєструється через проміжки часу  $\Delta t$ . Тоді величину  $X_{t+1}$  можна порівняти з деяким пороговим значенням і зробити висновок про характер показника  $X$  – аномальне чи нормальне значення. Використання методики EWMA дає змогу адаптивно оцінювати величину порогового значення. На відміну від класичних методів статистичного аналізу. Причому оцінка середнього значення величини трафіку враховує як випадкову так і циклічну компоненту (добові коливання, недільні, місячні тощо) коливань рівня активності мережі, так як розраховується на основі динамічних рядів даних.

На даному етапі вводиться поняття «пороговий коефіцієнт»  $b$  ( $0 < b < 1$ ) – величина, яка показує на скільки відсотків поточне значення параметру мережі (наприклад вхідного трафіку) повинно перевищити середнє значення, розраховане за методикою EWMA, щоб його можна було вважати аномальним. Умова аномальності показника  $X_t$  виражається як:

$$X_t > (b + 1) \bar{x}_t \quad (2)$$

де  $X_t$  – значення параметру мережі (вхідного трафіку) в момент часу  $t$ ;  $\eta_{t-1}$  – середнє значення параметру за методикою EWMA для масиву даних до  $t$ .

Використання методики EWMA для попередніх  $n - 1$  значень за період часу  $t - 1$  можна розрахувати середнє значення параметру в момент часу  $t$ :

$$\eta_t = (1 - \lambda) X_t + \lambda \eta_{t-1} \quad (3)$$

Вибір вагового коефіцієнту  $\lambda$  дає змогу змінювати як у сторону збільшення так і зменшення відхилень, таким чином контролюючи динаміку зміни трафіку. Відслідковування такої динаміки необхідне для того, щоб зменшити кількість помилок першого роду у визначенні аномалій.

Тому алгоритм використання методу EWMA слід налаштувати таким чином, щоб виключити одноразове перевищення порогового значення параметру. При виконанні цієї умови фіксація аномального трафіку – аномального значення  $X_t$  – відбувається тільки після деякої кількості  $k$  послідовних перевищень порогового значення.

Виходячи із вищевказаного, основними задачами використання методики EWMA є:

- визначення оптимального значення показника чутливості  $\lambda$  ;
- порогового коефіцієнта  $b$  ;
- інтервалу ковзкої середньої  $q$  .

Коефіцієнт чутливості EWMA  $\lambda$  визначає швидкість виключення більш віддалених у часі значень параметру  $X_t$  для розрахунку EWMA-статистики за (1). Значення  $\lambda = 0$  вказує на те, на значення  $z_t$  впливають усі попередні значення параметру; значення  $\lambda = 1$  – що тільки останні. Таким чином вибір показника  $\lambda$  впливає на величину статистичної ваги для більш віддалених у часі та більш нових значень параметру  $X_t$ , і є компромісним значенням між заданим рівнем чутливості ідентифікації аномальних значень та рівнем похибок першого роду. В роботах ОСЬ ЦИХ значення показника  $\lambda$  варіюється в межах  $0.05 < \lambda < 0.3$  в залежності від виду технологічного процесу, який описується і не визначається оптимальне його значення.

Виходячи із невизначеності значення вагового коефіцієнта представляє інтерес також визначення інтервалу згладжування – кількості значень показника вхідного трафіку для визначенні відповідної ковзкої середньої –  $q$  .

В класичних моделях Хольта [5], Брауна [6] Тейла–Вейджа [7] Вінтера [8] експоненційне згладжування апроксимується ковзкою середньою з величиною інтервалу згладжування, який розраховується за формулою:

$$q = \frac{2}{\lambda} - 1 \quad (4)$$

Формула (4) вказує на те, що величина інтервалу згладжування залежить від значення параметру чутливості. Таким чином питання про його оптимальне значення є актуальним і важливим для використання методу при визначенні аномальної поведінки трафіку.

В роботі [9] приведене основне рівняння експоненціального згладжування, згідно з яким експоненціальне ковзке середнє  $S_t$  в момент часу  $t$  може бути визначене на основі попередніх значень  $S_{t-1}$  та  $X_{t-1}$  як:

$$S_t = (1 - \lambda)S_{t-1} + \lambda X_{t-1} \quad (5)$$

Нехай параметр чутливості  $0 < \lambda \leq 1$  змінюється із деяким кроком  $\Delta\lambda$  від 0 до 1. Тоді для кожного кроку значенню параметру чутливості буде відповідати значення середньої квадратичної похибки  $s_{S(t)}$ :

$$s_{S(t)} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{n-q-1} (X_t - S_t)^2} \quad (6)$$

Для обраного значення  $\lambda$  для визначених значень  $q$  розраховується масив середніх квадратичних похибок та їх середнє значення  $\overline{s_{S(t)}}$ :

$$\overline{s_{S(t)}} = \frac{1}{n-1} s_{S(t)} \quad (7)$$

Процедура повторюється ітеративно із кроком  $\Delta\lambda$  для інших значень параметру чутливості.

Оптимальним буде таке значення  $\lambda$ , якому відповідає мінімальне значення середньої квадратичної похибки:

$$\lambda_{opt} : \overline{s_{S(t)}} \rightarrow \min \quad (8)$$

В теорії EWMA ключовим є поняття «центральної лінії» на основі визначення показника  $Z_0$ , величини, яка розраховується як середнє для всіх значень вхідної вибірки. Крім того, визначаються довірчі межі, нижня та верхня границя, яких обчислюються як:

$$\begin{aligned} \downarrow D^- &= Z_0 - 3s_z \\ \uparrow D^+ &= Z_0 + 3s_z \end{aligned} \quad (9)$$

де  $s_z$  – середнє квадратичне значень EWMA-статистики, яке розраховується за формулою [10]:

$$s_z = \sqrt{s_{EWMA}^2} = \sqrt{\frac{1}{2-\lambda} \sum_{t=1}^n (X_t - Z_0)^2} \quad (10)$$

Оскільки ідентифікація аномального трафіку проводиться на основі перевищення допустимого рівня відхилення, то практичне використання в формулі (9) має лише верхня межа  $D^+$

Визначення оптимального значення параметру чутливості  $\lambda$  дає змогу визначити оптимальне значення інтервалу згладжування  $q$  за (4) і тоді ковзкі середні для масиву спостережень  $X_t$  будуть розраховані як:



$$\bar{m}_q^q = \frac{1}{q} (X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-(q-1)}) \quad (11)$$

Використовуючи процедуру експоненціального згладжування за методикою EWMA ковзкої середньої перевизначається через кожен  $q$ -й інтервал тому і на масиві значень вхідного трафіку  $X_t$  величини часових інтервалів будуть укрупнені до величин інтервалів згладжування  $t = q$  і будуть визначені ковзкі середні за формулою:

$$\bar{m}_q^q = \frac{1}{q} (X_q + X_{q-1} + X_{q-2} + \dots + X_1) \quad (12)$$

Розраховані за (12) середні ковзкі порівнюються із пороговим значенням (верхньою межею), визначеним за (9) і у випадку, коли поточне значення показника  $X_t$  перевищить послідовно верхню порогову межу встановлену ОПР кількість разів  $k$ , робиться висновок про наявність аномалії в мережі.

За [10] адекватні результати виявлення аномалій у трафіку можливі при виконання умови:

$$k \leq q \quad (13)$$

Таким чином, використання методики EWMA за запропонованим алгоритмом дає змогу на основі статистичної обробки даних про вхідний трафік мережі проводити виявлення аномальної поведінки мережі. Запропонована методика дає змогу відмовитися від вимоги нормального закону розподілу масиву даних про вхідний трафік в мережі. Запропонований спосіб оцінки оптимального значення чутливості методики EWMA шляхом визначення мінімального середнього значення квадратичної похибки. На основі визначення оптимальної чутливості методу проведена оцінка оптимальної величини інтервалу згладжування, що дає змогу скоротити час виявлення аномалій у вхідному потоці.

#### Використана література:

1. Иванов В. В. Статистическая модель сетевого трафика: автореферат диссертации / В. В. Иванов. – Дубна, 2009. – 30 с.
2. Бельков Д.В. Статистический анализ сетевого трафика // Наукові праці ДонНТУ Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка» / Д. В. Бельков, Е. Н. Едемская, Л. В. Незамова. – 2011. – Вип. 13(185). – С. 66–68.
3. Бабенко Г. В. Анализ трафика TCP/IP на основе методики допустимого порога и отклонения // Инженерный вестник Дона / Г. В. Бабенко, С. В. Белов – 2011. – № 6.
4. Roberts S. W. Control charts based on geometric moving averages // Technometrics. – 1959. – Vol.1. – P. 239–250.
5. Holt C.C. Forecasting trends and seasonals by exponentially weighted moving averages // O.N.R. Memorandum, Carnegie Inst. of Technology. – 1957. – № 2.
6. Brown R. G. The fundamental theorem of exponential smoothing / R. G. Brown, R. F. Meyer. Oper. Res. – 1961. – Vol.9. – № 5.
7. Theil H. Some observations on adaptive forecasting // Management Science / Theil H., Wage S. – 1964. – Vol. 10. – Mb 2.

8. Winters P. R. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // Management Science. – 1960. – Vol. 6. – № 3.

9. Hunter J. S. The exponentially Weighted Moving Average // Journal of Quality Technology. – 1986. – Vol. 18. – P. 203–209.

10. Семенов Н. А. Применение статистических методов обнаружения DDoS-атак в локальной сети // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии / Н. А. Семенов, А. Ю. Телков. – 2012. – № 1. – С. 82–87.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ  
ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ОХОРОНИ ТЕРИТОРІЙ  
ТИПУ «ЧОРНОБИЛЬСЬКА ЗОНА»

**Бардін Олександр**, Олійник Руслан

*Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України,  
вул. Стрілецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна*

PROSPECTS OF APPLICATION OF INSTRUMENTS OBSERVATIONS  
MILITARY APPLICATIONS FOR THE PROTECTION  
OF AREAS TYPE CHERNOBYL ZONE

**O. O. Bardin**, R. M. Oliynik

*State Research and Test Center Armed Forces of Ukraine,  
st. Striletska, 1, Chernigov, 14033, Ukraine*

**Annotation:** In Armed Forces of Ukraine (AFU) security technology is constantly improved for military use. This military information technology may have also application for civilian use. They can be a source of the most advanced engineering solutions to protect and preserve objects. These engineering solutions can be used efficiently in the Chernobyl zone. According to the current international situation, war is possible. Even in the conditions of war we will need to work and fight on. Based on a pragmatic assessment of the situation, it is necessary to prepare in advance for any option of military events. It is important to prepare the radio communication, navigation, electronic components of military equipment to operate in conditions of increased background radiation. Therefore it is necessary to have collaboration with special laboratories with experience in the management of radioactive materials. Proceeding from the above, there are all preconditions for a promising and fruitful collaboration with of Chernobyl Atomic Station, for the benefit of Ukraine.

Останнім часом до Міністерства оборони України на випробування надходять новітні засоби спостереження і охорони військового призначення, що працюють у видимому, інфрачервоному, мікрохвильовому й очікується в ультрафіолетовому діапазонах електромагнітних хвиль. Активно просуваються до впровадження сейсмоакустичні антени, різноманітні безпілотні літальні апарати (БпЛА), засоби подавлення супутникової навігації, тощо. Таким чином у Збройних силах України (ЗСУ) системи спостереження за діями потенційного супротивника все більш насичуються сучасними інформаційними комплексами, а у зоні антитерористичної операції

(АТО) накопичується безцінний досвід дій на випередження, за рахунок якісної оперативної розвідувальної інформації.

Спочатку, наглядові та охоронні системи військового призначення в українській армії ґрунтувалися на досвіді громадянського сектору. Зараз ситуація змінилась. Збройні сили України самі можуть бути джерелом ефективних, економічно доцільних, інженерних рішень з комплексного підходу до питань охорони і захисту об'єктів підвищеної небезпеки. До таких об'єктів, безсумнівно, відноситься й Чорнобильська АЕС. З цього приводу військові фахівці готові поділитися досвідом.

Розуміється, що будь-яка атомна електростанція, будь-який екологічно небезпечний об'єкт завжди має надійний захист від нападу з повітря. Повітряний простір України дійсно «на замку». Однак є варіанти проникнення «крізь замкову щілину». І є варіанти грубого злому, якому важко протистояти. Будемо реалістами. Будь-яка ситуація, будь-який випадок, може бути рівноможливими, хоча і не рівноімовірним. Тобто, у нашому житті може статися будь що. Наприклад миттєва зміна магнітних полюсів Землі, прибуття інопланетян, тощо. Але імовірність подібних подій різна. Прогноз будь яких несприятливих подій, статистична оцінка імовірності їх здійснення, рейтингова оцінка по рівню безпеки для України, це і є важливе завдання вчених.

Якби хтось, буквально п'ять років тому назад сказав, що основою військової доктрини української армії буде військове протиборство з Росією, його вважали б божевільним. Сьогодні йде війна. Гинуть люди. Якщо би прогноз подібної ситуації був би копітко розглянутий на Державному рівні у 1991 р., то однозначно був би накладений мораторій на ліквідацію ядерної зброї, продаж танків, гармат, літаків будь-кому. Однак все це вже у минулому. Тому зараз треба робити усе можливе для ефективного захисту своєї території, здійснювати впровадження сучасних військових технологій для надійної охорони екологічно небезпечних об'єктів типа Чорнобильська АЕС від будь якого противника.

У 1986 р., в небо над реактором було викинуто близько 6,5 т розпорошеного ядерного палива. І це була катастрофа світового масштабу. Переплавлених, лавоподібних, радіоактивних матеріалів, які поступово перетворюються на пил, в надрах саркофага залишилося понад 190 т. Це у 30 разів більше, ніж було викинуто у 1986 р., і це дуже небезпечно для усієї Європи.

Як відомо, вода є ефективним сповільнювачем нейтронів і транспортером хімічно активних радіонуклідів. Не виключено, що на нижніх горизонтах приміщень під реактором, в які немає доступу, може відбуватися поступова концентрація і розігрів водорозчинних радіонуклідів, за рахунок того, що буде поступово випаровуватися транспортуюча радіонукліди дощова вода. Цей непомітний для зовнішнього спостереження процес може завершитися тепловим викидом. Усім добре відома катастрофа з рідкими високоактивними радіоактивними відходами, що відбулася 29 вересня 1957 р. на ВО «МАЯК» в Челябінській області (Киштимська аварія). Тому новий конфайнмент «Арка» і виконує надважливу роль, запобігаючи потраплянню води у вигляді дощу і снігу всередину «Саркофага». Проблеми захисту від того, що знаходиться всередині «Саркофага» приділена значна увага і витрачені чималі кошти. Але давайте розглянемо проблему з військової точки зору, використовуючи не секретні дані.

Сучасна високоточна «Коректована авіаційна бомба» (КАБ) має для наведення на ціль радіолокаційний, лазерний, інфрачервоний, телевізійний і радіокомандний приціли, супутникову навігацію (GPS і ГЛОНАСС), прискорювальні ракетні двигуни і дальність «відльоту» від точки скидання понад 50 км. При цьому кругове імовірне відхилення від цілі лежить у межах 3–10 м. Сучасні авіабомби не потребують заходу на ціль і працюють за принципом «скинув – забув».

Асортимент бетонобійних фугасних бомб досить великий. Так, призначена для знищення високоміцних бетонних бункерів американська BLU-82/B Daisy Cutter, містить 5,7 т вибухової речовини. В Афганістані для знищення підземних печер всередині гір США застосовували вакуумну бомбу GBU-43, яка має тротиловий еквівалент 11,5 т. До речі, створена ще у 50-ті роки російська фугасна бомба ФАБ-9000 М5 важить 9,5 т і містить 4,3 т вибухової речовини. Вона може заглибитися в ґрунт крізь бетонні перекриття на глибину до 25 м і буквально вивернути «Саркофаг» навиворіт. Модернізація ФАБ-9000 М5 в КАБ можлива. У 2007 р. Росія випробувала вакуумну бомбу АВБПМ, яка має тротиловий еквівалент 44 т, що забезпечує повне руйнування будь-яких залізобетонних конструкцій.

Сучасна, масова російська бетонобійна коректуємо авіабомба з інерціально-супутниковою системою наведення КАБ-500С містить 195 кг вибухової речовини і дальність планування без двигуна до 70 км. КАБ-500С призначена для знищення бункерів, захищених пунктів керування, бойових кораблів, великих технологічних комплексів. Транспортування до цілі переважно здійснюється за допомогою літака типу СУ-34. Її аналог фугасно-бетонобійна КАБ-500Кр знаходить ціль за допомогою фотознімків місцевості, які роблять БпЛА. Аналог КАБ-500С авіабомба КАБ-500Л наводиться на ціль за допомогою лазера. Варіант КАБ-500-ОД має потужну термобаричну боеголовку. Про точність і ефективність російських крилатих ракет добре відомо за результатами сирійської військової компанії.

Металеву оболонку укриття «Арка» замаскувати неможливо. Тому її потрібно ретельно захищати, оскільки герметичність укриття може бути порушена. Укриття забезпечує захист не тільки від дощу, вітру, а також від розпилення радіонуклідів з середини «Саркофагу». Якщо накат опорних труб обрушиться, то радіоактивний пил осяде на внутрішній його герметичної оболонці й екологічна обстановка в Україні не погіршиться. І це дуже важливо. Але з військової точки зору, для будь-якого з бетонобійних боєприпасів оболонка укриття «Арка» це не більш ніж цигарковий папір. К тому ж укриття «Арка», як мішень для бомбардування, добре видима на місцевості, конструктивні особливості її загальновідомі.

Методи боротьби з бомбардувальниками і крилатими ракетами добре відпрацьовані. Протиповітряна оборона України глибоко ешелонована, міцна, постійно вдосконалюється. Повітряний простір «на замку», який противник, скоріше за все, не зламає. Однак, усе можливо. І той факт, що на локальному напрямку протиповітряна оборона може бути подолана, необхідно враховувати.

Виникла і нова загроза для екологічно небезпечних об'єктів. Це БпЛА, ефективні засоби боротьби з якими на великих відстанях поки що не створені. Тобто, «замкова щілина» поки ще не зачинена. Польоти БпЛА завжди передують артилерійсь-

ким обстрілам і бомбовим ударами. Крім того, завдяки БпЛА погіршилась проблема з терористичними атаками. Наприклад, БпЛА може доставити з високою точністю кумулятивний заряд який здатний розрізати 32-мм сталевий трос і висотний кран впаде на будівельні конструкції. Гігантську пожежу на нафтобазі у Васильківському районі списали на людський фактор та порушення технології. Термітну шашку в подібній ситуації міг скинути й малопомітний БпЛА.

У режимі безшумного планування з вимкненим двигуном БпЛА практично неможливо виявити, оскільки він прозорий для радіохвиль і локатор його не бачить, а бійці його не чують. Були випадки, коли взвод солдат у режимі безперервного вогню не поразив БпЛА, який пролітав на висоті не більш 100 м. Виникає питання, – якщо БпЛА дуже складно знищити стрілецькою зброєю, то як хоча б не допустити його на свою територію, заглушивши сигнали супутникової навігації?

Одна з перших розробок вітчизняних підприємств для ЗСУ був переносний постановник завод для GPS-навігації. Зараз знаходяться на випробуванні мобільний комплекс та інші варіанти розробок. У ході неодноразових випробувань було доведено, що ефективність роботи засобів подавлення супутникової навігації українського виробництва на рівні найкращих мирових зразків, і вони можуть бути застосовані для захисту повітряного простору над укриттям «Арка».

Виходячи з прагматичної оцінки ситуації, необхідно заздалегідь готуватися до будь-якого варіанту розвитку міжнародних подій, впроваджувати надійний захист АЕС, здійснювати математичне моделювання наслідків отримання ядерних бомбових ударів, впроваджувати масштабні заходи Громадянської оборони, тощо. Якщо ми готові до несприятливих подій, а вони не відбулися, це дуже добре. Якщо ми не готові до несприятливих подій, а вони відбулись, це дуже погано. Praemonitus praemonitus. Необхідно готуватися до усього, що може відбутись, і робити це ґрунтовно, фундаментально, далекоглядно, так, як це роблять у США.

Сучасний ринок озброєння дуже вимогливий. Виникають питання до того, наскільки надійним буде зв'язок, навігація, наскільки надійно будуть працювати електронні компоненти військового спорядження в умовах підвищеного радіаційного фону? Тут виникає природний інтерес військових фахівців до проведення випробувань у відповідних лабораторіях, спираючись на досвід фахівців громадянського сектору, щоб наше озброєння було найкращим.

Без розвідувальних даних з БпЛА високоточні КАБ є не ефективними. Небо над Чорнобилем має бути закритим для розвідувальних БпЛА, особливо на момент руху «Арки». І якщо це ще не зроблено, військові фахівці можуть допомогти обрати найкраще обладнання, розробити програми і методики, здійснити відповідні випробування. Тобто перспективи співпраці реальні. У тому числі з питань вилучення значної частки радіоактивних матеріалів з приміщень під реактором. Після реалізації подібного проекту навіть бомбардування об'єкта «Укриття» не нанесе вже такої величезної шкоди, як зараз, коли 190 т радіоактивних відходів локально сконцентровані на невеликій глибині.

Таким чином, перспективи застосування сучасних, спеціалізованих військових охоронних технологій для території «Чорнобильської зони» від БпЛА існують, і можуть бути ефективно реалізовані.

**Секція VI.**  
**Технології розумного міста у XXI столітті**

СЕРВИСЫ ДЛЯ «УМНОГО ГОРОДА»

Николай Пихтар<sup>1</sup>, Алексей Кучаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*к-т педагог. наук, доцент кафедры компьютерных наук СФ НТУУ «КПИ»,  
ул. Героев Днепра, 6, Славутич, Киевской обл., 07101, Украина*  
<sup>2</sup>*к-т техн. наук, Калифорния, США*

Представлены примеры умных сервисов в городах США, в частности налогообложение и коммунальные платежи, охрана правопорядка и безопасность, планирование и прогнозирование, самоорганизация населения, которые наиболее оптимально могут быть адаптированы в городе Славутиче. Для этого необходимо муниципалитетам вкладывать относительно небольшие средства в создание и развитие информационных платформ, которые бы являлись основой для множества более узкопрофильных сервисов, создаваемых частными компаниями.

"SMART" CITY SERVICES

Nikolay Pihtar<sup>1</sup>, Aleksey Kuchaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Associate Professor, Department of Computer Science SB of NTUU "KPI"*  
<sup>2</sup>*Ph.D information and computer science, University of California, USA*

**Annotation:** Presents examples of smart services in US cities, in particular taxation, utilities, policing and security, planning and forecasting, self-organization of the population, which can be optimally adapted in the city of Slavutyich. This requires municipalities to invest relatively little money in the creation and development of information platforms, which would constitute the basis for a number of more narrow profile services produced by private companies.

Согласно одного из определений «умного» города, таковым можно считать муниципалитет, который эффективно использует информационные и коммуникационные технологии для управления своими ЖКХ, библиотеками, полицией, школами и т. д., а также для связей и диалога с общественностью [1]. Главной задачей любого города, в том числе и «умного», является обеспечение комфортной и безопасной жизни его жителей. Современные технологии могут значительно помочь в достижении этих целей.

Перед муниципалитетами многих современных городов, а особенно мегаполисов, уже сейчас стоят сложнейшие задачи по планированию и управлению транспортными потоками, документооборотом, быстрому реагированию на чрезвычайные происшествия и эпидемии и множество других задач. «Умный город», может включать в себя множество информационных систем, которые помогают решать задачи и делают жизнь в таком городе более удобной, безопасной, здоровой и экономически обеспеченной. Однако создать и тем более, поддерживать, подобные

системы очень дорого и практически нереально силами одного муниципалитета. Поэтому мы предлагаем, чтобы муниципалитеты вкладывали относительно небольшие средства в создание и развитие информационных платформ, которые бы являлись основой для множества более узкопрофильных сервисов, создаваемых частными компаниями. Не менее важным является и создание адекватной законодательной базы на государственном и региональном уровнях, которая бы открывала доступ к информации и стимулировала создание информационных систем частными разработчиками.

Для примера приведем далеко не исчерпывающий список умных сервисов, активно используемых во многих городах США.

**Налогообложение и коммунальные платежи.** Налогообложение. Данный аспект очень зависит от законодательства конкретной страны и области. Многие штаты США разделены на так называемые графства (county), которым жители платят налог на недвижимость. Вся информация о стоимости дома, размере налога, владельцах и т. д. доступна в сети Интернет на вебсайте соответствующего графства, например [2]. Любой житель может быстро и безопасно узнать, сколько и когда он должен, и оплатить свой налог, не выходя из дома, через Интернет. Нужно заметить, что подобная открытость также очень упрощает борьбу с уходом от налогов и коррупцией. Также подобная открытость данных значительно упрощает работу риэлторам и их клиентам, что способствует развитию локального рынка недвижимости.

**Платежи за коммунальные услуги.** Как правило, уже никого не удивить тем, что каждый житель может не только оплатить все коммунальные услуги через интернет, но и заключить контракт на подходящий ему тариф прямо из дома, используя Интернет. Здесь стоит отметить, что в США газ/вода/электричество и услуги по вывозу мусора обычно предоставляются частными компаниями, обслуживающими конкретные адреса. Поэтому наличие и качество информационных сервисов сильно варьируются. Почти все компании, предоставляющие коммунальные услуги также имеют собственные мобильные приложения. Подобные приложения не только позволяют пользователям оплачивать соответствующие услуги, но и отслеживать аналитику своего использования воды/газа/электричества, что также облегчает принятие мер по экономии данных ресурсов.

**Охрана правопорядка и безопасность.** Уже достаточно давно департаменты полиции многих городов США имеют официальные аккаунты в Twitter. Вот, например, твиттер полиции Нью-Йорка: <https://twitter.com/NYPDnews>. Обычно на таких страницах полиция распространяет информацию о различных происшествиях. Твиттер является бесплатным сервисом и пользуется довольно большой популярностью. Но его проблемной стороной является то, что обратная связь: граждане – полиция не очень удобна на таком сервисе как твиттер. Поэтому многие муниципалитеты сделали следующий шаг – выпустили свои приложения для мобильных телефонов. Вот, например, приложение полиции города Campbell <https://itunes.apple.com/us/app/campbell-police-department/id1029163797?mt=8>. Такие приложения позволяют не только узнавать о недавних происшествиях, но и облегчают обратную связь и, как правило, предоставляют разного вида аналитику. Жите-

ли могут сами немедленно сообщать о правонарушениях и напрямую общаться с полицией. Конечно, полицейский департамент разрабатывает и выпускает такое приложение не сам – это делает частная компания, получившая заказ. Стоит отметить, что адекватная законодательная база, гарантирующая публичный доступ к информации, необходима для подобных приложений.

**Планирование и прогнозирование.** Открытые полицейские данные, такие как отчеты о происшествиях с привязкой к месту и времени, также находят свое применение сервисами прогнозирования. Например, компания <http://www.predpol.com> анализирует отчеты о преступлениях и помогает полицейскому департаменту решать когда, куда и сколько патрулей необходимо направить для поддержания правопорядка. Уже более 60 муниципалитетов США пользуются этим сервисом, и стоит подобный анализ данных порядка \$10,000–\$150,000 в год. Тем не менее сообщается, что использование данной программы помогло полициям Лос-Анджелеса и Атланты снизить количество преступлений на 20 и 10 процентов соответственно.

**Самоорганизация населения.** Немаловажной характеристикой «умного города» является активность и организованность его населения. Для этого часто используются «группы» в таких бесплатных сервисах как Facebook, ВКонтакте и т. д. Однако последнее время набирают все большую популярность «соседские» сервисы, такие как Nextdoor (<https://nextdoor.com>). Данные сервисы лучше позволяют жителям объединяться в группы соседей (согласно адресам проживания), что не только позволяет им общаться, но и облегчают диалог между жителями и официальными представителями муниципалитетов. Очень часто на подобных сервисах заинтересованные люди ведут прямой диалог с мэрией о тех или иных законопроектах.

### **Заключение**

Город может реализовывать огромное количество разнообразных информационных сервисов. Для развития «умных сервисов» в городе необходимо:

- 1) законодательная база гарантирующая право доступа к той или иной городской информации;
  - 2) информационный отдел города должен хранить обрабатывать и предоставлять доступ к подобной информации;
  - 3) активный частный сектор, готовый (за оплату) создавать сервисы и приложения на основе городских данных для муниципалитета, полиции и т. д.
- Позиции (1) и (2) вполне под силу любому менталитету, а для стимуляции развития (3) городу необходимо выделять гранты и проводить соответствующие конкурсы.

Ссылки:

- [1] Sam Musa. "Smart City Roadmap".
- [2] <https://www.sccgov.org/sites/tax/Pages/Santa-Clara-Tax-Collector's-Office.aspx>  
Santa Clara County Tax collectors office.
- [3] [http://www.mercurynews.com/campbell/ci\\_29643005/campbell-police-department-launches-new-app](http://www.mercurynews.com/campbell/ci_29643005/campbell-police-department-launches-new-app) .
- [4] <http://thinkprogress.org/justice/2015/02/12/3622235/police-departments-use-big-data-predict-crime-will-hit-next/> .



## ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ КОМПЛЕКСОМ БЕЗ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ПРИСУТСТВИЯ ОПЕРАТОРА В ОПАСНЫХ ЗОНАХ

**Савицкая Я. А.**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
ул. Г. Обороны, 15, 03041, г. Киев, Украина*

Составной и трудоемкий процесс добычи полезных ископаемых все еще включает много факторов, приводящих к снижению эффективности и человеческим травмам. Решение этой актуальной проблемы возможно с применением информационной технологии управления сложным комплексом без непосредственного присутствия оператора в опасных зонах. Внедрение такой технологии обезопасит оператора и обеспечит непрерывность процесса добычи.

Впервые предложено использовать информацию геолого-маркшейдерских служб для корректировки скорости комбайна при подходе к опасным зонам и их пересечении. Информация представляется оператору в виде карты, где добычная среда представлена тремя достаточными для практики состояниями «норма» или «1» в цифровом коде, «отклонение от нормы» – «0», «значительное отклонение от нормы» – «2».

Используя такую карту, оператор может увеличивать или уменьшать скорость комбайна в соответствии со структурой добычной среды. Информация о структуре может быть передана на штрек или поверхность для управления процессом без непосредственного присутствия оператора.

## THE INFORMATION TECHNOLOGY OF DIFFICULT COMPLEX CONTROL WITHOUT FULL OPERATOR PRESENCE IN DANGEROUS AREAS

**Sawitskaya I. A.**

*National agriculture university of Ukraine,  
H. Oborony str. 15, Kiev, 03041, Ukraine*

**Annotation:** The complex and laborious mining process still includes a lot of factors causing the efficiency losses and human casualties. This actual problem is proposed to be decided by means of information technology of difficult complex control without full operator presence in dangerous areas. This will protect operator and provide the continual mining process. At first was proposed to use the information of geological and surveying services for correcting the combine velocity when approaching and crossing the dangerous areas. The information is given in the map form where normal mining conditions coded with a «1», aberration – with «0» and significant aberration – with «2». The three level discretization proved to be enough in practice. Following this map operator can increase or decrease the combine velocity corresponding to the rock structure. The information about rock structure can be transmitted to the drift or to the ground surface to provide distant control for mining complex.

Выполнение работ по добыче полезных ископаемых на больших глубинах требует повышенных мер безопасности во избежание аварийных ситуаций, приводящих к снижению эффективности процесса добычи и травмам горнорабочих.

Возникновение аварийных ситуаций связано с неопределенностью структуры подземных пород, из-за которой постоянно присутствует риск возникновения и развития опасных геомеханических и геодинамических процессов. Поскольку на глубинах порядка 1000 м и более не происходит смещение пород, то впервые предлагается использовать в процессе угледобычи сведения от маркшейдерских и горно-геологических служб для корректировки скорости угледобывающего комбайна при подходе к опасным зонам и их пересечении.

Такая информация, представленная оператору в виде карты, дает подробное описание местоположения опасных зон при виде на забой сверху. В плоскости пласта распространены тектонические нарушения, которые фиксируются в геологическом описании боковых пород, и отражают замещение угля породами кровли или почвы, выклинивании, расслоении пласта.

Данные о структуре пород предлагается использовать для сопоставления пройденного комбайном расстояния вдоль забоя с номерами секций механизированной крепи, поддерживающих кровлю забоя. Для каждой секции известно расстояние от начала забоя, и таким образом выполняется привязка текущего местоположения комбайна к координатам опасных зон, что дает возможность избежать вхождения в опасную зону на повышенной скорости.

Поскольку внештатные ситуации, возникающие в процессе угледобычи, требуют быстрого принятия решений, то представление данных на карте с достаточной для практики достоверностью можно представить в виде трех состояний «норма», «отклонение от нормы» и «значительное отклонение от нормы». Удобнее эти состояния представить в виде цифрового кода: 0 – состояние возможных обрушений пород кровли в призабойное пространство и при определенном нарастании (первичный, вторичный шаг обрушения кровли и т. д.) необходимо обнуление скорости подачи и остановка комбайна для выкладки костров; 1 – благоприятное состояние вмещающих пород и возможности перехода на максимальную скорость подачи; 2 – предупреждение о повышении напряжения массива и возможной жесткой посадке секций крепи. Пример цифрового кода на прогнозной карте показан на рис. 1.

Передача данных о местоположении комбайна на штрек машинисту или на поверхность шахты диспетчеру по каналу связи возможна благодаря современному уровню развития приемо-передающих средств, их миниатюрным размерам и автономному питанию в течение нескольких месяцев.

Оценка точности идентификации передаваемых сигналов выполняется электронными устройствами, входящими в состав структур приборов и систем. Они объединены общим целевым назначением и образуют канал связи, оптимальный для управления очистным комбайном. В связи с этим возникает необходимость метрологического обеспечения для всех звеньев канала связи [4].

| кровать                |     |  |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |     |
|------------------------|-----|--|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
| Глубина зонирования, м | 14  | 0,66   | 0,12         | 0,044        | 0,077        | 0,21        | 0,07         | 0,049        | 0,038        | 0,033        | 0,076        | 0,044        | 0,111        |              | 0,3          | 0,064        | 0,048        |     |
|                        | 13  | 0,25   | 0,12         | 0,06         | 0,1          | 0,065       | 0,125        | 0,047        | 0,044        | 0,035        | 0,08         | 0,049        | 0,6          |              | 0,103        | 0,042        | 0,044        |     |
|                        | 12  | 0,55   | 0,296        | 0,08         | 0,25         | 0,078       | 0,087        | 0,067        | 0,063        | 0,057        | 0,095        | 0,017        | 0,092        |              | 0,1          | 0,057        | 0,061        |     |
|                        | 11  | 0,16   | 0,313        | 0,113        | 0,156        | 0,033       | 0,1          | 0,109        | 0,075        | 0,057        | 0,061        | 0,02         | 0,069        | 0,04         | 0,3          | 0,049        | 0,095        |     |
|                        | 10  | 0,44   | 0,176        | 0,19         | 0,089        | 0,026       | 0,143        | 0,21         | 0,146        | 0,044        | 0,091        | 0,038        | 0,076        | 0,1          | 0,094        | 0,087        | 0,095        |     |
|                        | 9   | <b>1,08</b>  | 0,737        | 0,103        | 0,267        | 0,048       | 0,2          | 0,086        | 0,08         | 0,073        | 0,172        | 0,038        | 0,076        | 0,133        | 0,075        | 0,106        | 0,04         |     |
|                        | 8   | 0,53   | 0,222        | 0,189        | 0,132        | 0,076       | 0,189        | 0,167        | 0,179        | 0,122        | 0,162        | 0,038        | 0,19         | 0,057        | 0,225        | 0,106        | 0,095        |     |
|                        | 7   | 0,69   | 0,286        | 0,225        | 0,222        | 0,034       | 0,222        | 0,237        | 0,267        | 0,149        | 0,3          | 0,054        | 0,114        | 0,313        | 0,15         | 0,125        | 0,21         |     |
|                        | 6   | 0,26   | <b>1,3</b>   | 0,231        | 0,25         | 0,067       | 0,667        | 0,231        | 0,25         | 0,167        | 0,4          | 0,114        | 0,114        | 0,278        | <b>1,143</b> | 0,28         | 0,091        |     |
|                        | 5   | 0,22   | 0,136        | 0,429        | 0,167        | 0,114       | 0,3          | 0,263        | 0,375        | 0,227        | 0,536        | 0,101        | 0,122        | 0,6          | 0,148        | 0,333        | 0,171        |     |
|                        | 4   | 0,41   | 0,186        | 0,273        | 0,3          | 0,262       | 0,444        | 0,167        | 0,478        | 0,367        | 0,6          | 0,107        | 0,08         | <b>1,333</b> | 0,1          | 0,28         | 0,222        |     |
|                        | 3   | 0,8  | 0,306        | 0,5          | 0,5          | 0,409       | <b>1</b>     | 0,476        | 0,4          | 0,35         | <b>1</b>     | 0,407        | 0,273        | 0,833        | 0,2          | 0,406        | 0,462        |     |
|                        | 2   | 0,71   | <b>1,167</b> | 0,556        | 0,571        | 0,8         | 0,833        | 0,571        | 0,4          | <b>1,5</b>   | <b>1,2</b>   | 0,633        | 0,571        | <b>1</b>     | 0,571        | 0,789        | <b>1,333</b> |     |
|                        | 1   | <b>1,14</b>  | <b>1,16</b>  | <b>1,045</b> | <b>1,089</b> | <b>1,25</b> | <b>1,029</b> | <b>1,111</b> | <b>1,286</b> | <b>1,231</b> | <b>1,167</b> | <b>1,091</b> | <b>1,037</b> | <b>1,2</b>   | <b>1,087</b> | <b>1,154</b> | <b>1,261</b> |     |
|                        | ФПУ | 1°   | 2°           | 3°           | 4°           | 5°          | 6°           | 7°           | 8°           | 9°           | 10°          | 11°          | 12°          | 13°          | 14°          | 15°          | 16°          | 17° |
|                        |     | ПК4 ПК9 ПК14 ПК19 ПК24 ПК29 ПК34 ПК39 ПК44 ПК49 ПК54 ПК59 ПК64 ПК69 ПК74 ПК79 ПК84 |              |              |              |             |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |     |

Рисунок 1 – Фрагмент карты, составленной по данным геолого-маркшейдерской службы  
 Обозначения: ФПУ – фрагмент представления уровня, на котором выполняются добычные работы;  
 0,1–0,5 – повышенные напряжения массива – соответствует 2; 0,5–1 – нормальное состояние массива –  
 соответствует 1; 1 и больше – трещиноватое состояние массива – соответствует 0.

Современные методы оценки точности существенно отличаются от классических, разработанных ранее и обеспеченных метрологическими правилами. Это связано с использованием информационных технологий с новыми функциональными возможностями проектируемых устройств, повышением комфортности обслуживания и виртуального места отображаемой информации. Вместе с этим появляются новые источники погрешностей, например, связанные со средой передачи информации. Кроме того, трактуя методику оценки точности через идентификацию неопределенности, возникают проблемы с распознаванием и устранением составляющих погрешности или сведением их до уровня незначущих [4, 5].

Список использованных источников:

1. Чичикало Н. И. Структурно-алгоритмические принципы построения ИИС на напряженно-деформированных объектах [Текст]. – Донецк: [б. и.], 1998. – 176 с.: ил.
2. Омелянович В. М. Шахтная геология угольных месторождений, Недра, – М: 1966. – 222 с.
3. Поляков А. Н., С. Н. Мулев, А. С. Харкевич и др. Методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт. – С-П. – 2012. – 82 с.
4. ISO 5725-1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definition.
5. ISO 5725-1. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

## РОЗРОБКА ЗРУЧНОЇ ОБОЛОНКИ ДЛЯ ZONEMINDER

**Бурмака І. А., Вітер В. О.**

*Чернігівський національний технологічний університет,  
вул. Шевченка 95, Чернігів, 14027, Україна  
Науковий керівник: Злобін С. В.*

Були проаналізовані переваги і недоліки існуючих оболонок для ZoneMinder при цьому акцент в першу чергу робився на можливість використання шкіни для моніторингу камер в реальному часі і можливості оперативного перегляду фрагментів відеозаписів. Спираючись на знайдені недоліки було зібрано список вимог, яким повинен відповідати скін зручний для ведення моніторингу камер в реальному часі. Далі на основі найбільш зручного шкіни з відкритим вихідним кодом був створений скін, що відповідає поставленим вимогам. При створенні були використані компоненти існуючих оболонок, які відповідали поставленим вимогам, а так само розроблений оригінальний код.

Створена оболонка розрахована в першу чергу на моніторинг камер в реальному часі. Завдяки повноекранному режиму та динамічному розміщенню відеопотоків на екрані, простір екрану використовується більш раціонально, ніж при ручному розміщенні. При цьому, програма враховує як кількість камер, так і розміри самого екрана в конкретний момент часу.

Оболонка дає можливість у зручному режимі переглядати події та виконувати над ними деякі операції. Так доступна можливість пришвидшеного, сповільненого та покадрового переглядів, що дозволяє оперативно опрацювати виявлені події та прийняти необхідні заходи.

**Ключові слова:** системи відеоспостережень, оболонка, розробка, ZoneMinder, динамічний розподіл відео потоків, в режимі реального часу.

## DEVELOPMENT OF CONVENIENT SKIN FOR ZONEMINDER

**Burmaka I. A., Zlobin S. V., Viter V. O.**

*Chernihiv national university of technology,  
Shevchenka str., 95, Chernihiv, 14027, Ukraine*

**Annotation:** The advantages and disadvantages of existing skins for ZoneMinder were analyzed, focusing primarily on the possibility of using the skin for monitor cameras in real time and the possibility of operational viewing video fragments. Considering the found faults, the list of requirements was made which the skin has to meet and is easy to maintain cameras monitoring in real time. Further, based on the most convenient skin with open source there was created skin that meets the requirements. During creation, there were used the components of the existing skins, which met the set of requirements, and the original code was also developed. The created skin is primarily designed for monitoring cameras in real time. Due to full screen mode and dynamic allocation of video streams on the screen, the screen space is used more efficiently than with manual placement. This program takes into account both the number of cameras and the size of the screen at particular time. The

skin allows you to view events in a convenient mode and perform some operation on them. Thus, the opportunity is available of accelerated, slow motion and single-frame playback, which allows you to process the detected event quickly and take necessary measures.

**Keywords:** Video Surveillance DVR Software, skin, development, ZoneMinder, dynamic allocation of video streams, real time monitoring.

Цифрові системи відеонагляду набирають все більшу й більшу популярність. Серед них існують і програмні системи з відкритим вихідним кодом. Однією з таких систем є «ZoneMinder». В цій системі гарно реалізована можливість запису та аналізу рухів, проте існує проблема з користувацьким інтерфейсом [3].

Пошуки серед існуючих графічних оболонок не привів до бажаного результату. Найбільш популярними оболонками виявились Classic (а також її модифікації) та Cassandra [1]. Жодна зі знайдених нами оболонок не мала зручного інтерфейсу для моніторингу камер в реальному часі. Для створення нашої оболонки було проаналізовано переваги та недоліки існуючих оболонок та був висунутий ряд характеристик яким наша оболонка повинна відповідати.

Недоліки існуючих оболонок для сервера zoneminder наведено у табл. 1.

Основні характеристики розробленої оболонки:

- можливість авторизації;
- динамічне розміщення відео потоків на екрані;
- можливість перегляду в повноекранному режимі;
- зручна робота з подіями;
- моментальні повідомлення про події.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз оболонок ZoneMinder

|           | Недоліки   | Переваги   |
|-----------|--|--|
| Classic   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– відсутність повноекранного режиму;</li> <li>– відсутність можливості динамічного розміщення відеопотоків на екрані;</li> <li>– складний інтерфейс (за функціональними можливостями підходить для адміністрування);</li> <li>– інтерфейс на основі спливаючих вікон</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– зручне керування подіями;</li> <li>– авторизація;</li> <li>– можливість адміністрування;</li> <li>– наявність груп</li> </ul> |
| Cassandra | <ul style="list-style-type: none"> <li>– відсутність повноекранного режиму;</li> <li>– відсутність зручної роботи з подіями;</li> <li>– відсутність авторизації</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– динамічне розміщення відеопотоків на екрані;</li> <li>– одновіконний інтерфейс</li> </ul>                                     |

Базою для розробки нашої оболонки стала оболонка Cassandra, оскільки в ній на початковій стадії реалізоване динамічне розміщення відеопотоків на екрані [2]. Серверна частина оболонки написана мовою PHP, на клієнтській стороні програмний код написаний на Javascript. Розрахунок розмірів відеопотоків відбувається на стороні сервера, що дозволяє зменшити навантаження на систему клієнта, проте це призводить до затримки при зміні розміру відеопотоків.

Створена нами оболонка розрахована в першу чергу на моніторинг камер в реальному часі. Завдяки повноекранному режиму та динамічному розміщенню відеопотоків на екрані, екранний простір використовується більш раціонально ніж при ручному розміщенні. При цьому програма враховує як кількість камер, так і розміри самого екрану в конкретний момент часу.

Також розроблена оболонка дає можливість у зручному режимі переглядати події та виконувати над ними деякі операції. Так доступна можливість пришвидшеного, сповільненого та покадрового переглядів, що дозволяє оперативно опрацювати виявлену подію та вжити необхідні заходи.

Також в розробленій оболонці присутня можливість моніторингу конкретної вказаної камери та всіх камер по черзі. При цьому розмір зображення з камери також підлаштовується під розміри монітора.

Можливість авторизації дозволяє захистити камери від несанкціонованого доступу. Для раціонального розміщення зображень на екрані було повністю перероблено алгоритм, який генерує сітку для розміщення зображення. Тепер алгоритм враховує співвідношення площі зображень з площею робочої частини вікна.

Оскільки дана оболонка на адміністрування системи не розрахована, доступ до системних налаштувань та видалення подій відсутній, при цьому змінити ім'я події все ще можливо. Такий підхід дозволить попередити махінації з подіями.

Можна підсумувати, що оболонка, створена нами шляхом доробки оболонки Cassandra, більш зручна у порівнянні з Classic для ведення моніторингу камер в режимі реального часу. При цьому оптимальне розміщення відеопотоків на екрані відбувається без додаткових налаштувань. Автоматизація налаштувань та зручний інтерфейс перегляду та керування робить роботу оператора більш комфортною, а невибагливість оболонки дозволяє використовувати в ролі клієнтської машини доволі слабкий комп'ютер.

Список посилань:

1. <https://wiki.zoneminder.com/>
2. <http://www.cassandra.org/projects/computer/zoneminder-arc-skin.html>
3. <http://zoneminder.readthedocs.org>

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ АДМІНІСТРАТОРА ПРИВАТНОЇ КЛІНІКИ

Бальченко І. В., Вітер В. О., **Ертман Х. Р.**, Кулик Е. Е., Легкобит Я. О.

*Чернігівський національний технологічний інститут,  
вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна  
Науковий керівник: Злобін С. В.*

Досліджено проблему зберігання інформації в медичних установах. На сьогоднішній день це актуальна та розповсюджена проблема через швидкий ріст об'єму інформації. Тому дуже важливо вибрати правильний метод її вирішення. Обрано найбільш раціональний шлях вирішення в ході дослідження. Ним є зберігання да-

них в електронному вигляді. Цей шлях має багато переваг. Наприклад, автоматизованість, доступність, розподіл даних, розподіл обробки даних, портативність та інше. Проаналізовано програмний продукт, який вирішує цю проблему, та виявлено його недоліки. Найбільший з них – дорога плата. Багато медичних установ не мають можливості купити цей продукт. Пропонується альтернативне вирішення цієї проблеми з усуненням недоліків існуючого програмного забезпечення.

**Ключові слова:** проблема зберігання інформації, зберігання інформації в електронному вигляді, медичні установи, програмне забезпечення, бази даних, об'єктно-реляційне відображення, об'єктно-орієнтоване програмування.

## DEVELOPMENT OF AWP OF ADMINISTRATOR OF PRIVATE CLINIC

S. V. Zlobin, I. V. Bal'chenko, V. O. Viter, **C. R. Ertman**,  
E. E. Kulyk, Ya. O. Lehkobyt

*Chernihiv National Technological Institute,  
Shevchenko str., 95, Chernihiv, 14027, Ukraine*

**Annotation:** The problem of storage of information in medical institutions is investigated. Nowadays it is a topical and common problem because of fast increase of amount of information. That is why it is important to choose the right method of the solving of this problem. As a result, the most rational way is selected. It is storage of data in electronic form. This way has a lot of advantages. For example, an automation, an accessibility, a sharing, a collaboration, a portability and other. A software product that solves this problem is analyzed and its shortcomings are identified. The biggest weakness is expensive pay. Many medical institutions do not have an opportunity to buy this product. An alternative solution to this problem with the elimination of the shortcomings of existing software is offered.

**Keywords:** problem of information storage, storage of information in electronic form, medical institutions, software, data base, object-relational mapping, object-oriented programming.

З кожним днем об'єм інформації збільшується. Якщо раніше інформація зберігалась здебільшого у вигляді картотек, то зараз все більше організацій у розвинених країнах світу завдяки розвитку інформаційних та електронних технологій переходять на зберігання даних в електронному вигляді.

На жаль, в Україні перехід від паперового до електронного зберігання даних відбувається набагато повільніше, ніж в інших країнах Європи.

На сьогоднішній день однією зі сфер, яка найбільше потребує даного нововведення, є медицина. Адже вся інформація про пацієнтів, лікарів, розклад роботи спеціалістів, фінансовий облік тощо зберігається у паперовому вигляді. Це має широкий ряд недоліків: ненадійність зберігання даних, повільний пошук потрібної інформації, ускладнення обробки і копіювання даних, некомпактність та непортативність зберігання інформації.

На даний момент в Україні вже створено програми, які вирішують ці задачі. Найвідомішою з них є «Медучет SQL». Але більшість медичних установ не можуть

собі дозволити придбання цього програмного забезпечення у зв'язку з його високою ціною. Оренда даної програми складає \$349, перший внесок для початку користування, та щомісячна плата, яка залежить від кількості обслуговуваних пацієнтів та змінюється в межах від 200 грн. до 1800 грн. [1].

Альтернативою цій програмі є розробка викладачів та студентів кафедри Програмної інженерії Чернігівського національного технологічного університету під назвою «Медучет Tesla». На відміну від «Медучет SQL» даний програмний продукт буде коштувати у рази дешевше та не потребуватиме щомісячної оплати. Проте програма «Медучет Tesla» має основний функціонал опонента.

Даний програмний продукт забезпечує зберігання інформації про пацієнтів та лікарів. У базі даних пацієнтів доступні дані про історію хвороби, контактні дані хворого та інша корисна інформація. У базі даних лікарів зберігаються контактні дані спеціалістів та інформація про розклад, номер приймальні, спеціалізацію, розмір заробітної плати і виписані премії. Адміністратор може додавати нових пацієнтів та лікарів, редагувати дані про них та, у разі необхідності, видаляти з бази. У програмі є можливість використовувати фільтри, за допомогою яких можна вивести потрібну інформацію за заданим шаблоном. Наприклад, відобразити інформацію про лікарів, які мають спеціалізацію, що вказана у шаблоні.

У більшості клінік обслуговування пацієнтів відбувається за попереднім записом на прийом. Тому у програмному продукті «Медучет Tesla» реалізовано функціонал, який динамічно відображає записи пацієнтів на прийом до лікаря. Пацієнт може записатися на прийом, зателефонувавши до клініки або особисто відвідавши медичний заклад та звернувшись до адміністратора. Застосунок контролює, щоб на один і той самий час на задану процедуру не було записано більше однієї людини. Адміністратор програми може редагувати записи, видаляти їх та додавати нові.

Для полегшення роботи бухгалтерії лікарні додана функція автоматичного формування фінансової звітності, наприклад підрахунок заробітної плати лікарів.

Реалізувати даний проект на рівні розробки нам допомогли об'єктно-орієнтована мова програмування Java, технологія ORM (об'єктно-реляційна проекція) у зв'язці з СКБД (системою керування базами даних) PostgreSQL та фреймворки Spring, Vaadin.

ORM (Object-relational mapping) – технологія програмування, яка зв'язує бази даних з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створюючи «віртуальну об'єктну базу даних». Ця технологія вирішує проблему збереження даних. Системи управління реляційними базами даних показують хорошу продуктивність на глобальних запитах, які зачіпають велику ділянку бази даних, але об'єктно-орієнтований доступ ефективніший при роботі з малими об'ємами даних, оскільки це дозволяє скоротити семантичний провал між об'єктною і реляційною формами даних. ORM позбавляє програміста від написання великої кількості коду, часто одноманітного і схильного до помилок, тим самим значно підвищуючи швидкість розробки. Крім того, більшість сучасних реалізацій ORM дозволяють програмістові при необхідності жорстко задати код SQL-запитів, який використовуватиметься при тих або інших діях (збереження в базу даних, завантаження, пошук тощо) з постійним об'єктом [2].



Spring Framework надає повну конфігурацію для сучасних корпоративних застосунків Java. Ключовим елементом є інфраструктурна підтримка: Spring фокусується над «сантехнікою» корпоративних застосунків так, щоб розробники могли зосередитися на бізнес-логіці. Даний фреймворк допомагає будувати прості, портативні, швидкі та гнучкі системи й додатки на основі JVM.[3,4]

Vaadin Framework дозволяє побудувати односторінкові веб-застосунки без використання складних веб-технологій. Єдина вимога – VM-мова програмування, наприклад, Java, яку ми і використовуємо при написанні нашого проекту. Для доступу до застосунка необхідний тільки браузер без підключення будь-яких бібліотек [5, 6].

Важливі переваги цих двох фреймворків полягають у тому, що вони безкоштовні, мають великий набір інструментів і їх функціонал направлений, в основному, на розробку корпоративних веб-застосунків, яким є і наш продукт «Медучет Tesla».

Отже, за допомогою програмного продукту «Медучет Tesla» можна не тільки підвищити швидкість обслуговування пацієнтів, але й покращити якість обслуговування. Цьому в першу чергу сприяє компактне зберігання даних про пацієнтів лікарні та можливість швидкого пошуку за заданим шаблоном.

Список посилань:

1. <http://www.meduchet.com/>
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Об'єктно-реляційне\\_відображення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Об'єктно-реляційне_відображення)
3. <https://spring.io/>
4. <https://projects.spring.io/spring-framework/>
5. <https://vaadin.com/>
6. <https://vaadin.com/framework>

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID ДЛЯ СЕРВЕРА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ZONEMINDER

**Гавриленко А. В.**

*Черниговский национальный технологический университет,  
ул. Шевченко 95, Чернигов, 14027, Украина  
Науковий керівник: Злобін С. В.*

Рассмотрена проблема доступа к камерам видеонаблюдения с Android устройств. В настоящее время она является актуальной и распространенной из-за быстрого увеличения числа мобильных устройств. Наиболее оптимальным вариантом является разработка мобильного приложения. Такое приложение имеет ряд преимуществ: удобство, производительность, портативность.

**Ключевые слова:** ZoneMinder, видеонаблюдение, Android, мобильное приложение, программное обеспечение, MJPEG, объектно-ориентированное программирование.

## MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT ON ANDROID PLATFORM FOR SERVER VIDEO OBSERVATION ZONEMINDER

**Havrulenko A. V.**, Zlobin S. V.

*Chernihiv national university of technology,  
Shevchenka str., 95, Chernihiv, 14027, Ukraine*

**Annotation:** The problem of access to video surveillance cameras on Android devices. Nowadays it is a topical and common problem because of fast increase of number of mobile devices. The most optimal option is the development of mobile application. This way has a lot of advantages - friendliness, performance, portability.

**Keywords:** ZoneMinder, video monitoring, android, mobile app, software, MJPEG, object-oriented programming.

В последние несколько лет получили распространение мобильные устройства – смартфоны и планшеты. Как известно эти устройства работают под управлением полноценной операционной системы. Лидером среди мобильных ОС является система Android от Google. Android занимает около 80 % рынка мобильных ОС [1]. Количество устройств под управлением Android в конце 2015 г. превысило 1,4 млрд. [2].

Для данной платформы уже существуют готовые решения для видеонаблюдения, но они либо платные, либо используют другой протокол передачи.

В качестве сервера видеонаблюдения используется ZoneMinder, который позволяет просматривать изображения с камер, а также записывать события и просматривать их. Недостатком ZoneMinder является отсутствие передачи звука. ZoneMinder использует протокол передачи MJPEG – покадровый метод видеосжатия, основной особенностью которого является сжатие каждого отдельного кадра видеопотока с помощью алгоритма сжатия изображений JPEG [3].

Также существует протокол RTSP (Real Time Streaming Protocol), но данный протокол слишком тяжелый для мобильных устройств. Кроме того, он не имеет возможности снизить качество изображения для того, чтобы смотреть изображения с камер на мобильном устройстве при низкой скорости соединения с Интернет (например, через EDGE). Но зато данный протокол позволяет получить более высокое качество изображения [4].

Для разработки приложений под Android существует много сред интегрированной разработки, но было решено использовать Android Studio. Производить отладку можно как на реальном устройстве, так и на эмуляторах.

Для получения и показа изображений с высоким fps используется кастомный элемент MjpegView с GitHub [5]. А для просмотра камер в меню в виде списка используется простой алгоритм загрузки картинки с сервера раз в несколько секунд. Так достигается малое потребление трафика и возможность смотреть на камеры почти в реальном времени.

Список камер хранится в базе данных SQLite, а все настройки приложения хранятся в SharedPreferences.

Приложение обеспечивает разные режимы просмотра камер:

1) *Просмотр в виде списка* – основной режим, открывается при запуске приложения. Содержит список всех добавленных камер. У каждой камеры есть CheckBox, который позволяет отметить камеры для просмотра в режиме нескольких камер или для удаления. Также каждый элемент списка отображает изображение с камеры в низком разрешении, ее название и описание. Качество изображения, и интервал обновления задается в настройках. Данный экран приложения позволяет производить манипуляции с камерами – добавлять, удалять и запускать их. Для того чтобы открыть просмотр одной камеры нужно просто кликнуть на нее. Для открытия нескольких нужно отметить их галочками и нажать на кнопку Play.

2) *Просмотр одной камеры*. Данный режим используется для просмотра изображения в максимальном качестве и самым высоким уровнем FPS. Для данного режима есть две ориентации экрана – портретная и ландшафтная. В портретной ориентации отображается камера, ее название, описание, а также панели настроек. В ландшафтной ориентации отображается только изображение с камеры и ее название поверх изображения. Как для портретного, так и для ландшафтного режима есть боковое меню, которое содержит все основные настройки камеры. Как показало тестирование, данный режим позволяет смотреть изображение с разрешением 640×480 практически без потерь, и количество кадров в секунду достигает 20–25.

3) *Циклический просмотр*. Запускает автопереключение камер по таймеру. Таймер задается в диапазоне от 1 до 60 секунд. Запускается с режима просмотра одной камеры.

4) *Просмотр нескольких камер одновременно*. Данный режим обеспечивает совместный просмотр нескольких камер одновременно (от 1 до 15). Сетка камер определяется автоматически, и подстраивается под ориентацию экрана. Поскольку камер в данном режиме слишком много, то необходимо снижать качество – оно определяется автоматически в зависимости от количества камер.

Каждый режим позволяет сохранить текущее изображение с камеры на мобильное устройство. Папка сохранения указывается в настройках.

Системные требования к устройству:

- Android 4.0 +;
- наличие доступа к Интернету.

Приложению нужно для стабильной работы скорость подключения более 2 Мбит, но также возможно пользоваться с очень низким качеством при скорости подключения 150 Кбит.

Поскольку смартфоны и планшеты стали очень популярными, то было логичным решением позволить пользователям системы видеонаблюдения получать доступ не только с ПК или ноутбуков, а и с мобильных устройств через данное приложение.

Список посилань:

1. <http://www.therunet.com/articles/5948-androidn>.
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Android>.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/MJPEG>.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/RTSP>.
5. <https://github.com/michogar/MjpegView>.

## ПОБУДОВА СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ZONEMINDER

**Вітер В. О.,** Бурмака І. А.

*Чернігівський національний технологічний університет,  
вул. Шевченка 95, Чернігів, 14000, Україна  
Науковий керівник: Злобін С. В.*

Проблема значного зростання злочинності досліджена. Статистика свідчить про необхідність вжиття заходів щодо запобігання злочинних дій в будь-якій формі. Ефективність використання систем відеоспостереження підтверджена міжнародним досвідом застосування. В цілому, впровадження сучасних систем відеоспостереження в громадських місцях дозволить правоохоронним органам швидше реагувати на злочини, і дозволить громадянам почувати себе більш захищеними. Програмне забезпечення для цих цілей проаналізовано, але воно має деякі обмеження. Альтернативний спосіб запропоновано. ZoneMinder був розроблений для запису відео інформації та експорту відеозаписів. Запис відео інформації проводиться з високою якістю зображення. Записи можуть бути легко знайдені, відфільтровані і експортовані за допомогою будь-якої операційної системи з використанням веб-браузера.

**Ключові слова:** система відеоспостережень, ZoneMinder, програмне забезпечення, обробка зображень.

## CONSTRUCTION OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS USING VIDEO SURVEILLANCE DVR SOFTWARE ZONEMINDER

Zlobin S. V., **Viter V. O.**, Burmaka I. A.

*Chernihiv National University of Technology,  
Shevchenko str. 95, Chernihiv, 14000, Ukraine*

**Annotation:** The problem of a significant increase in crime is investigated. The statistics suggests the need for measures to prevent the criminal acts in any form. There is the need to implement these measures. An efficiency of the use of video surveillance systems are confirmed by international experience of enforcement. In general, the making public places with modern video surveillance systems will enable law enforcement agencies more quickly to response to the offense, and will allow citizens to feel more secure. A software for these purposes is analyzed. But it has some limitations. An alternative way is offered. ZoneMinder was developed to record video information easy and for export them. The recordings are made with the best quality. They can be filtered easily, found and easily exported via any operating system using a web browser.

**Keywords:** video, security, video surveillance systems, ZoneMinder, the processing of recording.

Останні кілька років в Україні спостерігається значне підвищення рівня злочинності. Після революційних подій на Майдані в Україні стали в 3,5 рази частіше використовувати вогнепальну зброю. Про це свідчать статистичні дані Генпрокурату-

ри з січня по жовтень 2013 р. у порівнянні з аналогічним періодом 2014 р. Ця статистика говорить про необхідність вживання заходів для запобігання та попередження злочинних дій у будь якій формі [6].

Для попередження і запобігання злочинних дій з'являється необхідність впровадження наступних заходів:

- створити систему відео-нагляду за ділянками міста з підвищеним криміногенним показником, жвавими перехрестями, ділянками автомобільних доріг з інтенсивним рухом, а також місцями масового скупчення громадян;
- організувати систему безперервного моніторингу відеоінформації, виявлення порушень громадського порядку, інших правопорушень і надзвичайних ситуацій;
- оперативно інформувати правоохоронні органи про порушення громадського порядку, інші правопорушення і надзвичайні ситуації.

Ефективність застосування таких систем відео-нагляду підтверджується зарубіжним досвідом правоохоронної діяльності. Зокрема, використання систем відеоспостереження в країнах Європейського Союзу та США значно сприяє оперативності реагування на правопорушення, швидкому встановленню осіб, які їх вчиняють. Застосування систем відео спостереження стримує потенційного правопорушника від вчинення протиправних дій навіть за відсутності поліцейського. Облаштування громадських місць сучасними системами відеоспостереження дасть можливість правоохоронним органам більш оперативно реагувати на правопорушення, а громадянам – почуватися більш безпечно.

Позитивні результати дало застосування систем відеоспостереження, установлених в містах Києві та Донецьку, у тому числі під час проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 р. з футболу.

Універсальне програмне забезпечення для централізованого управління засобами IP-відеоспостереження, яке розраховане на роботу з камерами різних виробників, як правило, коштує кругленьку суму. В той же час існують і безкоштовні програмні продукти, але вони мають деякі обмеження. Інтернет переповнений різними «безкоштовними», «пробними» і «тестовими» версіями програмних засобів для створення систем відеоспостереження. Провівши аналіз таких програмних засобів ми виділили наступні: «XProjectGo», «Zoneminder», «SecuritySpy», «SmartStart», «SecurOSLite», «VideoNetPrime». Порівняльна характеристика знайдених програмних продуктів представлена у табл. 1 [2, 3, 4, 5].

ZoneMinder був розроблений для запису відео інформації, а також для легкого пошуку та експорту. Записи проводяться з найкращою якістю, легко можуть бути відфільтровані, знайдені, а також просто експортовані за допомогою будь-якої операційної системи використовуючи веб-браузер.

ZoneMinder розроблений як ряд незалежних компонентів, які функціонують тільки при необхідності, зменшуючи витрати ресурсів, і цим самим збільшуючи ефективність використання сервера. Досить древній Pentium II PC має можливість відстежувати одну камеру на пристрої зі швидкістю до 25 кадрів в секунду, в той же час за кожну додаткову камеру якість запису зменшується вдвічі.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика програмних засобів для відеопостереження

| Компанія              | Milestone  | ZoneMinder | BenSoftware | ISS          | AxxonSoft  | «Скайрос»      |
|-----------------------|------------|------------|-------------|--------------|------------|----------------|
| Назва                 | XProjectGo | ZoneMinder | SecuritySpy | SecurOS-Lite | SmartStart | VideoNet-Prime |
| № камер               | 8          | не обмеж.  | не обмеж.   | 4            | 16         | 16             |
| Кількість серверів    | 1          | не обмеж.  | не обмеж.   | 1            | 1          | не обмеж.      |
| Відео архів           | 5 днів     | не обмеж.  | не обмеж.   | -            | 1 тб       | +              |
| Підтримка H.264       | +          | +          | +           | +            | +          | +              |
| Детектор руху         | +          | +          | +           | +            | +          | +              |
| Аналітичні функції    | -          | -          | +           | -            | +          | +              |
| Інтелектуальний пошук | -          | -          | +           | -            | +          | +              |
| ОС                    | Windows    | Linux      | MacOS       | Windows      | Windows    | Windows        |
| Час використання      | -          | -          | 30 днів     | -            | -          | -              |

Крім швидкого ядра відео обробки він також поставляється зі зручним та інтуїтивно зрозумілим веб-інтерфейсом, що дозволяє управляти і контролювати свої камери з дому, на роботі, в дорозі, або навіть з мобільного телефону. Веб-інтерфейс розроблений з використанням принципів адаптивності, що збільшує коло сумісних пристроїв.

Система дозволяє переглядати захоплені камерою події, архівувати та переглядати їх у довільному порядку, або видаляти ті, які ви більше не хочете зберігати. ZoneMinder дозволяє визначити набір «зон» для кожної камери різної чутливості і функціональності. Це дозволяє виключити зони, які ви не хочете відслідковувати або визначити області, в яких будуть спрацьовувати тривожні сигнали [1].

Для тестування системи ZoneMinder було використано сервер з наступними конфігураціями:

|   |
|---|
| Intel(R) Core(TM) i5-2400 CPU @ 3.10GHz<br>MemTotal: 8Gb<br>HDD: 1500Gb |
|---|

Встановлення програмного комплексу відбувалось на базі операційної системи Centos 7, в ході встановлення комплексу було виявлено несумісність стандартних бібліотек, з системою відеоспостереження, тому перед встановленням було видалено системні версії бібліотек: ffmpeg, perl, vlc. Для встановлення системи були використані наступні команди, що представленні в лістингу.

```
wget http://zrepo.zoneminder.com/el/7/x86_64/zrepo-7-6.el7.centos.noarch.rpm
sudo yum install --nogpgcheck zrepo-7-6.el7.centos.noarch.rpm
sudo yum install zoneminder
less /usr/share/doc/zoneminder-*/README.Centos7
sudo systemctl enable mariadb
sudo systemctl start mariadb
sudo mysql_secure_installation
mysql -u root -p < /usr/share/zoneminder/db/zm_create.sql
mysql -u root -p
mysql> grant all
    on zm.* to 'zmuser'@localhost identified by 'zmpass';
mysql> exit;
mysqladmin -u root -p reload
sudo setenforce 0 disable SELinux
sudo systemctl enable httpd
sudo systemctl start httpd
sudo systemctl enable zoneminder
sudo systemctl start zoneminder
cp /usr/share/zoneminder/www/ /var/www/html/
ln /var/lib/zoneminder/images/ /var/www/html/
```

Після встановлення системи ZoneMinder використання ресурсів сервера змінилося відповідно до наведених в лістингу.

```
Internet: Connected
Operating System Type : GNU/Linux
OS Name : CentOS Linux
OS Version : 7 (Core)
Architecture : x86_64
Kernel Release : 3.10.0-229.20.1.el7.x86_64
Logged In users :
    admin      pts/0          2016-02-24 08:43 (46.149.92.62)
Ram Usages :
    total      used          free          shared  buff/cache  available
    7.6G       583M         1.4G          1.1G     5.7G        5.6G
Swap Usages :
    total      used          free          shared  buff/cache  available
    8.0G       125M         7.9G
Disk Usages :
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/centos-root    59G   75M   56G   1% /
devtmpfs         3.9G     0   3.9G   0% /dev
tmpfs            3.9G  794M   3.1G  21% /dev/shm
tmpfs            3.9G  369M   3.5G  10% /run
tmpfs            3.9G     0   3.9G   0% /sys/fs/cgroup
/dev/mapper/centos-usr    148G  1.3G  139G   1% /usr
/dev/sda1         976M  140M  770M  16% /boot
/dev/mapper/centos-home   493G   73M  467G   1% /home
/dev/mapper/centos-var    99G   61G   33G  66% /var
/dev/mapper/centos-backup 1.1T  1.1T  1.1T0% /backup
System Uptime Days/(HH:MM) : 78 days
```

В ході тестування системи було виявлено високу стабільність, та швидку обробку відео потоків. Під час перевірки системи на ефективність було встановлено що, система в постійному режимі запису з 13 камер записують на вінчестер в середньому близько 9 Гб за годину.

Список посилань:

1. <https://zoneminder.com/>.
2. <https://www.milestonesys.com/our-products/video-management-software/xprotect-go/>.
3. <http://www.bensoftware.com/securityspy/>.
4. [http://iss.ru/products/video/securos\\_lite/](http://iss.ru/products/video/securos_lite/).
5. <http://www.videonet.ru/index.php?id=224>.
6. <http://ua.korrespondent.net/ukraine/3449552-pislia-maidanu-v-ukraini-zris-riven-zlochynnosti>.
7. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/51-2013-%D1%80>.

## РОЗУМНІ МІСТА УКРАЇНИ

**Злобіна О. В., Міщенко Т. С.**

*Чернігівський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут економіки  
м. Чернігів, вул. Стрілецька, 1, 14034, Україна*

**Анотація.** У статті розглянуто концепцію «Розумного міста» (Smart City). Smart city – це місто, в якому використовуються сучасні технології для поліпшення якості життя. Smart city технології інтегруються у відповідні структури, щоб підвищити якість надання послуг, зменшити вартість і споживання ресурсів і поліпшити комунікацію і взаєморозуміння з жителями. Для сталого економічного розвитку міста та високої якості життя його мешканців необхідно ефективно використовувати сучасні інструменти управління муніципалітетом.

Згідно традиційним теоріям розвитку міст Smart City, або ж розумні міста, можна визначити шість основних критерій: розумна економіка, розумна мобільність, розумне довкілля, розумні люди, якісне життя та ефективне врядування.

В Україні проект Smart city є актуальним і знайшов свій початок в таких містах, як Київ, Тернопіль, Вінниця тощо.

## “SMART CITIES” OF UKRAINE

**Abstract.** The article is concerned with a smart city concept. A smart city is an urban development vision where modern technologies are applied to better quality of life and meet residents' needs. Smart city technologies are integrated into corresponding structures to enhance service quality, to reduce costs and resource consumption and to improve contact between citizens and government. For economic development and better quality of life modern municipality management tools are necessary to be applied. According to the traditional urban development theories, smart city or intelligent cities, six major criteria can be distinguished: smart economy, smart mobility, smart environment, smart people, better quality of life and effective governance.



A smart city project is relevant for Ukraine and was initially applied to cities like Kyiv, Ternopil, and Vinnytsia and so one.

**Keywords:** Smart cities, smart city technologies, smart economy, effective governance, economic development.

Великі міста завжди були й залишаються центрами розвитку цивілізації. Перед сучасними містами постає багато викликів і серед них чи не найскладніший – поєднати комфорт та соціальну привабливість для містян з розвиненою інфраструктурою, екологічною безпекою та швидким розвитком технологій.

Сучасне місто – це рушійна сила економіки країни, осередок культури й освіти, майданчик для реалізації технологічних та соціальних інновацій. З огляду на це нині значно посилюється конкуренція міст, адже розвиток комфортної інфраструктури безпосередньо впливає на економічні показники міста, визначає його привабливість для кваліфікованих спеціалістів та інвесторів.

Потреба українського суспільства в розвитку і позитивних змінах на сьогодні висока як ніколи. Не зважаючи на скрутне становище в країні, не варто зосереджуватись тільки на вирішенні постійних проблем. Потрібні амбітні стратегічні програми, реалізація яких дозволить реально поліпшити умови проживання та можливості для ведення бізнесу в містах України. Тільки такого роду задачі зможуть консолідувати територіальну громаду і політиків, забезпечити основу для підвищення ефективності місцевої влади. Однією з таких задач могла б стати трансформація міст в так звані «Smart Cities» (розумні міста).

Smart city – це місто, в якому використовуються сучасні технології для поліпшення якості життя. Smart city технології інтегруються у відповідні структури, щоб підвищити якість надання послуг, зменшити вартість і споживання ресурсів і поліпшити комунікацію і взаєморозуміння з жителями [4].

Концепція побудови «розумних міст» виникла не сьогодні. Причина її появи – стрімке зростання населення міст і, особливо, в країнах, що розвиваються.

Згідно поставлених задач міжнародною організацією ООН для реалізації мети «забезпечення відкритості, безпеки, життєздатності і стійкості міст і населених пунктів», місто, яке вважається «розумним», повинно мати:

- доступ до нормального, безпечного і прийняттого за ціною житла і основних послуг по його обслуговуванню для всіх;
- доступ до безпечних, прийнятних за ціною, доступних і стійких транспортних систем, в тому числі до громадського транспорту, комфортного для дітей, інвалідів та людей похилого віку;
- сприятливе навколишнє середовище і, перш за все, висока якість повітря і ефективна система утилізації відходів;
- доступ для всіх до безпечних, зелених зон і громадських місць відпочинку;
- позитивні економічні, соціальні та екологічні зв'язки між міськими, приміськими і сільськими районами;
- практику дбайливого ставлення до світової культурної та природної спадщини;
- систему комплексного і сталого планування міста і міського управління;

– стратегії та плани, спрямовані на забезпечення ефективного використання ресурсів, пом'якшення наслідків зміни клімату, стійкість до стихійних лих [2].

Більшість розвинених світових столиць уже давно стали «розумними». За даними дослідження Juniper Research 2015 р., найбільш розвинуті міста в світі - Барселона, Нью-Йорк, Лондон, Ніцца, Сінгапур [1].

Розробки Smart city можуть використовуватися в багатьох секторах управління містом це: транспорт, електронний уряд, енергетика, охорона здоров'я, будівництво, суспільне життя, екологія. У кожній з цих галузей можуть бути впроваджені інноваційні розробки, які знизять вартість і оптимізують використання ресурсів [4].

Для сталого економічного розвитку міста та високої якості життя його мешканців необхідно ефективно використовувати сучасні інструменти управління муніципалітетом.

В Україні проект «Smart city» є актуальним і знайшов свій початок в таких містах, як Київ, Тернопіль, Вінниця тощо.

В Києві заплановано багато проектів. Розглянемо лише ті, які вже впроваджені або знаходяться на етапі впровадження:

- доступ до відкритого бюджету міста;
- система електронних закупівель;
- електронна петиція;
- карта аварійних робіт;
- електронний запис дітей до дошкільних навчальних закладів;
- інформаційна система управління майном територіальної громади міста Києва.

Завдяки «Відкритому бюджету» можна бачити в он-лайн режимі в доступній формі доходи та видатки бюджету міста Києва. Початкові етапи проекту вже працюють. Наступні етапи – в розробці [4].

Головною метою системи електронних закупівель є інтеграція з системою «Відкритий бюджет». Саме вона дозволить кожному киянину проаналізувати не лише цифри, що надаються в бюджеті, а й побачити всю історію проведення аукціону. Цей прозорий механізм повністю унеможливує зловживання посадових осіб.

Електронна петиція, це новий сервіс для громадян, який дає можливість донести свої ініціативи до Київської міської ради. В разі отримання 10 000 підписів протягом 90 днів, ініціативи громадян будуть розглянуті відповідальними особами Київської міської ради, при можливості виконані, також на них буде опублікована офіційна відповідь.

На порталі [www.1551.gov.ua](http://www.1551.gov.ua) функціонує інтерактивна карта ремонтних робіт в столиці, на якій кожен киянин може побачити адреси, перелік робіт, що виконуються та терміни їх завершення. Водночас, кожен бажаючий може залишити звернення щодо певної проблеми – воно буде опрацьоване, а сам об'єкт потрапить в чергу для подальшого ремонту.

Електронний запис дітей до дошкільних навчальних закладів міста Києва реалізує єдиний підхід до прийому дітей до дошкільних навчальних закладів, шкільно-дитячих садків та навчально-виховних комплексів комунальної власності територіальної громади міста Києва [5].

На сайті «Інформаційна система управління майном територіальної громади міста Києва» розміщена інформація про комунальні підприємства, організації, приватизацію та оренду комунального майна, побудинковий облік складових тарифу ЖКГ [6].

Концепція Kyiv Smart City також передбачає інтелектуальну систему управління транспортом, яка допоможе розвантажити дороги. Міський транспорт планується обладнати GPS-навігаторами, датчиками витрат пального та датчиками і камерами відеоспостереження, які будуть фіксувати порушення правил дорожнього руху [1].

У Тернополі було запроваджено наступні проекти:

- проект «Відкрите місто»;
- проект «Централізована система відеоспостереження міста»;
- спостереження за рухом громадського транспорту в режимі реального часу;
- ініціатива «Відкритий бюджет»;
- автоматизована система управління відображенням муніципальних даних.

Ініціатором проекту «Відкрите місто» є Фонд Східна Європа. Інтерактивна платформа «Відкрите місто», дає жителям можливість вирішити важливу суспільну проблему, звернувшись до відповідального за прийняття рішень чиновника в міській раді. Інструментарій платформи дозволяє описати проблему, позначити її на карті, та сформулювати повідомлення. Платформа передбачає можливість перевірити в якому статусі знаходяться запити мешканця міста: прийнятий до розгляду, вирішений, не вирішений (з позначкою причини). Окрім того, фондом Східної Європи була розроблена стратегія реалізації і подальшого розвитку проекту, яка передбачає в майбутньому можливість приєднання нових міст – партнерів, та розширення функціональних можливостей веб-системи [10].

Для реалізації проекту «Централізована система відеоспостереження міста» встановлені камери в місцях концентрації ДТП, великих площах міста, а також біля нічних розважальних закладів та магазинів. Завдяки спеціально створеному інтернет-порталу кожен бажаючий, у режимі он-лайн може переглядати відео з камер. Аналогів в Україні даній системі відеоспостереження немає. Кількість камер постійно збільшується. Наразі, в загальному доступі є 189 камер [7].

Для отримання інформації про рух громадського транспорту в реальному часі було розроблено програму моніторингу [8].

На сайті Тернопільської міської ради у розділі «Бюджет міста Тернополя» вже розміщено графічне представлення доходів і видатків бюджету на поточний рік. Городяни можуть у вільному доступі ознайомитися з візуалізацією бюджету та надавати свої пропозиції щодо їх удосконалення [12].

В автоматизованій системі управління відображенням муніципальних даних розміщена інформація про інфраструктурні об'єкти, координати ЖЕКів, незаконні споруди та планові забудови [9].

Вінниця має проекти схожі з Тернополем та Києвом, але окремо варто відзначити наступні:

- електронна черга в Центр надання адміністративних послуг, за якою можна стежити он-лайн;
- калькулятор нарахування субсидій [11].

Більшість стратегій створення Розумних міст в нашій країні крутяться навколо інформаційних і комп'ютерних технологій (ІКТ). Вони дозволяють забезпечити підвищення продуктивності і ефективності діяльності міської влади, а також спрощують комунікацію влади з суспільством. Але для того, щоб ефективно використовувати ІКТ, місцева влада повинна сформулювати конкретні цілі, які їй належить вирішити для трансформації міста в «розумне». Кожна така мета повинна бути виміряна конкретними індикаторами: економічними, екологічними, соціально-культурними. Необхідно також спланувати, яким чином і в наслідок яких змін ці цілі можуть бути досягнуті [2].

Українські міста в топі рейтингів Розумних міст не потрапляють. У нещодавньому опублікованому The Economist списку Київ зайняв 132 місце з 140 і, таким чином, виявився одним з найбільш непридатних для життя міст. Експерти досить високо оцінюють рівень освіти українців, але «розбита» інфраструктура, і, головним чином, нестабільна політична обстановка погано впливають на міжнародний імідж України [1].

Щорічно в різних регіонах світу проводяться масштабні виставки-конференції з технологій трансформації міст в Розумні. Залученість до цього процесу українських міст змогла б розкрити нові можливості для позитивних змін в наших містах, попит суспільства на які сьогодні надзвичайно високий.

Аналізуючи кращі практики українських муніципалітетів можна зробити висновок, що більшість з них рухається у вірному напрямку, проте, з різною швидкістю.

Список використаних джерел:

1. Власенко В. Город, которого нет: почему концепция Kyiv Smart City пока выглядит как пиар чиновников [Електронний ресурс] / В. Власенко // РБК Україна. – 2015. – Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/opinion/gorod-kotorogo-net-pochemu-kontseptsiya-kyiv-1444199619.html>.
2. Запатрина И. Умные города: возможны ли они в современной Украине [Електронний ресурс] / И. Запатрина // МИА VectorNews. – 2016. – Режим доступу: <http://vnews.agency/exclusive/26595-umnye-goroda-vozmozhny-li-oni-v-sovremennoy-ukraine.html>.
3. Федина М. Технология разума: коли Львів стане Smart City? / М. Федина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tvoemisto.tv/exclusive/tehnologiya-rozumu-koly-lviv-stane-smart-city-74653.html>.
4. Что такое Smart City: в Киеве и в мире [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу: <http://www.abcnews.com.ua/ru/education/chto-takoe-smart-city-v-kievie-i-v-mirje>.
5. <http://new.kievcity.gov.ua/>
6. <http://re.kievcity.gov.ua/#/objects>
7. <http://webcam.te.ua/>
8. <http://detransport.com.ua/>
9. <http://karta.te.ua/>
10. <http://opencity.in.ua/#r=UA61>
11. <http://vmr.gov.ua/default.aspx>
12. <http://www.rada.te.ua/>

## НОВЕЙШИЕ МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ. ТРЕБОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО МИРА

**Пивень Ю. В.**

*ООО «ДЖБИЕС», пр. Мира, 32, г. Чернигов, 14000, Украина*

В настоящее время продолжает развиваться как практика, так и теория управления организациями. При этом накопленные изменения в практике приводят к соответствующему развитию теории. Например, гуманизация управления, как все большая переадресация внимания от технологического управления к управлению отношениями между людьми в организациях, повлекла смещение интересов теоретиков с вопросов классической теории управления к вопросам поведенческого характера. В то же время развитие теории, в свою очередь, оказывает влияние и на практики менеджмента.

На сегодняшний день можно выделить следующие тенденции развития современного управления: стратегическое управление; управление изменениями; культура организации; развитие персонала и т. п. Кроме того формируются и развиваются новые специальные виды менеджмента.

Мы уверены, что методы и техники современного менеджмента, отработанные в коммерческих организациях, целесообразно распространять на некоммерческие сферы, включая государственный сектор, образование и социальные проекты.

### UP-TO-DATE GLOBAL PRACTICES OF ORGANIZATION MANAGEMENT. THE MODERN WORLD REQUIREMENTS

**Piven Yulia**

*JBS Ltd, 32 Myru ave., Chernihiv, 14000 Ukraine*

Nowadays there is a continuous development of both practice and theory of management. Along with this changes in practice results corresponding theory development.

For example, humanization of management, as increasing refocus of the attention from technological management to human relations management in organizations resulted bias of theoretics' interests from questions of classical management to behavioral questions. At the same time theory development impacts on management practice.

In modern world the following tendencies of contemporary management can be defined: rapid development of organizational culture; strategic management organizational culture, employees development and others; new specific types of management are emerging and are developing.

We are sure that methods and techniques of contemporary management, worked out in commercial organizations, are useful to be spread on non-commercial sector, including state sector, education and social projects.

## НОВЕЙШИЕ МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

**Антонов Е. А.**

*ООО «ДЖБИЕС», пр. Мира, 32, г. Чернигов, 14000, Украина*

Сегодня в мире происходят сильные изменения на ценностном уровне: старые шаблоны, основанные на работе в больших корпорациях, или на заработках приличных денег в любых проектах перестают работать, сменяясь потребностями в самореализации и личностном развитии, или работой над небольшими, но ощутимо полезными проектами. Понимание закономерностей этого процесса позволяет эффективно работать в современном мире, строить собственную траекторию развития, и влиять на стратегическое управление в своей организации.

Спиральная динамика, стратегия голубого океана, методология управления по Адизесу и другие подходы являются сравнительно новыми, но складываются в очень точную теорию, описывающую структуру ценностей и внутреннюю логику развития как отдельно взятого человека, так и социальной группы от организации до всего человечества. Они основаны на экспериментальных исследованиях, по результатам которых были сформулированы достаточно стройные гипотезы о закономерностях развития, подтвержденные новыми исследованиями и практикой. Кроме того они удачно сочетаются как вместе, так и с другими современными практиками управления.

Представленная конструкция хорошо описывает логику развития менеджмента в ИТ, включая переход к Agile и его последующую трансформацию, а также те тренды, которые наблюдаются в окружающем мире за пределами ИТ. При должном уровне понимания она может превратиться в рабочий инструмент менеджера любого уровня.

### UP-TO-DATE GLOBAL PRACTICES OF ORGANIZATION MANAGEMENT. COMPARATIVE ANALYSIS

**Yevgeniy Antonov**

*JBS Ltd, 32 Myru ave., Chernihiv, 14000 Ukraine*

Nowadays there are overwhelming changes in the world on the value level: old formations, based on work in big corporations or on earning of big money in any projects, stops working, changing to needs of self realization and personal development or to work for small, but noticeably useful projects. Understanding of the rules of this process allows to work efficiently in the contemporary world, to build own development curve, to influence on strategic management of the organization.

Spiral dynamic, Blue Ocean Strategy, Management Methodology of Adizes are the parts of relatively new, but precise theory, describing value structure and inner development logic as of the individual, as well as the one of social group, organization and the whole mankind. They are based on experimental research, according to the results of which there were formulated are sufficiently logic hypotheses of development interdependencies, sustained by the new research and practice. Besides, they are compatible both with each other and another contemporary management practices.

The abovementioned construction describes logic of IT management development, including switch to Agile and its further transformation, as well as those trends, which are taken place in the surrounding world beside IT. In due understanding level, it can convert to working instrument of manager of any level.

## ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ МІСТ УКРАЇНИ

**Ніколаєва К. А.**

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
вул. Політехнічна, 6, м. Київ, 03056, Україна*

Науковий керівник: Степанець О. В.

**Анотація.** У роботі розглянуто перспективи інформаційно-технологічних розробок у вигляді «Smart»-проектів з метою виведення України на рівень високоінтелектуальних країн. Проаналізована нагальність побудови стратегічного розвитку методами реалізації концептуальних розробок четвертої промислової революції. Запропоновано впровадження інформаційної інтеграції в містах України із застосуванням технологій «IoT» та «M2M», що дозволить в перспективі нівелювати серйозні економічні проблеми, сприятиме суттєвим позитивним змінам в житті українського суспільства, суттєво вплине на його безпеку та, особливо, підвищить можливість контролю відділів адміністрації. Показані переваги від створення єдиного інформаційного простору та автоматизації систем керування інфраструктури міст України. Проведена паралель між людським організмом та концепцією «Smart City» для обґрунтування архітектурної взаємодії інформаційного простору та реальних об'єктів.

**Ключові слова:** Всеохоплюючий Інтернет, інформаційні технології, смартизація, «Smart» концепції, промислова революція.

**Abstract.** This article represents the prospects of information technology development in a form of «Smart» projects in order to make Ukraine one of the highly intellectual countries. There were analyzed the urgency of building a strategic development by the methods of implementing conceptual programs of the Fourth Industrial Revolution. It was suggested to realize the mechanism of information integration in the cities of Ukraine using «IoT» and «M2M» technologies. They must be aimed at potentially reversing the serious economic problems, contributing a positive change in the Ukrainian society life, making a significant impact on its safety, and improving the ability to control administrations departments in particular. There were introduced some advantages of creation unified information space and automation the infrastructure control systems of Ukrainian cities. It was made a similitude between human body and the conception of the «Smart City» to justify architecture interaction between information space and real objects.

**Keywords:** Internet of Everything, Information technologies, «smarthing», smart conceptions, Industrial Revolution.

«Інформація – це міра невизначеності». Людство стало на таку сходинку свого розвитку, коли воно хоче усвідомити не лише усю суть світу, а й розуміти від чого залежать його структури і як їх контролювати. Ми почали вимірювати невизначеність порціями інформації і надавати їм нових понять. Сучасні технології значно прискорюють трансформацію наших підприємств та буденного життя.

Четвертий поточний етап розвитку Всесвітньої Інформаційної мережі характерний появою Всеохоплюючого Інтернету (Internet of Everything, IoE). Спочатку Інтернет надав нам зв'язок, а потім – мережеву економіку й імерсивні можливості. Новий етап розвитку мережі обіцяє ще більше революційні і важливі для нашого життя зміни: постійний зв'язок, «Cloud» технології та «Big Data» аналітика, Управління та Кібербезпека, програмно визначені машини та пристрої [1].

Україна, як і в промисловому аспекті так і у сферах інфраструктури характеризується значним застоєм і регресією. Продукція національних виробників не є достатньо імпортозамісною на глобальному ринку, стратегії функціонування підструктурних органів та їх контрольних пунктів відверто застарілі [2]. Тож активна участь у процесі глобальної «смартизації» для України є реальним шансом наблизитись до передових держав у галузі новітніх технологій, що потім конвертується в зміцнення економіки. Так, у роки кризи в США підвищували інвестиції в науку по тій причині, що знали свої пріоритети на глобальному ринку. В Україні теж є чимало сильних діючих та перспективних сторін розвитку. Мова йде про видобувну, паливно-енергетичну, аграрну промисловість, медицину і врешті інтелектуальну власність, яка має високий потенціал. Усвідомлюючи свої переваги, можна побудувати певну стратегію розвитку, застосувати підхід комплексних інвестицій та отримати відповідний економічний ефект. Для України є актуальними проекти «Smart» концепцій. Вони дозволять впровадити інтелектуальне виробництво, автоматизувати контроль екологічним станом навколишнього середовища та прогнозувати його зміни, зменшити енергоспоживання та енергоємність виробництв, зробити безпечнішим та комфортнішим життя громадян, та, навіть, зменшити рівень корупції. Водночас тотальне застосування інтелектуальних технологій надасть більше можливостей талановитим людям проявити себе, а суспільство в цілому отримає поштовх до підвищення освіченості як фактично обов'язкову складову комфортного життя.

Концепція «Smart City» [3] розглядає місто на кшталт людського організму. Наприклад, система відеоспостереження – це «очі», сенсорна мережа – рецептори, вивконавчі органи і міські служби – «кінцівки і пальці», транспортна система – «кровоносні артерії і судини». Мозок, як орган мислення – органи муніципального управління та ситуаційні центри, мозок і пам'ять – центри обробки даних (ЦОД). Йдеться про створення більш інтелектуального, насиченого способу життя як в містах, так і в сільській місцевості. Підключаючи непідключене, Всеохоплюючий Інтернет розширює зв'язки і сприяє покращенню загального рівня життя мешканців міста, якості освіти та охорони здоров'я.

На сьогодні розробка подібних стратегій розвитку міст будується із застосуванням технологій «IoT» та «M2M» [4]. За допомогою них можна реалізувати систему взаємопов'язаних інфраструктур, які в свою чергу забезпечують функціонування



єдиної мережі комплексів регулювання основних систем життєзабезпечення міст. Останні слідкують за рухом транспорту, контролюють стан конструктивних елементів будівель, постачають диспетчерські пункти як візуально так і статично обробленою інформацією тощо. Іншими словами мережа міста – це «Cloud» платформа, яка інтегрує окремі запрограмовані підсистеми, тобто департаменти, що наділені своїми обов'язками по збору та синтезу інформації. Концепція «M2M» забезпечує генерацію міжмашинної комунікації з метою «Smart» моніторингу найважливіших об'єктів інфраструктури міста, оптимального розподілу ресурсів та його безпеки. Одиницею виміру таких процесів є інформація, що в режимі реального часу надходить з сенсорів, чи первинних «Smart»-пристроїв, що знаходяться в конкретному середовищі. Інформація з датчиків надходить мережевими протоколами до центрів обробки даних (ЦОД), де програмно обробляється та надсилає результати до програмно визначених машин, або користувачам зі спеціально розробленими додатками для смартфонів, комп'ютерів, власників «Smart» будинків.

«Смартизація» міста нараховує ряд проблем, які досі є невирішеними, або знаходяться на стадії розробки концепцій для їх усунення. Це і проблема стандартизації протоколів збору та перетворення інформації, забезпечення взаєморозуміння інфраструктурного рівня різних департаментів, створення єдиного глобального стандарту даних та універсального способу перетворення у цей стандарт, створення відділів для автоматизації кожним департаментом, питання інвестицій. Особливо в Україні характерні проблеми пов'язані із питаннями готовності інфраструктур до прийняття абсолютно нових бізнес моделей, а для цього потрібно вивчити можливість інтеграції кожного підприємства кожного міста. Місто – це величезний технологічний процес, і як кожний такий процес, він може бути автоматизований для підвищення своєї ефективності. Зі слів директора з розвитку АППАУ О. Михайлова, автоматизація – не об'єкт, а суб'єкт цього процесу, Інтернет і бездротовий зв'язок – рушійна сила цієї революції, а автоматизація – її зброя [1].

Парадигма «Smart City» необхідна Україні вже сьогодні. Так, немає гарантій на колосальні обсяги прибутку. Для оптимізації значних фінансових витрат під час впровадження потрібно розробити чітку стратегію, керуючись пріоритетністю та першочерговістю її реалізації. Але імплементація технології «Smart» на рівні муніципально-технологічних об'єднань, в решті решт сприятиме розвитку економіки країни в цілому, відновленню застарілих підприємств, покращенню умов управління державних установ. Отже, Україна потребує встановлення тісних зв'язків із передовими компаніями для виходу на міжнародну арену впровадження проектів з розвитку четвертої промислової революції. Це є реальна перспектива у побудові нової, інтелектуально-промислової країни.

Список посилань:

1. Індустрія 4.0–4 Індустріальна Революція [Електронний ресурс]: / Асоціація підприємств промислової автоматизації України. – Режим доступу: \www/ URL: <http://appau.org.ua/ru/Industry 4-0-4 Industry revolution/>.

2. Данилишин Б. М. Час модернізації: де українська наука? [Текст] / Б. М. Данилишин // Аналітика новин української політики та економіки. – 2016. – № 2. – С. 4–6.
3. Шалагинов А. В. Решение «Умный город» (Smart City) [Текст] / А. В. Шалагинов // Журнал IT-Manager. – 2015. – № 9. С. 10–11.
4. Пятницких А. Технологии IoT на службе умного города [Текст] / А. Пятницких // Журн. современные технологии автоматизации. – 2015. – № 3. – С. 6.
5. Setting the future media services architecture [Text] / Nilo Mitra // ERICSSON TECHNOLOGY Review. – 2015. – 01. P. 52–62.

## НАУКОВИЙ ПРОЕКТ CARTHER – КАРБОНОВІ НАНОЧАСТИНКИ ДЛЯ ПРИКЛАДНОГО ЗАСТОСУВАННЯ В ОБЛАСТІ ТЕРАНОСТИКИ

К. Войтенко<sup>1</sup>, М. Ісаєв<sup>1</sup>, О. Левінсон<sup>2</sup>, В. Скришевський<sup>1</sup>, А. Рожин<sup>3</sup>, В. Лисенко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Володимирська, 64/13, 01601 Київ, Україна

<sup>2</sup>RayTechniquesLtd, HebrewUniversity of Jerusalem, P.O.B. 39162, Israel

<sup>3</sup>Photonics ResearchGroup, School of Engineering and AppliedScience, AstonUniversity,  
Birmingham, UK, B4 7ET

<sup>4</sup>Institut des Nanotechnologies de Lyon, Universite de Lyon,  
7 Av. Jean Capelle, 69621 Villeurbanne, France

Застосування вуглецевих наночастинок в якості полівалентних засобів для лікування раку розвивається в дуже швидкому темпі. В рамках доповіді буде представлено основну мету наукового проекту CARTHER в рамках європейського проекту Дії Марії Склодовської-Кюрі (Горизонт 2020). Зокрема, створення інноваційних підходів для багатофункціонального застосування вуглецевих наноматеріалів з метою діагностики і терапії онкологічних захворювань. Унікальність проекту полягає у поєднанні доклінічних, *in vitro* та *in vivo* застосувань нових фотоіндукованих терапевтичних підходів на основі вуглецевих наноматеріалів.

**Ключові слова:** карбонові наночастинки, терагностика, фотоіндуковані теплові та акустичні ефекти.

## RESEARCH PROJECT CARTHER – CARBON NANOPARTICLES FOR APPLICATION IN THERANOSTICS

К. Voitenko<sup>1</sup>, М. Isaiev<sup>1</sup>, О. Levinson<sup>2</sup>, V. Skryshevsky<sup>1</sup>, A. Rozhin<sup>3</sup>, V. Lysenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska Str., Kiev 01601, Ukraine

<sup>2</sup>Ray Techniques Ltd, Hebrew University of Jerusalem, P.O.B. 39162, Israel

<sup>3</sup>Photonics Research Group, School of Engineering and Applied Science, Aston University,  
Birmingham, UK, B4 7ET

<sup>4</sup>Institut des Nanotechnologies de Lyon, Universite de Lyon,  
7 Av. Jean Capelle, 69621 Villeurbanne, France

**Annotation:** The use of carbon nanomaterials as unique agents for the cancer treatment is a very promising for the theranostics. In our report we presented the main purpose

of the research project CARTHER within the European Project Marie Skłodowska-Curie Actions (Horizon 2020). Particularly, it is creation of innovative approaches for multi-functional application of carbon nanomaterials for diagnostics and therapy of cancer. The uniqueness of the project consists in the combination of pre-clinical, in-vitro and in-vivo application of new photo-induced theranostic approaches based on carbon nanomaterials.

**Keywords:** carbon nanoparticles, theranostics, photo-induced thermal and acoustic effects.

Екологічна криза, яка охопила світ в останні роки, поставила перед людством чи не найскладнішу медичну, соціальну й економічну проблему – стрімке зростання онкологічної захворюваності та смертності викликаною цими захворюваннями. Відповідно до оприлюднених Єврокомісією даних, кожний четвертий житель ЄС помирає від раку. Відомо, понад 10 млн. нових випадків онкозахворювань і близько 6 млн. смертей від них реєструють у світі щороку. Більш того, за прогнозами експертів, у 2020 р. ці показники становитимуть 20 і 10 млн. відповідно. Саме тому онкологічні захворювання – одна з найсерйозніших загроз людства. За смертністю рак займає друге місце після серцево-судинних захворювань. Багато тисяч дослідників прагнуть зрозуміти його причини, знайти шляхи до профілактики, ранньої діагностики та лікування ракових захворювань. Десятки інститутів, сотні лабораторій у всьому світі працюють над онкологічною проблемою, забезпечуючи успіх в її розумінні та повільний, але неухильний прогрес у профілактиці, діагностиці та лікуванні.

Після Чорнобильської катастрофи 1986 р. рівень захворюваності онкохворобами збільшився в рази. Зараження території нашої країни радіоактивними елементами призвело до масового отруєння людей і, як наслідок, виникнення в них злоякісних пухлин. Вчені заявляють, що зв'язок між радіоактивним опроміненням і збільшенням кількості онкозахворювань очевидний: кількість хворих на рак зросла саме в тих регіонах, які потрапили під найбільший вплив радіації. В результаті катастрофи у постраждалих встановлено зростання частоти ранніх форм раку – лейкомії, раку молочної тащитоподібної залози, а також пізніх форм солідних пухлин – раку легень та сечовивідних шляхів. Зокрема, значне підвищення частоти раку щитоподібної залози внаслідок аварії на ЧАЕС пов'язано з дією радіоактивного йоду. Всі ці фактори вказують на важливість створення сучасних методик з метою ранньої діагностики онкологічних захворювань.

Термін «тераностика», введений у 2002 р. Фанкхаузером (Funkhouser) [1], як відомо, відноситься до одночасної інтеграції діагностики та терапії [2]. Мета полягає в тому, щоб діагностувати й лікувати захворювання на ранніх стадіях. Різноманітні нанорозмірні матеріали є надзвичайно ефективними для тераностичних застосувань [3]. Серед них вуглецеві наноматеріали, або карбонові наночастинки, викликають особливий інтерес в галузі біомедицини, завдяки їх унікальним фізичним і хімічним властивостям [4].

Під час доповіді буде представлено цілі наукового проекту CARTHER в рамках європейського проекту Дії Марії Склодовської-Кюрі (Горизонт 2020). Основна мета проекту CARTHER – створення інноваційних підходів для багатофункціонального застосування вуглецевих наноматеріалів з метою діагностики і терапії онкологічних захворювань. Поєднання доклінічних, invitro та invivo застосувань нових фотоінду-

кованих тераностичних підходів на основі вуглецевих наноматеріалів роблять цей проект унікальним. Це перспективні інноваційні дослідження, які поєднують роботу партнерів з Ізраїлю (Ray Techniques Ltd), науково-дослідну та інноваційну організацію від України (Science Park) і дві академічні дослідницькі групи з Великої Британії (ASTON University) та Франції (INSA Lyon). Після введення карбонових наночастинок в ракові клітини буде застосовано оригінальні підходи візуалізації (на основі фотоелектричних і фотоакустичних явищ, розроблених українською дослідницькою групою). Для отримання зображення, вуглецеві наноматеріали гратимуть роль фоточутливих нано-агентів, що дозволяють покращити можливість діагностики (при мінімальній збуджуючій оптичній потужності) хворих тканин. Після ідентифікації і визначення онкозахворювання, ці частинки забезпечать ефективну його терапію за рахунок одночасної дії фотоіндукованих теплових та акустичних ефектів («фотоіндуковане лікування»). Знищення ракових клітин буде здійснюватися за допомогою одного і того ж оптичного устаткування.

Список посилань:

1. Funkhouser J. Reintroducing pharma: Theranostic revolution // *Curr. Drug Discov.* – 2002. – Vol. 2. – P. 17–19.
2. Kelkar S. S., Reineke T. M. Theranostics: Combining imaging and therapy // *Bioconjug. Chem.* – 2011. – Vol. 22, № 10. – P. 1879–1903.
3. Muthu M. S. et al. Nanotheranostics - application and further development of nanomedicine strategies for advanced theranostics // *Theranostics.* – 2014. – Vol. 4, № 6. – P. 660–677.
4. Liu Z., Liang X. J. Nano-carbons as theranostics // *Theranostics.* – 2012. – Vol. 2, № 3. – P. 235–237.

## ФОТОАКУСТИЧНА ДІАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДЕФЕКТІВ НЕОДНОРІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

**А. Кузьмич, Р. Бурбело**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
вул. Володимирська, 64/13, 01601 Київ, Україна*

У сучасних конструкційних елементах використовуються неоднорідні матеріали. Присутність дефектів у таких системах впливає на надійність та якість виробів. Тому контроль дефектності та однорідності матеріалів на різних етапах виробництва займає значне місце та потребує застосування досконалих неруйнівних методів діагностики.

Останнім часом набув розвитку метод фототермоакустичної (ФТА) мікроскопії, який дозволяє неруйнівним чином досліджувати неоднорідності різного роду матеріалів. Основний принцип, покладений в основу ФТА мікроскопії, – енергія сфокусованого випромінювання з модульованою інтенсивністю, поглинаючись у речовині, перетворюється на тепло. У зразку виникають теплові хвилі, які несуть інформацію про теплофізичні властивості, та пружні хвилі – несуть інформацію про

пружні властивості. Як результат залежно від способу реєстрації збуджень за вимірами нестационарної температури у зразку або прилеглому середовище так і за вимірами пружних зміщень у зразку отримується інформація про наявні неоднорідності матеріалу на різних просторових рівнях. Скануючи сфокусований промінь по поверхні зразка, отримують інформацію про його підповерхневі неоднорідності. У нашій лабораторії було про демонстровано можливості методу ФТА мікроскопії щодо діагностування підповерхневого шару непрозорих об'єктів та наявності областей залишкових пружних напруг у матеріалах. Дослідженнями модельних дефектів показано, що за зміною амплітуди та фазового зсуву ФТА сигналу при газомікрофонній реєстрації місце знаходження неоднорідності визначається тільки тоді коли довжина теплової дифузії у зразку більша за глибину залягання неоднорідності. За зміною амплітуди та фазового зсуву ФТА сигналу при реєстрації п'єзоелектричним датчиком можна визначити місце знаходження неоднорідності. Таким чином показано, що при п'єзоелектричній реєстрації відгуку можуть візуалізуватися механічні неоднорідності і за межами дії «теплового зонду».

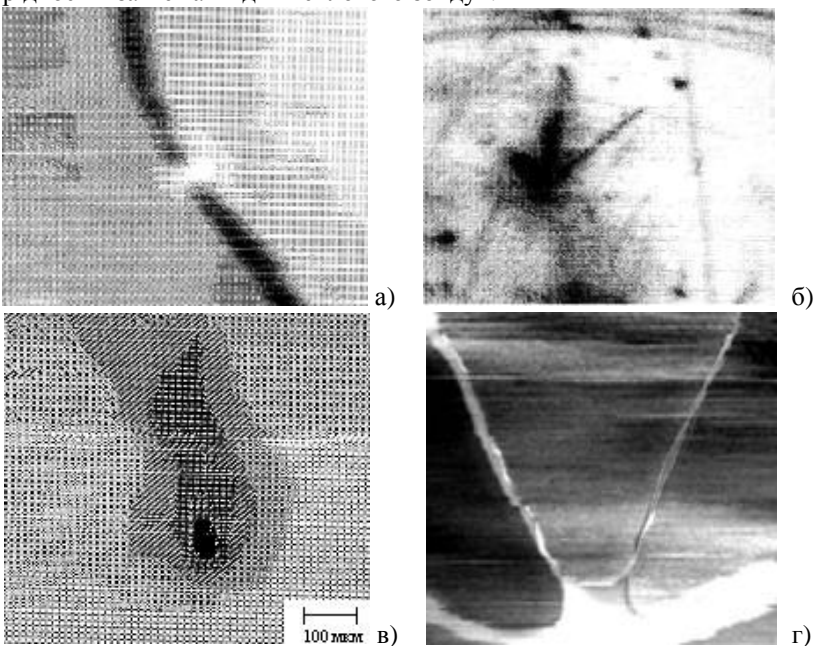


Рисунок 1 – Фототермоакустичні зображення технологічних дефектів:

- а) - тріщина в пластині Si під шаром Au, б) – «crow's-feet» в товщі Si,  
в) – області залишкових напруг в кераміці, г) – області флюенсу іонів P<sup>+</sup> в пластину Si

В доповіді будуть наводитися результати експериментальних досліджень методом ФТА мікроскопії шаруватих напівпровідникових структур кремнію, керамічних матеріалів з областями залишкових напруг, технологічних підповерхневих дефектів, штучно створених тріщин та областей пружних напруг у матеріалах, областей флю-

енсу іонів у матеріал. Візуалізація такого роду неоднорідностей у наведених структурах, пов'язана з наявністю пружних напруг, які виникають під час їх виготовлення.

Буде представлено створений в лабораторії комп'ютеризований фототермоакустичний мікроскоп, принцип дії якого базується на використанні збуджених лазерним випромінюванням пружних хвиль, як носіїв інформації про властивості матеріалів. Буде продемонстровано особливості формування амплітуди і фазового зсуву ФТА сигналу у зразках з неоднорідностями та підповерхневими технологічними дефектами.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом № Ф64/16-2016.

## ОБЛАЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ «УМНЫЙ ГОРОД»

Гриценко В. И., Урсатьев А. А., **Лозинский А. П.**

*Международный научно-учебный центр информационных технологий  
и систем НАН Украины и МОН Украины  
пр-т Глушкова, 40, г. Киев, 03680, Украина*

Облачные решения являются необходимым инструментом реализации таких проектов современного информационного общества как автоматизация процессов жизнедеятельности инфраструктуры «Умный город».

**Ключевые слова:** облачные вычисления, интернет вещей, умный город.

## CLOUD SOLUTIONS IN THE SMART CITY MODEL IMPLEMENTATION

V. Gritsenko, A. Oursatyev, **A. Lozinskyi**

*International Research and Training Center for Information Technologies  
and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry  
of Education and Science of Ukraine, ave. Glusckova, 40, Kiev, 03680, Ukraine*

Clouds are an essential tool for the implementation of such modern information society projects as infrastructure life-cycle automation in a smart city.

**Keywords:** cloud computing, internet of things, smart city.

Интенсивное внедрение информационных технологий в ведущих странах мира продиктовано качественно новым уровнем задач, стоящих перед современным обществом. На фоне процессов глобализации и растущих объемов обработки информации, обусловленных вхождением в информационную эру развития современного общества – общества знаний, – требуются новые методы и инструменты для их решения, в том числе и в отрасли информационных технологий. Облачные решения являются необходимым инструментом для успешной реализации широкомасштабных проектов современного информационного общества.

Тема облачных вычислений мало изучена в Украине. С ней хорошо ознакомлен только узкий круг специалистов. Коммерческие структуры продвигают относительно дешевые решения, ориентированные на массовый публичный доступ, что спо-

способствует широкому распространению мнения о низкой надежности облака и невозможности сохранения конфиденциальности информации.

В ведущих страны мира в работе как коммерческих, так государственных ведомств и структур интенсивно применяются облачные структуры. Так, для обеспечения конфиденциальности используется модель развертывания «частное облако». Информационные системы на базе облачных вычислений могут обладать повышенными характеристиками обеспечения безотказной работы, в том числе при замене оборудования. Одновременное использование различных моделей развертывания, гибридный сценарий, позволяет сочетать бюджетные решения публичных и безопасность частных облаков. Новая концепция построения информационных систем на базе облачных решений интенсивно развивается передовыми странами мира как новое поколение платформы информационных технологий – третья платформа [1].

Проблематика вопроса имеет непосредственное отношение к теме «Умный город». Управление массой устройств, обеспечивающих автоматизацию процессов жизнедеятельности инфраструктуры «Умного города», имеет непосредственное отношение к явлению Интернета вещей (IoT, англ. Internet of things). До сих пор, встроенные в устройства чипы обеспечивали автоматизацию функциональности приборов. Однако подключение таких приборов к сети передачи данных позволяет использовать их в новом качестве – сбор информации, а мобильные технологии – получать данные практически с любых устройств и управлять ими. IoT увеличивает количество источников и объем подлежащих обработке и анализу данных, многократно увеличивая количество необходимых вычислительных мощностей и пропускной способности каналов передачи. Перед современными информационными системами, системами третьей платформы ставится задача обслуживания запросов миллиардов пользователей, использующих триллионы разнородных устройств и приложений. Все поступающие от пользователей и устройств данные требуют оперативной обработки и аналитики, часто в режиме реального или псевдореального времени. В силу известных причин существующие ранее методы и технологии не позволяют реализовать надежные информационные системы по обеспечению обслуживания пользователей и устройств в таких масштабах. Облачные решения призваны преодолеть этот барьер, обеспечить массовое обслуживание большого количества пользователей и устройств.

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины обладает опытом разработки модели частного сценария развертывания облачных вычислений [2]. Полученный опыт подтверждает потенциал облачных вычислений, достаточный для реализации информационных систем способных реализовывать обслуживание пользователей и устройств в массовых масштабах.

Таким образом, использование облачных вычислений является необходимым условием развития отрасли информационных технологий в Украине. Построение новых информационных систем необходимо производить на базе облачных вычислений, сочетающих легкость масштабирования проектов массового обслуживания пользователей и устройств. Надежные, обеспечивающие конфиденциальность доступа облачные решения должны использовать технологии, позволяющие получить

полный контроль доступа, сохранность данных и предоставляют пользователю инструменты мониторинга качества предоставляемых услуг.

Список литературы:

1. Gens F. The 3rd Platform: Enabling Digital Transformation. / F. Gens. – November 2013, p. 13. – URL: <http://www.idc.com>
2. Гриценко В. И. Облачные технологии Многоцелевых комплексов геораспределенных систем / В. И. Гриценко, А. А. Урсатьев, А. П. Лозинский. – Управляющие системы и машины. – 2015. № 2. – С. 4–17.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ СТУДЕНТІВ ІТ-СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

**Пархоменко О. М.**

*студент 4-го курсу Славутської філії НТУУ «КПІ»  
вул. Гвардійської дивізії, 6, м. Славутич, Київської обл.*

[aalex.p.94@gmail.com](mailto:aalex.p.94@gmail.com), [e.trunova@gmail.com](mailto:e.trunova@gmail.com)

Науковий керівник: Трунова О. В.

**Анотація.** Запропоноване розв'язання однієї з найбільш актуальних проблем сучасних університетів – процесу вимірювання компетенцій, з використанням автоматизованих систем і ресурсів. Виявлені існуючі на сьогодні основні недоліки в підготовці ІТ-фахівців. Розглядається задача розробки комплексного алгоритму формування моделі компетенції ІТ-фахівця, що включає: збір та алгоритм обробки експертної інформації, необхідної для побудови моделі; побудова когнітивної моделі компетенції, що дозволяє оптимізувати процес формування компетенцій; алгоритм виявлення переліку найбільш запитаних компетенцій на основі методу парних порівнянь; оцінку стану компетенції на поточний момент часу використовуючи такі характеристики як: рівень формування компетенцій, рівень вкладу дисципліни в компетенцію, втрати компетенції.

Розглянута системна модель надає можливість визначити важливість і цілісність компетенції, що дозволяє розрахувати кількісні значення для подальшого моніторингу компетенції та є важливим елементом підтримки прийняття рішень в процесі взаємодії університет-промисловість. Розглянуто особливості оцінки рівня формування компетенції на поточний момент навчання на основі використання інтегрального критерію адитивності. Пропонована процедура дозволяє здійснювати управління функціонуванням освітнього процесу, як в частині навчання бакалаврів і магістрантів ІТ-спеціальності, так і його оновлення на основі розроблених зворотних зв'язків виробництво-університет.

**Ключові слова:** ІТ-фахівець, університет, моніторинг компетенції, компетентнісна модель.



## PROCESS AUTOMATION EVALUATING THE LEVEL OF PROFESSIONAL COMPETENCE STUDENTS IT-SPECIALTIES

Parhomenko O. M.

*Student Slavutych branch of HTUU «KPI»*

Scientific leader: Trunova O. V.

*Gvardiyskoyi Divizyi, 6, Slavutych, Kyiv region*

**Annotation:** The proposed solution one of the most urgent problems of modern universities – competency measurement process, using automated systems and resources. Identified currently existing major shortcomings in the training of IT-specialists. The task of developing complex algorithm of model IT-specialist competencies include: gathering and processing algorithm expert information needed to build the model; building a cognitive model of competence, to optimize the process of formation of competence; detection algorithm list of the most requested competences on the basis of paired comparisons; assessment of competence at the current time using characteristics such as formation level of competence, level of contribution subject to the competence, the loss of competence.

A systematic model allows determining the importance of integrity and competence that allows you to calculate quantitative values for further monitoring powers and is an important decision support during the interaction university-industry. The features of formation of competence assessment currently teaching using integrated test additivity.

The proposed procedure allows you to control the operation of the educational process, both in terms of teaching undergraduate and graduate IT-specialties, and its updates based on feedback ties developed production-University.

**Key words:** IT-specialist, University of monitoring competence, competence model.

Завдання планування процесу підготовки IT-фахівця з метою придбання необхідних компетенцій має важливе практичне значення, у зв'язку зі зміненими вимогами до якості підготовки випускників в умовах переходу до нових державних стандартів вищої освіти [1, 2].

З впровадженням нових державних стандартів вищої освіти робота всіх вищих навчальних закладів перебудовується відповідно до компетентнісного підходу [4].

Однією з нагальних проблем сучасних ВНЗ є організація процесу вимірювань компетенцій, з використанням автоматизованих систем і ресурсів ВНЗ.

Різним підходам до проблем компетентнісного підходу і якості освіти присвячені роботи багатьох авторів: І. О. Зимньої, Е. Ф. Зеєра, В. Гутмаєра, В. В. Краєвського, А. В. Хуторського, В. О. Богословського, Є. В. Караваєвої і ін. Роботи Д. І. Прошина, С. О. Маруєва, Л. Р. Фіонові присвячені питанням управління освітою на основі компетентнісного підходу, роботи О. А. Шабаліної, Н. О. Наумової – питанням автоматизації навчального процесу.

На сьогодні відсутні рекомендації щодо розширення функціональності існуючих автоматизованих систем управління ВНЗ (АСУ ВНЗ), зокрема планування та моніторингу навчального процесу ВНЗ в сучасних умовах. Виходом із ситуації є розв'язання науково-технічного завдання планування основної освітньої програми

(ООП) і розширення функціональних можливостей АСУ ВНЗ з урахуванням нових вимог освітньої політики – компетентнісного підходу.

Метою дослідження є вдосконалення управлінських рішень, пов'язаних з плануванням навчального процесу ВНЗ, на основі сукупності математичних і алгоритмічних засобів формування і оцінки компетенцій випускника ВНЗ. Однією з головних цілей даної роботи є зменшення розриву між дисциплінами, зазначеними у навчальних планах, освітньо-кваліфікаційних характеристиках (ОКХ), освітньо-професійних програмах (ОПП) та потребами на ринку праці.

Для підвищення якості підготовки ІТ-фахівця з урахуванням вимог ОКХ необхідна розробка комплексного алгоритму формування моделі компетенції, яка надасть можливість подолати існуючі на сьогодні недоліки в підготовці ІТ-фахівця:

- відсутність взаємодії між університетом і виробництвом;
- відсутність інформації про вплив дисциплін на формування компетенцій;
- помилки при формуванні послідовності вивчення дисциплін і призначення кількості кредитних одиниць;
- відсутність засобів оцінки рівня формування компетенцій і рівня готовності студента до роботи в ІТ-компанії.

Аналіз результатів моделювання дозволить вносити корективи в процеси формування і оцінки компетенцій, вдосконалення алгоритму планування навчання і моніторингу розвитку компетенцій, організацію процесу навчання і становлення ІТ-спеціаліста, тим самим надасть можливість підвищити компетентність випускника.

Розглянемо основні етапи комплексного алгоритму формування моделі компетенції.

### **Етап 1. Формування профілю компетенцій ІТ-спеціаліста.**

1.1 Для кожної компетенції необхідно сконструювати перелік дисциплін, які безпосередньо впливають на її формування. Для цього необхідно розглянути матричні відносини між компетенціями і дисциплінами [3].

За допомогою даної процедури виявляються компетенції, формування яких не забезпечується предметно-діяльним змістом, або забезпечується недостатньо (одна-дві дисципліни), або не підкріплюється практичним блоком ОПП. Також виявляються дисципліни, перевантажені кількістю компетенцій, у формуванні яких вони беруть участь.

Пропонована процедура остаточно формує перелік дисциплін і видів практичної діяльності, що забезпечують якісне формування заявлених компетенцій випускника; дозволяє виконати паспортизацію компетенцій – найважливіший етап розробки компетентнісно-орієнтованої ОПП університету, а також перейти до розробки навчального плану з розподілом, що враховує внесок кожного підрозділу ОПП в процес формування заданих компетенцій і робочих програм дисциплін, цілеспрямовано беруть участь у формуванні моделі компетенцій ІТ-фахівця.

Пропонована процедура дозволяє здійснювати управління функціонуванням освітнього процесу, як в частині навчання бакалаврів і магістрантів ІТ-спеціальності, так і його поновлення на основі розроблених зворотних зав'язків виробництво – університет.

## 1.2. Побудова когнітивної моделі компетенції.

Розробка когнітивної моделі компетенції ІТ-фахівця в процесі навчання дозволяє оптимізувати процес формування компетенцій на основі побудови когнітивної карти, що представляє зв'язки, які виникають між дисциплінами в процесі їх опанування.

Когнітивну карту компетенцій представимо у вигляді орієнтованого зваженого графа:

$$G = \langle X, R \rangle, \quad (1)$$

де  $X = \langle C, S, s \rangle$  – множина вершин графа;  $C$  – компетенція;  $S$  – дисципліни, що безпосередньо впливають на компетенцію;  $s$  – дисципліни, що побічно впливають на компетенцію;  $R$  – множина дуг, що з'єднують дисципліни з компетенцією та дисципліни між собою [4].

Збір та опрацювання експертних даних, складається з 4 етапів [3]:

1. Опитування експертів для формування матриці  $W$ , яка визначає залежності компетенції  $C$  від різних дисциплін  $S$ , що безпосередньо її формують.

2. Три групи експертів (досвідчені викладачі дисциплін різних циклів, потенційні фахівці-роботодавці з провідних підприємств і організацій, які потребують кваліфікованих фахівців ІТ-напряму підготовки, випускники, які працюють за фахом) оцінюють ранги дисциплін за ступенем важливості їх впливу на компетенцію (дисципліну).

3. Перевіряється узгодженість думок експертів (розрахунок коефіцієнта конкордації).

4. Застосовується правило Фішберна для розрахунку ваг впливу складових компетенції на її формування.

У результаті обробки отриманих даних, матриці  $W$  і  $V$  перетворюються в матриці  $R$  і  $Q$ , що містять ваги впливу дисциплін на компетенцію і дисциплін на дисципліну.

Введення вагових коефіцієнтів дозволяє доповнити побудовану модель компетенції для представлення у вигляді орієнтованого зваженого графа. Застосування методів теорії графів (обхід графа в ширину, обхід графа в глибину) дозволяє сформулювати послідовність вивчення дисциплін, що є необхідним при складанні навчальних планів.

Розроблена модель є основою для складання профілю компетенції ІТ-спеціаліста та розробки процедури її оцінки.

**Етап 2.** Перевірка компетенції на цілісність. Розглянемо компетенцію як систему і введемо її системну характеристику, цілісність компетенції – оцінка впливу сукупності дисциплін, що складають структуру компетенції, на її формування.

Ступінь впливу дисциплін на компетенцію реалізується за допомогою ентропійного підходу. Під ентропією розуміють ступінь можливості управління формуванням компетенції з урахуванням заходів впливу дисциплін – величини, значення якої знаходяться в проміжку від 0 до 1. Запропоновано використання формули обчислення ентропії за Шенноном для компетенції:

$$H = - \sum_{j=1}^m p_j \log_2 p_j, \quad (2)$$

де  $p_j$  – ймовірність впливу дисципліни на компетенцію.

Взаємний вплив дисциплін на компетенцію

$$H_{inter} = H_0 - H, \quad (3)$$

де  $H_0 = \mathring{a}_{i=1}^n H_i$ ,  $H_i$  – ентропія дисципліни,  $n$  – кількість дисциплін.

Тоді, величина участі кожної дисципліни у формуванні компетенції  $a$ , усереднена по всіх дисциплінах:

$$a = \frac{H_0 - H}{H_0}, \quad (4)$$

де  $0 \leq a \leq 1$ .

Чим ближче  $a$  до одиниці, тим більшою мірою весь набір дисциплін бере участь у формуванні компетенції.

На основі статистичного експерименту введемо лінгвістичний класифікатор, який формує порогові значення  $a^3 0,8$ , що дозволяє трактувати компетенцію як «цілісна».

**Етап 3.** Дослідження моделі компетенції на значущість дисципліни.

З метою визначення ступеня впливу кожної дисципліни визначається середня ступінь впливу дисципліни на компетенцію:

$$\bar{H} = H - H_{S_i}, \quad (5)$$

$$H_{S_i} = \mathring{a}_{j=1}^m p_i(j) H_j(S_i), \quad (6)$$

де  $H_{S_i}$  – середня ентропія компетенції, за умови, що стан дисципліни  $S_i$  фіксований,  $p_i(j)$  – імовірність, того, що  $i$ -та дисципліна знаходиться у  $j$ -му стані, враховуючи всі ланцюги впливу.

$$H_j(S_i) = \mathring{a}_j p_j \log p_j \quad (7)$$

$H_j(S_i)$  – ентропія впливу дисципліни на компетенцію,  $P_j$  – імовірність впливу дисципліни, враховуючи всі ланцюги впливу.

Відносна оцінка впливу  $i$ -ї дисципліни на формування компетенції:

$$b_{S_i} = \frac{H - H_{S_i}}{H}, \quad (8)$$

де  $0 \leq b \leq 1$ .

Наближення  $\beta$  до 1 означає великий вплив дисципліни. Вага впливу дисципліни на компетенцію визначається з використанням значень  $\beta$ :

$$m_{S_i} = \frac{b_{S_i}}{\mathring{a}_{i=1}^n b_{S_i}} \quad (9)$$

де  $i$  – число дисциплін, що формують компетенцію.

На основі статистичного експерименту вводять лінгвістичний класифікатор, що формує порогове значення  $b^3$  0,7, яке дозволяє трактувати дисципліну як «значуща».

**Етап 4.** Оцінка характеристик рівня формування компетенції на поточний момент навчання.

Вибір узагальненого критерію обумовлений великою кількістю дисциплін, які формують компетенцію, у зв'язку з чим накопичення компетенції студента залежить від балу, набраного студентом з дисципліни, і від ваги впливу дисципліни.

Для оцінки ступеня формування компетенції використаний інтегральний адитивний критерій:

$$B_C = \sum_{i=1}^n m_{s_i} \times b_{s_i} \quad (10)$$

$B = (b_{s_1}, b_{s_2}, \dots, b_{s_n})$  – вектор, компонентами якого є бали з дисциплін, що формують компетенцію.

**Результат** – оцінка рівня компетенції вказує можливість студента брати участь у роботі ІТ-компанії.

Розроблене програмне та алгоритмічне забезпечення, включаючи процедуру оцінки компетенцій і модель інформаційної системи моніторингу якості підготовки ІТ-фахівця, можуть бути використані для розширення функціональності автоматизованих систем управління вузом при впровадженні системи управління якістю освіти.

Список посилань:

1. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавр. Галузь знань 0403 Системні науки та кібернетика. Напрямок підготовки 040302 Інформатика. Міністерство освіти і науки України. – К., 2010. – 32 с.
2. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавр. Галузь знань 0403 Системні науки та кібернетика. Напрямок підготовки 040302 Інформатика. Міністерство освіти і науки України. – К., 2010. – 94 с.
3. Competence model as a tool for estimation of state of it-companies in university's business centre / V. V. Lytvynov, M. V. Saveliev, I. S. Skiter, O. V. Trunova // Mathematical Mashines and Systems. – 2015. – № 2. – Р. 49–60.
4. Проект нової редакції Закону України «Про вищу освіту» – Режим доступу: [www.kpi.ua/files/zakon\\_pro\\_vo-ostatochnyy\\_text.doc](http://www.kpi.ua/files/zakon_pro_vo-ostatochnyy_text.doc) (проект робочої групи на чолі з М. З. Згуровським).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ГОРОДА

**Дятлов Е. И.**

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины  
г. Киев, проспект Глушкова 42*

Статья посвящена проблеме построения унифицированных облачных систем видеонаблюдения, способных решить задачи видеонаблюдения в масштабах города. Описываются основные преимущества использования облачного видеонаблюдения: видеозапись для безопасности, веб-трансляции для городских веб-порталов, интеллектуальная видео аналитика в виде распознавания автомобильных номеров и интеллектуальных транспортных систем. Все эти функции могут быть выполнены на базе единой системы.

Автор описывает две технических и одну политическую проблему в классических системах видеонаблюдения. Технические проблемы связаны с исчерпанным ресурсом адресного пространства IPv4, а также проблемы классических централизованных архитектур систем видеонаблюдения. Политическая проблема описывает сложности, с которыми сталкиваются городские службы: использование неоднородного оборудования, которое не совместимо между собой.

**Ключевые слова:** облачное видеонаблюдение, видео аналитика, распределенные системы.

## USING CLOUD SURVEILLANCE TECHNOLOGIES AT SMART CITY PROGRAMS

**Diatlov Ievgen**

*The Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the Ukraine NAS,  
Academician Glushkova Avenue 42, 03680, Kiev, Ukraine*

**Annotation:** The article is devoted to the problem of constructing unified cloud surveillance systems, which is able to cover the whole city. The paper describes main benefits of using cloud surveillance: video recording for security, live web streaming for web entertainment, video analytics as license plate recognition and smart traffic late. All this functions could be done with one system.

The author shows two technical and one political issues in classic surveillance systems. The technical issues are connected with IPv4 addresses exhaustion and classic centralized surveillance architecture. The political issue describes main problem which the city will face with: using of inhomogeneous equipment which is not compatible between each other.

**Keywords:** cloud surveillance, video analytics, distributed systems.

При построении систем, функционирующих в масштабах города, необходимо использовать технологии, позволяющие гибко реагировать на потенциальный рост системы, а также адекватно обрабатывать отказы узлов системы. Одной из актуаль-

ных технологий, применяемых в системах такого класса, являются облачные технологии. Данная технология включает в себя средства резервирования и отказоустойчивости системы, а централизованное управление системой позволяет вать большое количество рабочих узлов малым количеством персонала.

Одним из примеров таких систем является облачная система видеонаблюдения с функциями видео аналитики. Рассмотрим детальнее ее задачи и возможности. Прежде всего, это видеозапись и хранение видеоархива. В задачах органов охраны правопорядка регулярно возникают задачи изучения видеоархива для восстановления произошедших событий. Существует также и «культурная» задача: помимо видеозаписи система может генерировать веб-трансляцию, которая может выполнять рекламную функцию на сайте города, транслируя в реальном времени значимые и красивые места города.

Среди интеллектуальных задач, связанных с видеонаблюдением, можно выделить: распознавание автомобильных номеров для задач поиска автомобилей, аналитика массовых скоплений людей, трекинг перемещающихся объектов и т. д.

Помимо облачной архитектуры, на основе которой функционирует программное обеспечение облачной системы видеонаблюдения, приходится также решать другие непростые задачи.

Проблема № 1: дефицит адресного пространства IPv4. Согласно публичным материалам [1], последние свободные блоки адресов были выданы 31 января 2011 г. С одной стороны, данный факт должен стимулировать интернет провайдеров переходить на IPv6, но, с другой стороны, мы имеем факт [2] отсутствия поддержки IPv6 в оборудовании для видеонаблюдения. Помимо дефицита интернет адресов провайдеры могут взимать дополнительную плату за использование «публичного» [3] IPv4 адреса. Рассмотрим ниже классическую систему видеонаблюдения.

Данная схема (рис. 1) отражает принцип получения видеоизображения: система видеозаписи (программный либо программно-аппаратный комплекс в виде видеорегистратора) осуществляет запрос к каждой видеокамере и получает видеопоток. Проблема отсутствует при использовании частной локальной сети и частных IP-адресов. Такие схемы применяются в масштабах помещения, этажа, кампуса. Однако в масштабах города довольно сложно и дорого организовать единую локальную сеть.

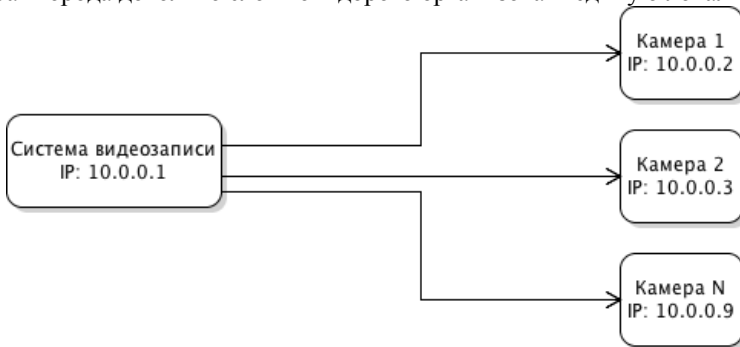


Рисунок 1 – Схема взаимодействия системы видеозаписи с видеокамерами

Схема маршрутизації (рис. 2) описує більш складну схему включення обладнання, яка дозволяє вирішити проблему дефіциту IPv4 адрес. В даному випадку застосовується маршрутизатор, який перенаправляє входящі підключення всередину приватної мережі за допомогою технології DNAT. Мінуси даного підходу заключаються в тому, що додавання і видалення обладнання з приватної мережі обов'язково впливає на налаштування маршрутизатора. Додатково проблеми можуть виникнути при виході з ладу самого маршрутизатора, особливо якщо його конфігурація не була попередньо збережена.



Рисунок 2 – Складна схема маршрутизації

Вперше в відеонаблюденні застосовується підхід ініціалізації підключення пристрою до системи (рис. 3). В даному випадку тільки система відеозапису повинна мати «публічний» IPv4 адресу. При цьому камери 2 і 3 проходять маршрутизатор безперешкодно за допомогою технології SNAT, яку підтримують всі сучасні маршрутизатори.

Таким чином, вирішуються дві проблеми: необхідність наявності «білого» IPv4 адреси, а також необхідність налаштування проміжних маршрутизаторів.



Рисунок 3 – Схема ініціалізації підключень в хмарній системі

Проблема № 2: розподілена архітектура. Для забезпечення стійкості в великих масштабах пропонується використовувати географічно розподілені обчислювальні вузли. Це необхідно для того, щоб забезпечити роботу



системы в случае выхода из строя оборудования дата центра (отключение интернет, электричества, стихийные бедствия, форс-мажор). В случае отключения сегмента сети на помощь придут протоколы маршрутизации (RIP, OSPF, BGP) и коммутирующее оборудование сможет обеспечить связь видеокамеры с другими узлами облачной системы видеонаблюдения (если это возможно физически). Для обеспечения надежности такого уровня предлагается использовать существующие дата центры в различных географических зонах. При этом в каждой географической зоне должны присутствовать все основные компоненты системы видеонаблюдения, а также избыточные мощностные ресурсы, готовые принять дополнительную нагрузку.

Рассмотрим общие принципы функционирования видеокамеры в географически-распределенной системе. Основную логику инициализации подключения иллюстрирует рис. 4. Первая стадия – инициализация облачного модуля и собственная идентификация (получение уникального идентификатора из устройства). Далее следует подключение к узлу распределения нагрузки облачной системы видеонаблюдения. В зависимости от различных параметров видеокамера может быть отклонена либо одобрена. В последнем случае устройство получает список функционирующих узлов системы, готовых обслужить видеокамеру. Далее видеокамера устанавливает соединение с первым узлом в списке. В случае разрыва соединения с узлом, видеокамера подключается к следующему узлу. Как только будет достигнут конец списка – устройство подключается к узлу распределения нагрузки еще раз, для получения обновленного списка обслуживающих узлов.

Таким образом, в случае отключения даже группы узлов, видеокамера получит обновленный список работающих узлов системы, на которых сможет продолжить обслуживание.

Проблема № 3: стратегическая и политическая. Данную проблему необходимо рассматривать в ключе отсутствия концепта развития интеллектуальных городов. В результате существующие системы видеонаблюдения, которые функционируют в различных городских структурах – разрознены (выполнены на различном оборудовании, которое не совместимо между собой). Часть из них, как правило, не обслуживается в виду отсутствия финансирования, часть из них могут быть даже выведены из строя. Все это приводит к тому, что в нужный момент камера может оказаться не рабочей.

В рамках стратегии развития интеллектуального города необходимо выработать единый концепт системы, который способен решить не только текущие задачи города (видеонаблюдение, видеозапись, веб-трансляции), но и возможные потребности будущего: интеллектуальная видео аналитика. Такое видение развития систем будет стимулировать производителей систем видеонаблюдения развивать собственные продукты с учетом требований будущего: поддержка IPv6, работа без необходимости наличия «публичного» IP адреса, внедрение сложных архитектурных решений.

### **Заключение**

В заключение нужно отметить, что на сегодняшний день уже существуют решения [4], использующие описанные технологии. Также, очень активно развивается направление всевозможной видео аналитики: распознавание автомобильных номе-

ров [5], анализ массовых скоплений людей, трекинг перемещающихся объектов, детекция оставленных предметов. Отдельно стоит выделить исследования в области построения карт плотности движения. Результатами этих анализов пользуются маркетологи (для изучения спроса на ту или иную продукцию), а также такие сложные проекты как «интеллектуальный светофор», измеряющий величину потока машин и динамической конфигурации длительности красного/зеленого света.

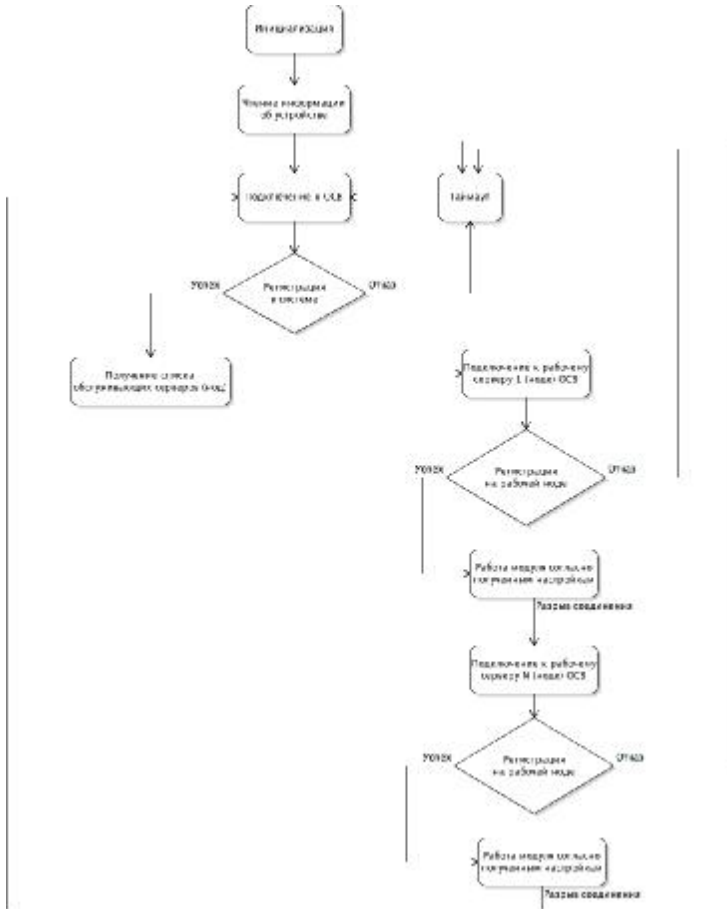


Рисунок 4 – Схема инициализации подключения к облачной системе

Можно сделать паузу и представить будущее: все места массового скопления просматриваются камерами видеонаблюдения, обеспечивая порядок и постоянное наблюдение правоохранительными органами. На ключевых проездах и выездах из города работают системы распознавания автомобильных номеров, что в свою очередь в разы упрощает поиск автомобиля. Городской портал пестрит живой картин-

кой из местных скверов и городских площадей. А на дорогах города отсутствуют пробки, в результате применения интеллектуальных светофоров. И все это функционирует в рамках единой облачной системы видеонаблюдения.

Список литературы:

1. Материалы Wikipedia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Исчерпание\\_IPv4-адресов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Исчерпание_IPv4-адресов).
2. Официальный сайт Sony. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pro.sony.com>.
3. Стандарт RFC1918 «Address Allocation for Private Internets». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc1918>.
4. Официальный сайт PartizanCloud. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://partizancloud.com/>.
5. Официальный сайт телеканала «7 телеканал», г. Одесса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://7kanal.com.ua/2016/01/novyy-kompleks-slezheniya-ustanovlen-na-vezde-v-odessu/>.

## КОНЦЕПЦІЯ PL-LOGISTICS І GREENCOMPUTING В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ «РОЗУМНОГО МІСТА»

**Литвинов В. В.<sup>1</sup>**, Скакаліна О. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*доктор технічних наук, професор,*

*Чернігівський національний технологічний університет, Чернігів, Україна*

<sup>2</sup>*кандидат технічних наук, доцент,*

*Полтавський національний технічний університет, Полтава, Україна*

Представлений аналіз існуючих реалізацій інформаційних інтелектуальних систем керування «розумним містом» у вигляді комерційних продуктів. Показано, що керування логістичними процесами є одним з головних процесів в концепції «розумного міста». Наведена існуюча класифікація рівнів PL-Logistics. Описані реалізовані структурні рішення для оптимізації логістичних процесів. Проаналізований концептуальний зв'язок на рівні технологічних реалізацій між концепціями PL-Logistics і GreenIT.

**Ключові слова:** розумне місто, PL-логістика, GreenIT, інформаційні технології, web-технології, оптимізація ресурсів, інтелектуальні інформаційні системи.

## CONCEPT OF PL-LOGISTICS AND GREEN COMPUTING IN INFORMATION TECHNOLOGY «SMART CITY»

**Vitalii Lytvynov<sup>1</sup>**, **Olena Skakalina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*PhD in Technical Sciences, Associate Professor,*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine*

**Annotation:** The analysis of existing implementations information intelligent control systems «smart city» in the form of commercial products. It is shown that the management of logistics processes is one of the main processes in the concept of «smart city». Given the existing classification levels the PL-Logistics. Described implemented structural solutions to optimize logistics processes. Analyzed conceptual level relationship between technological implementations concepts PL-Logistics and Green IT.

**Keywords:** smart city, PL-logistics, Green IT, information technologies, web technologies, resource optimization, intellectual information system.

At the present stage of technology development «smart cities» that incorporate innovative information technologies to improve information networks, logistic processes, energy, architecture, water, these processes need to be seen as a continuous, evolving in time process – the smarter city, that is even «more smart city». Historically, these solutions are high-tech companies, such as IBM [1], so the conversation usually starts with things like network, gathering information using sensors and stuff. The IBM «smart city» is understood as a system of systems. It includes the state and administration, urban planning, means of control of the environment, water and energy, transport, education, health and social protection, public safety. The number of sources of information for the management of these systems is growing rapidly. 15 petabytes of new data is generated worldwide every day. 85 % of the cars in the world will soon have the means to record incidents and track information. More than a billion cameras already have used on mobile devices, and they can be used for fixing the events, crimes, damage, accidents. Over 30 billion RFID tags already embedded in various objects and can be a source of information [2]. Analysis of these data may be several:

- Receive information in greater volume and higher quality for making better decisions.
- Coordinate resources and processes for greater operational efficiency.
- Preventive, proactive action, not reaction to «already happened».

In General, the desired solutions that would improve the quality of life of citizens. Information technologies allow to achieve a real and noticeable change. Developing the direction of «Smart city» IBM has proposed a solution in the form of product Intelligent Operation Center, which is composed of four main blocks:

- transport management;
- public safety;
- accounting and management of water;
- health care.

In the distributed approach, adopted in particular in the EU, the six dimensions: *smart economy, smart mobility, smart environments, smart people, smart living and smart governance*. In each case, the mean used in the field of information and communication technologies. In fact, the very definition of smart cities is often expressed through these measurements. This is a key area, but we are constantly adding new ones. The basis of decision – Analytics, based on vast amounts of data, both historical and collected in real-time. As an add-on to this common platform there are specialized solutions for each functional area. And this is the result of the purchase of IBM of the IT firms, to develop such

solutions, and the result of integrating all the disparate solutions into a single product. In the area of public security, IBM relied on the company's product I2. He works with data collected by the police, processes them, and allows you to quickly establish connections between different objects, people, events, identify the trends of development of the situation. Project experience IBM has already allows to give a few examples. In fact, these processes need to see more thing in common, a particular approach to urban governance, which may include new technologies transport management, water supply and other processes. «Smart city» is redefining the relationship of urban population and the city authorities. Therefore, the approach is not so much what and where to implement new technologies, how to organize work with the city and with population to make his life more comfortable. The important thing here is to maintain comfort not only today's residents but future generations, to ensure sustainable development of the entire Metropolitan area. So that we are not robbed of their descendents to not consume more resources than they produced, or made up for the loss. These questions concern the electric power industry, and transportation problems, and water supply, and heating, and relations between the city authorities and citizens. This means judicious consumption is not necessarily a limitation, it is important to draw the line. To use resources in exactly those quantities that are needed, without excess, without throwing out their waste.

Currently, logistics is one of the fastest growing areas of productive activity. This process is associated not only with the growing demand for logistics services, but also with the strengthening of mutual integration of business opportunities while logistics and infrastructure development of the Territories. The most significant development of methods and algorithms of interaction of the logistics processes is due to the rapid development of information technology, which resulted in a widespread network of organizational forms of business, on-line flow of documents, the transition to electronic payment systems, virtualization logistic processes, etc. On the basis of the information infrastructure of innovation Logistics takes you to a new level of intelligent control processes, the formation of new logistics concepts «PartyLogistics».

One of the main trends of the world market is to increase the concentration of capital for the main core business. To perform non-core functions can be created subsidiaries. However, at the present stage, these functions are increasingly directed to outsourcing. In full, this trend is observed in the area of logistics services. You can use as an example the United States, where the turnover of logistics services is about \$ 40 billion. Currently, logistics is one of the fastest growing fields. This is due not only to increased demand for logistics services, but also to the development of infrastructural capacity in this business. The most significant changes in the ways and forms of interaction of the logistics caused by the development of information technologies, which resulted in the spread of networked organizational forms of business virtualization of logistics processes, the spread of electronic document management, the use of electronic payment systems and so forth.

On the basis of innovation information logistics infrastructure is the development of management tools, formed new logistics concepts such as «Party Logistics», which are based on determining the level of involvement of independent companies (logistics providers/operators) to solve customer business problems. Now it allocates 1PL-, 2PL-, 3PL-,

4PL- and 5PL-logistics. 5PL-level (Fifth Party Logistics) provides support for advanced network computing.

Distributed following classification of logistics operators in the context of supply chain management.

– 1PL – an autonomous logistics, in which all operations are carried out by the contracting authority;

– 2PL involves engaging a third party to perform work of a certain type;

– 3PL provides for the use of subcontractors;

– 4PL solves the problem of formation of the supply chain, planning, management and monitoring processes within the logistics organizations.

– 5PL provides the organization of logistics outsourcing by utilizing a global information space.

Activities 5PL-provider (operator) is based on a complex of modern information technology.

Thus, 5PL-operator controls the main flow of information about orders, resources, plans and the actual state of the transport network. Models of management of interactive scheduling within 5PL considered in works [3].

5PL-provider – logistics outsourcer, providing full range of services through the use of global information and technology space. You could say that this – the so-called «Virtual» logistic partner in whose hands all the information about the logistics capabilities of market participants and the high-tech IT-products, allowing to build the most optimal supply chain. The European Union is actively financed from the budget of the new global development of IT-technologies in the field of logistics. As one of the potential outcomes of this process may appear unified information logistics network in the entire European Union. In Ukraine, begin work on the implementation of a new level of logistics services 5PL, enabling it to become one of the first countries in the world in this direction, because She is one of the leading places in the world in terms of IT professionals.

In the framework of this topic provides the following solutions [4]:

1. Software implemented the classic genetic algorithm, which was used to optimize the process of transport routes. Summary economic effect lies in the range 4.5–5 % of the initial amount of costs.

2. On the basis of WEB-technologies programmatically implemented algorithm ant colony that was used for the automation of optimal schedules and routes of freight traffic on the database Akhtyrsky plant Shishatskiy area in the Poltava region. Summary economic effect – from 4.84 % to 9 % of the original reference plane.

3. Create Web – monitoring system of flights and the automatic distribution of technological transport flights in the online mode, to collect data on the actual costs of fuel, speed, traffic, monitoring current location of transport in real time.

The proposed structural modules for IMS, based on which possible implementing ERP-system (4PL-level) and Internet Logistics (5PL-level) can improve the quality indicators of the national logistics services. Ukraine world's first introduced the concept in the context of 5PL Development Program in Ukraine and strategies 2020.

Reforms that in Ukraine is one of the leading places in the world for programmers and IT professionals, the process of implementing the concept of «5PL-Logistics» can be treated as a component of the formation of a new innovative thinking.

Because IT play an increasingly important role in society, is becoming increasingly important and the problem of minimizing the negative environmental impacts of production and use of IT equipment. However, do it have a huge potential to reduce negative environmental impact other activities in society. That is why for these two different reasons – so it is important to pay special attention to IT in the context of solving environmental problems. According to the firm Gartner Consulting, a leading research and consulting company for the IT, IT are responsible for the same CO<sub>2</sub> emissions on a global scale, like the entire aviation industry, the emissions of which represents two percent of total CO<sub>2</sub> emissions. Within the concept of Green IT, uses the following four approaches:

- *Green use*. Minimizing energy consumption of computers and peripheral devices, as well as their use of «ecological way».
- *Green disposal*. Reuse existing computers or environmentally friendly recycling of decommissioned electronic equipment.
- *Green design*. Development of new energy-saving technologies for computers, servers, printers and other digital devices.
- *Green manufacturing*. Minimization of the production costs of computers and other major components, systems to reduce impact on the environment.

Proceeding from today's realities and rather contradictory given the experience of implementing «green projects» to highlight key applications of the concept of Green Computing: server virtualization and cloud computing. Now consolidation requires less physical hardware, while providing high scalability and, ultimately, reducing the comparative cost of electricity on separate servers, optimization of the total number of physical devices to automate office work, a reduction of consumables, the active dissemination of distance work. That is, in fact, it is current tech it solutions – cloud computing and data centers to a considerable extent and an adequate solution for the introduction of the concept of Green Computing.

#### References:

1. <http://www.infocity.az/2014/05/8f-ibm-smarter-cities>
2. [www.iemag.ru/interview/detail.php?ID=25424](http://www.iemag.ru/interview/detail.php?ID=25424)
3. Литвинов В. В., Скакалина Е. В. Интеллектуальная информационная система как основа концепции 5PL – логистики // Тез. докл. Десятой международной научно-практической конференции «Математическое и имитационное моделирование систем. МОДС 2015». Тезисы докладов. – Чернигов. – 2015. – 22–26 июня 2015 г. – С. 127–131.
4. Skakalina, E. Concept 5PL Logistics as an innovative component of agrologistics. «Modelare matematica, optimizares itechnologii informationale», Materiale Conferintei Internationale, 22–25 martie 2016, vol.1, Chisinau. 2016, p. 310–315.

## ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МЕТОДУ ГРУПОВОГО УРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ

**Скакаліна Олена**

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
пр-т Першотравневий 24, Полтава, 36011, Україна*

Перехід України до стабільного розвитку неможливий без створення умов для стабільного розвитку регіонів. Це визначає необхідність підвищення обґрунтованості прийнятих рішень щодо управління соціально-економічними системами регіонального рівня на основі всебічного аналізу інформації про стан зовнішнього і внутрішнього середовища регіону. Відомо, що регіональні соціально-економічні системи як об'єкти управління характеризуються багатofакторністю, суттєвою нелінійністю функціональних залежностей між факторами, активним впливом на керуючу систему. В даний час для підвищення ефективності регіонального управління досить широко застосовуються системи підтримки прийняття рішень (СППР), що використовують побудову, аналіз та застосування математичних моделей регіональних соціально-економічних систем або їх окремих підсистем. У той же час аналіз сучасних регіональних соціально-економічних тенденцій показав, що при прийнятті рішень з управління подібними системами на основі прогнозування розвитку ситуації доводиться враховувати велику кількість взаємозалежних чинників і керуючих впливів, багато з яких не можуть бути виміряні за допомогою метричних шкал. Слід також зазначити, що в умовах слабкої математичної формалізації деяких регіональних соціально-економічних процесів і обмеженого обсягу статистичних даних зростає роль експертної інформації. Дані обставини знижують ефективність застосування відомих варіантів реалізації методу групового урахування аргументів (МГУА) у складі математичного і алгоритмічного забезпечення СППР з управління соціально-економічними системами регіонального рівня.

Як видається, мінімізувати зазначені недоліки МГУА можливо на основі застосування при побудові частих моделей апарату нечітко-логічних (гібридних) нейронних мереж. Описано можливості використання нейромережевої реалізації методу групового обліку алгоритмів для короткострокового прогнозування. Наведено результати обчислювальних експериментів порівняно класичної та нейромережевої реалізації МГУА. Показано переваги використання нейромережевої реалізації МГУА.

**Ключові слова:** метод групового урахування аргументів, прогнозування, нейромережева реалізація МГУА, динаміка зміни чисельності населення, СППР.

### APPLIED ASPECTS OF USING OF NEURAL NETWORK GROUP METHOD OF DATA HANDLING

**O. Skakalina**

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
pr. Pershotravnevyy, 24, Poltava, 36011, Ukraine*



**Annotation:** The transition of Ukraine to sustainable development is impossible without creating conditions for stable development of regions. This determines the need to improve decision-making on the management of socio-economic systems at the regional level on the basis of comprehensive analysis of information about the state of the external and internal environment of the region. It is known that regional socio-economic systems as objects of management are characterized by multifactorial, a significant nonlinearity of the functional dependencies between factors, active influence on the management system. At the present time to improve the efficiency of regional governance are broadly used systems of decision support (DSS) using the construction, analysis and application of mathematical models of regional socio-economic systems or their separate subsystems. At the same time, the analysis of the current regional socio-economic trends showed that when making decisions on management of such systems on the basis of forecasting of development of situation it is necessary to consider a large number of interrelated factors and control actions, many of which cannot be measured using metric scales. It should also be noted that in the conditions of weak mathematical formalization of some regional socio-economic processes and the limited volume of statistical data, the role of expert information. These circumstances reduce the effectiveness of known variants of realization of GMDH in the composition of mathematical and algorithmic support of a DSS for the management of socio-economic systems at the regional level. Appears to minimize these drawbacks GMDH is possible on the basis constructed with the use of frequent patterns of the apparatus of fuzzy logic (hybrid) neural networks. Described the possibility of using neural network implementation of the method of group account of algorithms for short term forecasting. The results of numerical experiments comparing classical and neural network implementation of the GMDH. The advantages of using neural network the GMDH implementation.

**Keywords:** group method of data handling, forecasting, neural network algorithm GMDH, dynamics of changes in population, DSS.

Незважаючи на наявність безлічі методів прогнозування, завдання підвищення якості прогнозів залишається актуальною, оскільки якість залежить від багатьох факторів, таких як: якість і обсяг експериментальних даних, наявність невизначених різного характеру і типу досліджуваних процесів (стаціонарні та нестаціонарні, лінійні та нелінійні). Врахувати всі особливості процесів буває дуже важко або неможливо із-за ряду об'єктивних причин: малі вибірки, великі шуми вимірювань, наявність суттєвих збурень і великих викидів. Тому необхідно шукати методи і засоби підвищення якості моделей і прогнозів в умовах наявності згаданих труднощів. В деякій мірі завдання підвищення якості прогнозів вирішується за допомогою методу групового урахування аргументів і нейронних мереж.

Однією з особливостей, властивих завдань математичного моделювання соціально-економічних систем, є наявність великого числа факторів, що впливають на досліджуваний соціально-економічний показник (вихід моделі), і обмеженого (по відношенню до числа факторів) обсягу спостережень, даних факторів, що використовуються при побудові моделі. Для рішення подібних завдань академіком А. Р. Івахненко [1] був запропонований метод групового урахування аргументів, що

дозволяє забезпечити прийнятну якість моделі в умовах багатофакторності керованого об'єкта і обмеженості обсягу навчальної вибірки. У той же час при прийнятті рішень з управління соціально-економічними системами доводиться враховувати велику кількість взаємозалежних чинників і керуючих впливів, багато з яких не можуть бути виміряні за допомогою метричних шкал. Слід також зазначити, що в умовах слабкої математичної формалізації деяких соціально-економічних процесів і обмеженого обсягу статистичних даних зростає роль експертної інформації у процесі прийняття управлінських рішень. Дані обставини знижують ефективність застосування відомих варіантів реалізації МГУА в складі математичного і алгоритмічного забезпечення СППР з управління соціально-економічними системами регіонального рівня. Як видається, мінімізувати зазначені недоліки МГУА дозволяє запропонований метод, заснований на використанні в процесі побудови моделей апарату нечітко-логічних (гібридних) нейронних мереж.

МГУА володіє перевагою при малих вибірках даних за рахунок вибору складності моделі, оптимально враховує інформативність даних. Ефективність методу багаторазово підтверджувалася рішенням безлічі конкретних завдань з областей екології, економіки, гідрометеорології тощо. МГУА добре відомий і дуже активно розвивається. Розроблено основи теорії структурної ідентифікації моделей з мінімальною дисперсією помилки прогнозування. Ефективним апаратом цієї теорії є метод критичних дисперсій, що дозволяє вперше аналітично вирішувати актуальні завдання: порівняльний аналіз критеріїв структурної ідентифікації, планування експериментів, аналіз властивостей методів тощо, причому як при обмеженій вибірці, так і в асимптотиці. При цьому досліджуються умови вибору оптимальної структури моделі залежно від дисперсії (рівня) шуму, довжини вибірки, вхідних впливів (плану експерименту) і параметрів об'єкта, причому встановлено тісний взаємозв'язок між ними. Засобами цієї теорії встановлено, що МГУА є методом побудови моделей з мінімальною дисперсією помилки прогнозування, і виконано його порівняння з іншими методами. В останнє десятиліття інтерес до МГУА активно зростає в усьому світі, що можна пояснити, крім відомої ефективності методу, також зростанням популярності технології штучних нейромереж. Справа в тому, що структуру МГУА можна інтерпретувати як нейромережу, оригінальність якої полягає в самоорганізації як її структури, так і параметрів. При цьому виявляється, що до явних переваг МГУА належать автоматичне формування структури мережі, простота і швидкодія настроювання параметрів, а також можливість «згорнути» налаштовану мережу безпосередньо в явний математичний вираз.

В силу численних переваг методу групового обліку аргументів, питання розроблення можливих шляхів до покращення результатів прогнозування завжди залишається актуальним. Розроблені моделі і методи прогнозування можуть застосовуватися в різних предметних областях для планування соціально-економічного розвитку територій з використанням інструментів кількісного аналізу та прогнозування.

Метод групового урахування аргументів складається з декількох алгоритмів для вирішення різних задач. В нього входять як параметричні, так і алгоритми кластери-

зації, комплексування аналогів, ребінаризації та ймовірнісні алгоритми. Цей підхід самоорганізації заснований на переборі моделей, що поступово ускладнюються та на виборі найкращого розв'язку згідно з мінімумом зовнішнього критерію. В якості базисних моделей використовуються не тільки поліноми, але й також нелінійні, ймовірнісні функції чи кластеризації. Переваги МГУА:

- Знаходиться оптимальна складність структури моделі, адекватна до рівня завад у вибірці даних. (Для вирішення реальних проблем з зашумленими чи короткими даними, спрощені прогнозуючі моделі виявляються більш точними).

- Кількість шарів і нейронів у схованих шарах, структура і інші оптимальні параметри нейромереж знаходяться автоматично.

- Гарантується знаходження найбільш точної чи незміщеної моделі - метод не пропускає найкращого рішення під час перебору всіх варіантів (у заданому класі функцій).

- Будь-які нелінійні функції чи ознаки, що можуть мати вплив на вихідну змінну використовуються як вхідні аргументи.

- Автоматично знаходить інтерпретуємі взаємозв'язки у даних і обираються ефективні вхідні змінні.

- Переборні алгоритми МГУА досить просто запрограмувати.

- Мережі МГУА використовуються для підвищення точності інших алгоритмів моделювання.

- Метод використовує інформацію безпосередньо з вибірки даних і мінімізує вплив апріорних припущень автора про результати моделювання.

- Дає можливість знаходження незміщеної фізичної моделі об'єкта (закону чи кластеризації) – однієї й тієї ж для всіх майбутніх вибірок.

У загальному випадку процес розв'язання задачі структурно-параметричної ідентифікації включає в себе насамперед такі основні етапи:

1. Завдання вибірки даних (отриманої в результаті пасивного або активного експерименту), а також апріорної інформації;
2. Вибір або завдання класу базисних функцій і перетворення даних;
3. Генерація різних структур моделей в обраному класі;
4. Оцінювання параметрів генерованих структур і формування множини  $F$ ;
5. Мінімізація заданого критерію  $CR(f)$  та вибір оптимальної моделі  $f$ .
6. Перевірка адекватності отриманої оптимальної моделі.
7. Ухвалення рішення про завершення процесу.

Перераховані етапи описують довільний процес побудови моделей, причому залежно від апріорної інформації і цілі моделювання ті чи інші етапи можуть бути відсутні. Наприклад, у випадку задачі параметричної ідентифікації множина  $F$  складається з однієї моделі (задається одна структура), тобто виключається 5-й етап процесу.

Більшість алгоритмів МГУА використовують поліноміальну базисну функцію. Загальна зв'язок між вхідними і вихідними змінними може бути виражений у вигляді функціонального ряду Вольтерра, дискретним аналогом якого є поліном Колмогорова-Габор:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^M a_i x_i + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M a_{ijk} x_i x_j x_k ,$$

де  $X = (x_1, x_2, \dots, x_M)$  вхідний вектор змінних;  $A(a_1, a_2, \dots, a_M)$  – вектор коефіцієнтів або ваг.

Компонентами вхідного вектора  $X$  можуть бути незалежні змінні, функціональні форми або кінцеві різницеві члени. Інші нелінійні базисні функції, наприклад диференціальні, логістичні, імовірнісні або гармонійні також можуть бути застосовані для побудови моделі. Метод дозволяє одночасно отримати оптимальну структуру моделі та залежність вихідних параметрів від обраних найбільш значущих вхідних параметрів системи .

Для вирішення задачі прогнозування необхідно виконувати наступні умови адекватної побудови прогнозу:

- горизонт прогнозу не повинен перевищувати третину довжини часового ряду;
- кожен елемент часового ряду повинен відображати значення за однаковий період часу;
- розподіл часового ряду не повинен бути нормальним, оскільки тоді не буде задовольнятися умова існування кореляції.
- кореляція ряду повинна складати не менше 0,5 за шкалою Чеддока.

Обчислювальний експеримент був проведений для соціальних процесів – динаміка чисельності населення України; програмні середовища для реалізації експериментів: MATLAB, GDMHShell3. Побудова моделі МГУА здійснюватиметься в два етапи:

- 1) застосування МГУА на отриманих, за допомогою програм, даних для складання прогнозу вихідного параметра;
- 2) прогнозування вхідних параметрів за допомогою методу авторегресійного інтегрування середньої змінної (ARIMA – Autoregressive integrated moving average) [2].

В програмі реалізовано 4 алгоритми:

- комбінаторний;
- покровий з додаванням;
- покровий змішаний;
- нейромережа МГУА.

Тривалість життя населення в Україні зазнавала хвилеподібних змін – періоди зниження смертності змінювалися її зростанням. На якісний склад населення негативно вплинули міграційні процеси. З набуттям незалежності істотно посилюється вплив міграційних процесів, як збурених розпадом єдиної держави, так і обумовлених появою можливостей вільного переміщення населення у межах і за межі території країни. До цього додалися і негативні ознаки процесів природного руху, пов'язані із дією економічних і соціопсихологічних чинників – стрімке зниження народжуваності до найнижчого у світі рівня (2002 р.) та зростання смертності населення працездатного віку при стагнації показників у післяпрацездатному віці і зниженні у допрацездатному [3].



Рисунок 1 – Динаміка середньорічної чисельності населення України

Зменшення чисельності населення України, яке розпочалось наприкінці минулого століття, зумовлене як прямими, так і непрямими втратами. Взагалі-то перевищення чисельності померлих над чисельністю народжених, пов'язане переважно із низькою народжуваністю і постарінням населення, характерне для більшості європейських країн, однак високий рівень життя населення спричиняється до стабільного міграційного припливу населення, що не тільки компенсує депопуляцію, але й призводить до деякого зростання чисельності населення. До того ж приплив молоді (а мігрують переважно молоді люди) позитивно впливає на вікову структуру населення. До 2005 р. в Україні ситуація була протилежна – на фоні невеликого від'ємного сальдо (до 2005 р.) стаціонарної міграції спостерігався масштабний тимчасовий відплив населення, що безпосередньо відбивався на процесах народжуваності. Часто – особливо в європейських країнах, українські трудові мігранти набували статусу постійного мешканця. З 2003 р. коефіцієнт народжуваності зріс від 8,54 % до 11,07 %. Максимальна народжуваність в Україні за останнє десятиріччя спостерігалася у 2013 р. – 11,42 %. Коефіцієнт смертності знизився з 16,00 % у 2003 р. до 14,56 % у 2013 р. Найвищою смертність була у 2005 р. – 16,60 %. Природний рух населення України за наведений період має від'ємний приріст, тобто населення скорочується, в середньому, на 248 765 осіб щорічно. В експерименті МГУА був протестований на стійкість до зашумлення вхідної вибірки. В якості навчальної вибірки були взяті показники середньої чисельності України за 2003–2014 рр. Оцінки ефективності результатів прогнозування на період в 1 рік різних алгоритмів відображено у табл. 1.

Таблиця 1 – Точність прогнозування на незашумленій вибірці

| Алгоритм                       | Середньоквадратичне відхилення, % |               | Середній модуль помилки, % |               | Кореляція     |               |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                | навч.                             | екз.          | навч.                      | екз.          | навч.         | екз.          |
| Комбінаторний                  | 0,1965                            | 0,5952        | 0,0164                     | 0,0591        | 0,9997        | 0,9998        |
| Покроковий змішаний            | 0,0182                            | 0,0354        | 0,0141                     | 0,0348        | 0,9997        | 0,9998        |
| <i>Покроковий з додаванням</i> | <i>0,0151</i>                     | <i>0,0421</i> | <i>0,0120</i>              | <i>0,0411</i> | <i>0,9998</i> | <i>0,9999</i> |
| Нейромережа МГУА               | 0,0168                            | 0,0528        | 0,0141                     | 0,0519        | 0,9998        | 0,9995        |

Далі, за допомогою програмного пакету MATLAB, на часовий ряд накладемо деякий шум  $Z$  з дисперсією  $S$ . Наступним кроком є проведення прогнозування на

зашумленій вхідній вибірці та порівняння результатів різних алгоритмів. Оцінки ефективності результатів прогнозування на період в 1 рік різних алгоритмів відображено у табл. 2.

Таблиця 2 – Точність прогнозування на зашумленій вибірці

| Алгоритм                   | Середньоквадратичне відхилення, % |               | Середній модуль помилки, % |               | Кореляція     |                |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------|----------------|
|                            | навч.                             | екз.          | навч.                      | екз.          | навч.         | екз.           |
| Комбінаторний              | 0,1734                            | 0,1987        | 0,1541                     | 0,1593        | 0,9755        | 0,9523         |
| <i>Покроковий змішаний</i> | <i>0,1541</i>                     | <i>0,1596</i> | <i>0,1157</i>              | <i>0,1317</i> | <i>0,9761</i> | <i>-0,9999</i> |
| Покроковий з додаванням    | 0,1618                            | 0,1439        | 0,1246                     | 0,1214        | 0,9745        | -0,9347        |
| Неймережа МГУА             | 0,1561                            | 0,1245        | 0,1198                     | 0,1226        | 0,9756        | 0,3379         |

Прогноз чисельності населення України за «зашумленою» вибіркою показано на рис. 2.

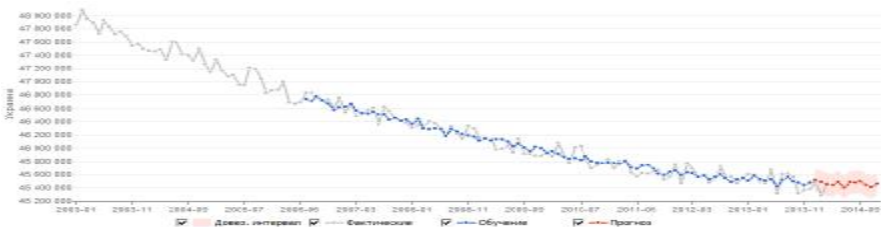


Рисунок 2 – Результати прогнозування за «зашумленою» вибіркою

Середньоквадратична помилка екзамону при зашумленні вибірки знизилася з 0,0354 % до 0,1596 %, що, звісно, погіршує ефективність моделі. Проте, навіть такі, погіршені результати, можна вважати цілком достатніми для застосування їх в СППР. Також слід відмітити що кореляція залишається майже не змінною. Це означає що МГУА все одно просліджує закономірності зміни даних і їх тісний взаємозв'язок. Отже, можна сміло назвати МГУА цілком задовільним алгоритмом. Для підвищення ефективності прогнозування можна використовувати збільшення вибірки, результат відображено в табл. 3.

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця оцінок ефективності результатів отриманих з короткої і подовженої вибірок

| Вибірка              | Кількість спостережень | Середній модуль помилки, % |              | Середньоквадратичне відхилення, % |             | Кореляція   |              |
|----------------------|------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------|
|                      |                        | навч.                      | екз.         | навч.                             | екз.        | навч.       | екз.         |
| Коротка вибірка      | 37                     | 4,24                       | 4,47         | 5,47                              | 4,61        | 0,82        | 0,46         |
| Подовжена вибірка    | 87                     | 4,11                       | 3,82         | 5,22                              | 4,29        | 0,84        | 0,69         |
| <i>Покращення, %</i> |                        | <i>3,16</i>                | <i>17,01</i> | <i>4,79</i>                       | <i>7,46</i> | <i>2,38</i> | <i>33,33</i> |

В середньому результат поліпшення за рахунок подовження вибірки склав 11 % .  
Всі соціально-економічні показники є взаємозалежними. Показники чисельності населення залежать від таких показників, як смертність, еміграція, імміграція. Природно, це не весь перелік факторів, що впливають, але розглянемо їх. З допомогою пакета GMDH Shell 3, який не тільки виконує прогнозування числових рядів, але і виконує завдання регресії, кластеризації, класифікації. Статистики впливу додаткових змінних на середньоквадратичну помилку (СКП) основної змінної наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Описові статистики впливу змінних на СКП

| № з/п | Показник       | Вплив на СКП | СКП     |
|-------|----------------|--------------|---------|
| 1     | Еміграція      | 66,72 %      | 577 284 |
| 2     | Народжуваність | 20,87 %      | 319 716 |
| 3     | Смертність     | 11,12 %      | 264 953 |
| 4     | Імміграція     | 4,72 %       | 229 036 |

Згідно отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільший вплив на чисельність населення мають змінні «еміграція» та «смертність», і майже не впливає «імміграція». Застосовуючи діаграму розсіювання за для аналізу залежності між змінними «чисельність» та «еміграція», констатуємо тісний зв'язок.

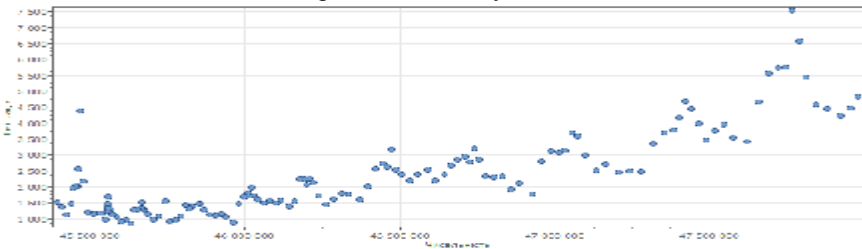


Рисунок 3 – Діаграма розсіювання змінних «Чисельність» та «Еміграція»

Графік регресійного прогнозу та оцінку ефективності результату зображено на рис. 4 та рис. 5.

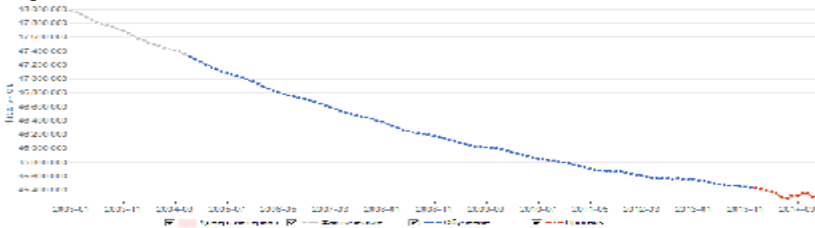


Рисунок 4 – Графік регресійного прогнозу чисельності населення України

| Мера погрешности                                    | % от фактического | Выходная     | Чисельность  |
|---|-------------------|--------------|--------------|
| Результаты подготовки данных                        |                   | Обучение     | Экспорт      |
| Число наблюдений                                    |                   | 309          | 3            |
| Макс. отрицательное отклонение                      |                   | -0,0163895 % | 0 %          |
| Макс. положительное отклонение                      |                   | 0,0137716 %  | 0,0178154 %  |
| Средний модуль ошибки в процентах (MAPE)            |                   | 0,00535633 % | 0,00900413 % |
| Среднеквадратическое отклонение в процентах (RMSPE) |                   | 0,00670543 % | 0,0110141 %  |
| Сумма отклонений                                    |                   | 4,27322E-6%  | 0,00900377%  |
| Стандартное отклонение остатков                     |                   | 0,00670543 % | 0,00634311 % |
| Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )          |                   | 0,999967     | 0,969832     |
| Корреляция  |                   | 0,999984     | 0,97308      |

Рисунок 5– Оцінка ефективності результатів регресійного прогнозу

Тепер порівняємо отримані результати з результатами прогнозування чисельності населення України без урахування впливу додаткових факторів. Отримані результати згруповано у порівняльній таблиці (табл. 5).

Таблиця 5 – Порівняння оцінок ефективності прогнозу з урахуванням впливу додаткових факторів і без

| Критерій                                   | Звичайний прогноз | Регресійний прогноз | Динаміка  |
|--|-------------------|---------------------|-----------|
| % від фактичного                           |                   |                     |           |
| Макс. від'ємне відхилення                  | 0                 | 0                   | 0         |
| Макс. додатне відхилення                   | 0,0520            | 0,0178              | 65,769 %  |
| Середній модуль помилки (MAPE)             | 0,0411            | 0,0090              | 78,102 %  |
| Середньоквадратичне відхилення (RMSPE)     | 0,0421            | 0,0110              | 73,872 %  |
| Сума відхилень                             | 0,0411            | 0,0090              | 78,102 %  |
| Стандартне відхилення залишків             | 0,0092            | 0,0063              | 31,522 %  |
| Коефіцієнт детермінації, (R <sup>2</sup> ) | 0,9997            | 0,9698              | -2,991 %  |
| Кореляція                                  | 0,9999            | 0,9730              | -2,6905 % |
| Фактично чоловік                           |                   |                     |           |
| Середньоквадратичне відхилення (RMSPE)     | 19134             | 5000                | 73,868 %  |
| Середнє – 49,44 %                          |                   |                     |           |

Таким чином, незначною мірою пожертвувавши коефіцієнтом детермінації та кореляцією, ми досягли покращення своїх попередніх результатів приблизно на 49 %, що фактично знижує помилку прогнозування зі 19 134 чол./міс. до 5000 чол./міс.

Отримана модель має наступну формулу:  $Y1[t] = 940,978 + \text{Чисельність}[t-1] * 1 + \text{Смертність}[t-1] * (-0,999941) + \text{Народжуваність}[t-1] * 1,00006 + \text{Іміграція}[t-1] * 1,00024 + \text{Еміграція}[t-1] * (-0,993574) + \text{Еміграція}[t-2] * 0,00758709 + \text{Народжуваність}[t-7] * 0,0134916 + \text{"Народжуваність}[t-7, cubert"} * (-43,6514) + \text{Іміграція}[t-2] * (-0,00179236) + \text{Іміграція}[t-4] * 0,00151412 + \text{"Еміграція}[t-1, cubert"} * (-6,76682) + \text{"Еміграція}[t-3, cubert"} * 0,49201 + \text{Смертність}[t-8] * 0,000331012 + \text{Іміграція}[t-6, cubert"} * 0,140674 + \text{Іміграція}[t-5] * (-0,000753201).$



## Список посилань:

1. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем по экспериментальным данным / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский. – М.: Радио и связь, 1987. – 120 с.
2. Бокс Дж., Дженкинс Г. «Анализ временных рядов. Прогноз и управление» – М.: Мир, 1994 г.
3. Друк документів Державної служби Статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://ukrstat.org/operativ/operativ2014/ds/kn/kn\\_r/kn1115\\_r.html](http://ukrstat.org/operativ/operativ2014/ds/kn/kn_r/kn1115_r.html).

СТВОРЕННЯ МІСЦЕВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОМІСІЙ ДЛЯ  
ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ У СФЕРІ  
ЯДЕРНОЇ І РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

**Іваненко Наталія**

*ВЕГО «МАМА-86», вул. Чапаєва, 14, Київ, 01030, Україна*

Аналіз чинного законодавства України в сфері ядерної і радіаційної безпеки (ЯРБ), а також результатів вибіркового опитування населення в м. Нетішин і Кузнецовськ свідчить про наявність значних прогалів у поінформованості населення міст-супутників АЕС щодо ЯРБ. Як основну причину виділено відсутність належної взаємодії між зацікавленими сторонами, а саме місцевою владою, АЕС, громадськістю, місцевими ЗМІ тощо. На основі досвіду Франції, яка має найбільш розвинене законодавство і практичний досвід у цій сфері, запропоновано створити місцеві інформаційні комісії (МІК), які об'єднали зусилля зацікавлених осіб і зробили їх більш ефективними. Пілотний проект, який пропонується впровадити у м. Кузнецовську, має підтвердити ефективність роботи таких комісій. Діяльність МІК буде дуже особливо важливою для соціальної адаптації населення міст-супутників АЕС у зв'язку з припиненням експлуатації енергоблоків.

**Ключові слова:** ядерна і радіаційна безпека, інформаційне забезпечення, місцеві інформаційні комісії.

CREATION OF LOCAL INFORMATION COMMISSIONS  
FOR PUBLIC INFORMATION PROVISION IN THE FIELD  
OF NUCLEAR AND RADIATION SAFETY

**N. Ivanenko**

*UNENGO «МАМА-86», 14 Chapayeva Str., Ukraine, 01030 Kyiv*

**Annotation:** Analysis of the current legislation of Ukraine in the field of nuclear and radiation safety (NRS) and the results of surveys of the population in the cities Netishin and Kuznetsovsk, indicates the presence of significant gaps in public awareness in NPP satellite-towns on NRS. The main reason is the lack of proper cooperation among stakeholders, such as local authorities, nuclear power plants, public, local media and more. Based on the experience of France, which has the most advanced legislation and experience in this area, it is proposed to create a Local Information Commission (LIC), which joined forces of stakeholder sand make them more effective. The pilot project, which is

proposed to introduce in the Kuznetsovsk will confirm the effectiveness of such commission's activity. Activities of MIC will be very helpful for the social adaptation of the population of NPP satellite towns in the case of decommissioning energy units, termination of operation of the units.

**Keywords:** nuclear and radiation safety, information provision, local information commissions.

ВЕГО «МАМА-86» впроваджує проект «Побудова системи інформування громадськості з питань ядерної безпеки», який фінансується Шведською агенцією міжнародного розвитку та співробітництва.

Мета проекту – удосконалення системи інформування громадськості та її участі у прийнятті рішень з питань ядерної безпеки в Україні шляхом створення місцевих інформаційних комісій (МІК) і забезпечити європейську інтеграцію у цьому напрямку.

Головні завдання проекту:

- забезпечити аналітичну підтримку удосконалення інформаційного забезпечення громадськості та її участі у прийнятті рішень на основі позитивного досвіду ЄС;
- забезпечити проведення діалогу заінтересованих сторін щодо створення МІК;
- розробка рекомендацій щодо покращання законодавства України;
- імплементація пілотного проекту і розповсюдження його результатів для сприяння створенню мережі МІК;
- забезпечити інформаційний обмін громадських організацій ЄС і України, а також інших заінтересованих сторін у цій сфері.

Законодавство України у сфері інформування громадськості з питань ядерної безпеки є досить розробленим, але функціонує не дуже ефективно. Необхідно вносити зміни у деякі законодавчі і нормативно-правові акти, або розробити нові акти, які висвітлюють усі аспекти цієї проблеми.

Законодавство ЄС має законодавчі акти, які спрямовані саме на сферу ядерної безпеки. Тому в них більш детально наведений перелік інформації, доступність якої має забезпечити кожна країна ЄС. Але оскільки ЄС охоплює країни з різними умовами в контексті ядерної енергетики, ці акти не містять детальних вимог щодо побудови системи інформування громадськості на національному і тим більше місцевому рівні. Вони містять лише мінімальний перелік інформації, яка повинна надаватись громадськості.

Національні законодавства країн ЄС мають різний рівень деталізації (в залежності від частки ядерної енергетики у національному енергобалансі) і в основному повторюють положення директив ЄС. У деяких країнах створені національні інформаційні центри, але судячи з їх веб-сайтів розташована інформація досить обмежена. У той же час деякі країни створюють місцеві осередки у регіонах, де знаходяться АЕС, для забезпечення ефективної взаємодії між власниками ядерної установки і громадськістю.

Слід зазначити, що найбільш розвинене законодавство щодо створення і функціонування місцевих інформаційних комісій (МІК), які діють надзвичайно ефективно, має Франція. Це можна пояснити тим, що АЕС виробляють приблизно три чверті загального обсягу електроенергії. Досвід Франції свідчить, що МІК ефективно пра-

цюють і поліпшують стан поінформованості населення, яке проживає поблизу АЕС, щодо різних аспектів ЯРБ. Тому доцільно використати такий підхід і в умовах України.

Тільки у Франції ухвалені Закон і Декрет, які стосуються забезпечення прозорості і відкритості інформування громадськості з питань ядерної безпеки.

Законодавство України у сфері інформування громадськості з питань ядерної безпеки є досить розробленим, але функціонує не дуже ефективно. Необхідно внести зміни у деякі законодавчі і нормативно-правові акти, або розробити нові акти, які висвітлюють усі аспекти цієї проблеми.

За питання інформування громадськості з питань ядерної безпеки на національному рівні відповідає Держатомрегулювання і деякою мірою Мінкології (міжнародні угоди). Але інформація для громадськості, розміщена на їхніх сайтах, є розрізною. Це пов'язано з низькою інституціональною спроможністю цих органів у зазначеній сфері.

Доцільно створити незалежний Міжвідомчий інформаційний центр з достатнім інституційним потенціалом для інформування громадськості у доступній і зручній формі.

Згідно з чинним законодавством України на місцевому рівні інформування населення повинно забезпечувати керівництво АЕС. Про реальний стан поінформованості населення з питань ядерної безпеки свідчать результати опитування населення в м. Нетішин і Кузнецовськ, які були проведені у листопаді 2015 р. і лютому 2016 р. відповідно.

Порівняння результатів опитування дозволило зробити декілька висновків:

- більшість населення обох міст підтримує розвиток ядерної енергетики в Україні і вважає її досить безпечною галуззю енергетики;
- більшість населення вважає себе досить обізнаними щодо питань ЯРБ, але існує ціла низка прогалін;
- значну роль відіграє суб'єктивний фактор. У Нетішині населення вважає, що їх діти отримують у школі та інших навчальних закладах достатньо інформації щодо їхніх дій у випадку виникнення аварійних ситуацій, а у Кузнецовську вважають, що вони отримують достатньо інформації від керівництва АЕС. В обох містах є інформаційні центри при АЕС, але в Кузнецовську такий центр «Полісся» працює більш ефективно;
- практично всі респонденти підтримали ідею створення місцевих інформаційних комісій;
- респонденти у м. Нетішині були дуже активними і креативними. Було висловлено багато ідей, які варто врахувати при підготовці законодавчих змін. У Кузнецовську респонденти були більш стримані. Викликає подив кількість людей у Кузнецовську (більше 40 %), яка не має своєї думки щодо поінформованості своїх дітей щодо їхніх дій у випадку виникнення аварійних ситуацій;
- така різниця у поведінці респондентів обох міст дивує, оскільки обговорення у фокус-групах проходилося одним і тим же модератором за однаковим сценарієм;

– слід враховувати, що населення міст-супутників АЕС не висловлює думку громадськості України в цілому, оскільки від АЕС залежить їхнє працевлаштування, інфраструктура та пільги.

Крім того, вразливим є населення, яке проживає в місцях видобування і переробки ядерного палива, а також місцях захоронення, зберігання і переробки радіоактивних відходів. Тому поліпшення стану їх поінформованості про ЯРБ на місцевому рівні також необхідно передбачити при розробці рекомендацій щодо змін у законодавстві.

Що стосується створення інформаційних осередків, то слід відзначити, що певне законодавче підґрунтя в Україні існує. Указ Президента України «Про Концепцію захисту населення і територій у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій» від 26.03.1999 р. № 284/99. У Концепції зазначається, що до робіт, пов'язаних із запобіганням та реагуванням на надзвичайні ситуації, під керівництвом відповідних органів управління захистом населення і територій можуть залучатися на добровільних або договірних засадах громадські організації, політичні партії, професійні спілки, релігійні організації, асоціації аварійно-рятувальних та аварійно-відновлювальних формувань за наявності в учасників ліквідації відповідного рівня підготовки.

Але ця Концепція стосується лише випадків виникнення надзвичайних ситуацій.

Доцільно розробити законодавчу базу для створення і постійного функціонування місцевих інформаційних комісій, їх складу, функцій, процедур тощо. Як приклад можна використати комісії законодавчі акти у Франції, але необхідно врахувати національну специфіку України і точки зору громадськості нашої держави. Шляхи внесення змін до законодавства можуть бути різними, наприклад, внесення змін до окремих законодавчих актів або внесення змін до Закону України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» з подальшою розробкою підзаконних актів. Найбільш простим в реалізації є створення місцевих інформаційних комісій з допомогою Розпорядження місцевого голови, проект якого було представлено на Національному круглому столі, який ВЕГО «МАМА-86» провела 19 квітня 2016 р.

Далі планується впровадження пілотного проекту зі створення місцевої інформаційної комісії у м. Кузнецовськ. Повторне опитування наприкінці цього року дозволить оцінити ефективність роботи МІК.

Діяльність МІК буде дуже особливо важливою для соціальної адаптації населення міст-супутників АЕС у зв'язку з припиненням експлуатації енергоблоків.

## СЕКРЕТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Шаталов Владимир

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», Славутичский филиал,  
ул. Героев Днепра 6, г. Славутич, Киевской обл., 07101, Украина*

Представлены некоторые достижения в области интеллектуального анализа данных. Анализ биографических данных, извлеченных из Википедии, показывает, своего рода, скрытую революцию приоритетов людей. Категории деятельности человека были разделены на два класса – личные и общественные. Их отношение, будучи постоянным в течение почти всей истории, демонстрирует резкий революционный скачок в конце 20-го века.

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, извлечение знаний, Википедия.

## SECRETS OF DATA MINING

Shatalov Vladimir

*National Technical University of Ukraine “Kiev Polytechnic Institute”,  
Slavutych Branch, 6, Heroiv Dnepra St., Slavutych, Kiev Region, 07101, Ukraine*

**Annotation:** Some advances in Data Mining and Big Data are presented. An analysis of biographical data extracted from Wikipedia reveals a kind of hidden revolution of human priorities. Categories of human activities were divided in two classes – *Personal* and *Public*. Its ratio being quite constant during almost the entire history shows a sharp revolution jump at the end of the 20th century.

**Keywords:** Data mining, Knowledge extraction, Wikipedia

Цель настоящей работы – обратить внимание на новые неожиданные результаты, которые дает компьютерный анализ большого количества данных, на новые возможности, открывающиеся для владельцев этих данных. Сейчас эти возможности стимулируют взрывообразное развитие науки о данных, рост числа исследователей, занимающихся анализом данных и, конечно же, расширение спроса на такие исследования.

Проиллюстрируем состояние дел на некоторых свежих примерах из Интернет. Попробуем ответить на несколько, на первый взгляд не слишком серьезных вопросов: Из чего сделан Буратино? Что подкрутить в самолете? Чем закончится «Игра Престолов»? Кто с кем в Третьей Мировой? Где на Свете жить хорошо? Где горячее всего? Где обитают тролли? Когда начинать бояться? О чем молчит современная Библия?

Отвечать будут интеллектуальный анализ данных или Data Mining (раскапывание данных), Big Data (большие объемы данных), Machine Learning (обучение компьютеров) и другие новейшие технологии обработки данных. Статистические методы анализа работают с подготовленными или специально созданными наборами данных, а Data Mining может добывать знания из «информационного мусора», очи-

шая и перерабатывающая огромные массивы данных, накапливающиеся в повседневной жизни. Так листья деревьев, поглощая и перерабатывая на свету газы из атмосферы, создают добротную древесину, и, отвечая на вопрос «Из чего сделан Буратино?» следует признать, что он сделан из воздуха, считай из ничего. Вот некоторые «Буратины» компьютерного анализа данных.

Анализируя результаты анкетирования пассажиров после рейса, можно получить вполне достоверные рекомендации о ключевых факторах, влияющих на прибыль авиакомпании и что для этого нужно «подкрутить в самолете» [1]. Исследуя частоту диалогов и взаимодействие героев по тексту книги George Martin, по которой снимается известный телесериал «Игра престолов», можно показать, кто реально обладает властью и чем закончится сериал [2]. Анализ частоты и объемов сделок по торговле оружием между разными странами выявляет три основных группировки, противостоящих друг другу в возможной войне [3]. Огромный объем новостей мировых СМИ можно весьма наглядно нанести на карту, выявляя тем самым комфортные для проживания места, а также отображая географию горячих точек [4]. Используя возможности Google Analytics можно выявить расположение центров пропаганды, ведущих информационные атаки в Интернет [5]. Анализ данных онлайн активности на сайтах Wikipedia, YouTube, Facebook, проведенный Predata (James Shinn) обнаруживает пик активности в Интернете за несколько дней до терактов 13 ноября в Париже [6].

Современная библия – Wikipedia содержит около 35 млн. статей на 288 языках и ежедневно добавляется более 12 000 новых страниц. Wikipedia неявно отражает интересы, образ жизни и приоритетные направления деятельности людей в различные периоды человеческой истории. Поэтому Wikipedia сама становится объектом исследования методами Data Mining.

В статье И. Резника и В. Шаталова [7] проводится поучительный анализ интересов, активности и продолжительности жизни «населения» Wikipedia. С этой целью через Web был загружен XML dump английского издания статей Wikipedia. Для извлечения всех подходящих Web-страниц был разработан специальный parser. Биографические страницы отделялись от прочих по наличию дат рождения и/или смерти в информационном блоке на странице. Полученный набор данных покрывал период примерно от 5000 лет до нашей эры и до наших дней. Затем Wikipedia dump был просканирован на предмет поиска перекрестных ссылок на каждую биографическую страницу. Количество таких ссылок представляет значимость каждой личности в общей базе знаний аналогично тому, как индекс цитирования представляет важность научной работы.

Как оказалось, исследуя продолжительность жизни «населения» Wikipedia можно обнаружить отпечатки исторических катаклизмов (рис. 1). Провалы продолжительности жизни приходятся на годы гражданской войны в Америке 1863–65 гг., I и II Мировой войны – 1914–20 и 1940–45 гг., Вьетнамской войны 1968–1970 гг. Соответствующие пики на кривой ошибок в определении средней продолжительности жизни обусловлены демографическими сдвигами в военное время, что выражается в уширении распределений смертности.

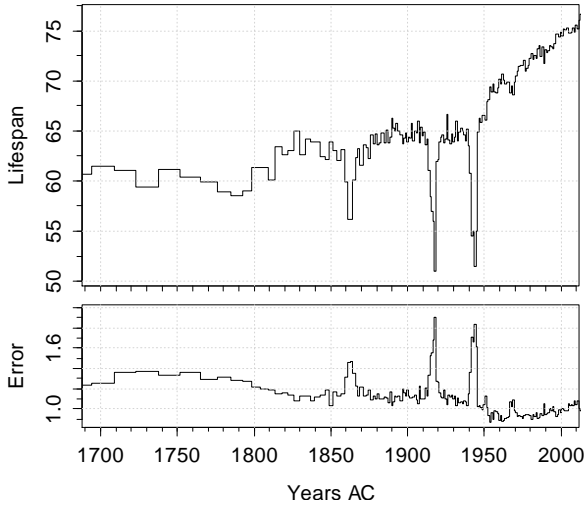


Рисунок 1 – Средняя продолжительность жизни (вверху) и дисперсия (внизу) на протяжении трех последних столетий

Для исследования динамики каждой биографической странице был приписан «год активности» личности как средний год. Полученная в результате зависимость числа биографических страниц от времени, по сути, отражает эволюция культуры (рис. 2). Резкий скачок наклона линейного (в логарифмическом масштабе) тренда вблизи 1700 г. связан, очевидно, с появлением газет, а горб около 1500 г. – с появлением книгопечатания. Классификация страниц по видам деятельности людей позволяет проследить эволюцию различных категорий во времени.

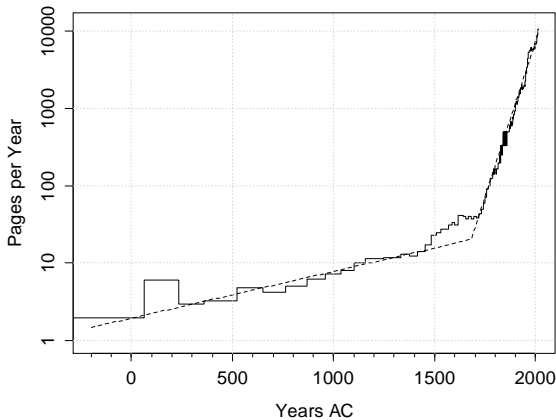


Рисунок 2 – Распределение биографических страниц по годам активности

На протяжении тысячелетий отношение числа людей творческих профессий к числу общественных деятелей (правителей, военачальников, священнослужителей) было примерно 1 : 2. Однако в последние годы наблюдается многократный рост этой величины – в 8 раз с учетом спортсменов и в 2,5 – без. Тем самым выявляется скрытая революция приоритетов людей, происходящая в настоящее время.

Главный вывод – интеллектуальный анализ данных Wikipedia позволяет получить количественную оценку исторических и социальных проблем и событий, ранее обсуждавшихся лишь на качественном уровне. Таким образом, анализ больших объемов информации позволяет выявить множество неожиданных и полезных результатов.

Список литературы:

1. Joel Cadwell, Network Visualization of Key Driver. Engaging Market Research, July 8, 2012. Available at: <http://joelcadwell.blogspot.com/2012/07/network-visualization-of-key-driver.html>.

2. Richard Gray, Who holds the REAL power in Game of Thrones? Mailonline, April 8, 2016. Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3522530/Who-holds-REAL-power-Game-Thrones-Mathematicians-reveal-linchpin-series-surprising-character-vital-future.html>.

3. Kenneth Soo, Where Will Your Country Stand in World War III? Annalyzin, April 12, 2016 . Available at: <https://annalyzin.wordpress.com/2016/04/12/network-graphs-where-will-your-country-stand-in-world-war-iii>.

4. Kaley Leetaru, Mapping World Happiness And Conflict Through Global News And Image Mining. Forbes, JAN 13, 2016. Available at: <http://www.forbes.com/sites/kaleyleetaru/2016/01/13/mapping-world-happiness-and-conflict-through-global-news-and-image-mining/#51e14d9946a4>.

5. Google выдал логово кремлевских тролей. Otakvot, Aug. 18th, 2015. Available at: <http://otakvot.livejournal.com/170541.html>.

6. Ellie Zolfagharifard, Could AI predict World War 3? ‘Moneyball’ startup claims it can forecast the future by comparing online chatter with past data. Dailymail.Com, 6 April 2016. Available at: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3527075/Could-AI-predict-World-War-3-Moneyball-startup-claims-forecast-future-comparing-online-chatter-past-data.html#ixzz45pAGzuXv>.

7. Iliia Reznik, Vladimir Shatalov, Hidden revolution of human priorities: An analysis of biographical data from Wikipedia. Journal of Informetrics, Volume 10, Issue 1, February 2016, Pages 124–131. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157715301334>.



## ВЕБ-ПОРТАЛ УНІВЕРСИТЕТСЬКОГО БІЗНЕС-ЦЕНТРУ

**Хворостенко Р. Ю.**

*Студент Славутицької філії Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут»,*

*вул. Героїв Дніпра, 6, м. Славутич, Київської обл., 07101, Україна*

[incommoditer@gmail.com](mailto:incommoditer@gmail.com)

Науковий керівник: Савельєв М. В., старший викладач НТУУ «КПІ»

Представлено модель веб-порталу університетського бізнес-центру, який автоматизує процеси керування університетськими командами. Університетські команди реалізують власні проекти та проекти з кооперації підприємств і університету. Побудовано і нормовано діаграму сутностей веб-порталу.

**Ключові слова:** веб-портал, університетський бізнес-центр, діаграма сутностей.

## WEB-SITE OF UNIVERSITY BUSINESS CENTER

R. Y. Khvorostenko

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Slavutich Branch,*

*Geroiv Dnipro str., 6, Slavutich, Kyiv region, 07101, Ukraine*

[incommoditer@gmail.com](mailto:incommoditer@gmail.com)

Supervisor: M. V. Saveliev, senior lecturer NTUU «KPI»

**Annotation:** The model of a Web-site of university business center that automates the management of university teams is presented. University teams implement their own projects and projects in cooperation with business. Entity-Relation diagram of the web-site is shown.

**Keywords:** Web-site, a university business center, ER diagram.

Приблизно третина випусників вищій навчальних закладів України, напрямку ІТ-спеціальностей, працюють за спрямуванням, оскільки більшість випусників не відповідають вимогам ринку [4]. Вирішенню цього питання в Україні присвячені статті В. С. Харченка, В. В. Скляра [1, 2], а також роботи В. В. Литвинова та ін. [4], де були запропоновані шляхи вирішення даної проблеми. Вирішення даної проблеми полягає в організації співпраці промисловості та університетів, шляхом взаємодії через бізнес-центри. Робота зазначених бізнес-центрів повинна бути підтримана різноманітними інструментами. У роботах [3, 4] зазначалося, що одним з таких інструментів повинен стати веб-портал, виконуючий функції центру об'єднання університетських проектів, студентських команд та адміністративно-наглядової ради університетського бізнес-центру. Питанню створення такого веб-порталу присвячена дана доповідь.

Метою роботи вважається розробка веб-порталу університетського бізнес-центру. Тому до переліку основних завдань даної роботи входить виявлення, аналіз і формулювання вимог до даного веб-порталу. З метою вирішення даного завдання необхідно побудувати модель предметної області, взаємодії веб-порталу з його користувачами.

Вибір технологій реалізації даної системи було розглянуто в публікації [5].

Для побудування моделі системи було використано діаграму сутностей [6]. Для визначення сутностей було використано метод «іменників». Для даної системи, діаграма сутностей набуде такого вигляду, як показано на рис. 1. Дана діаграма сутностей вважається нормалізованою.

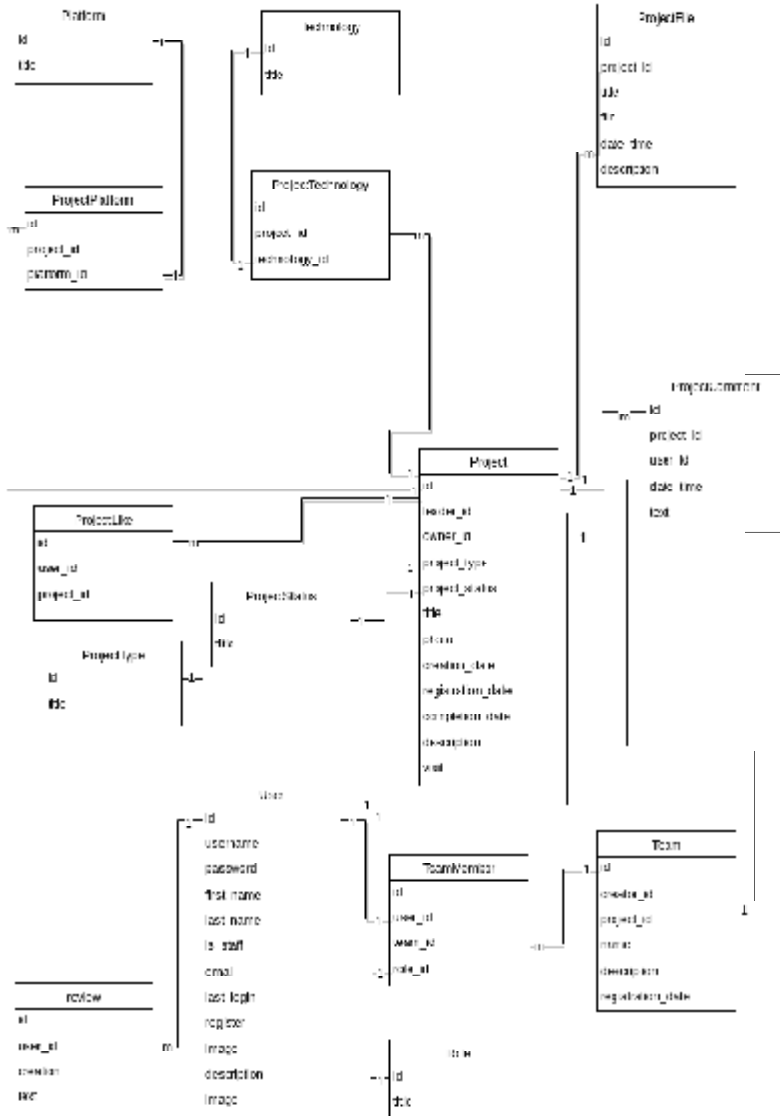


Рисунок 1 – Діаграма сутностей

## Висновки

Зазначений веб-портал має дуже вагомe практичне значення: реалізує зв'язок між студентами, бізнес-центром і підприємствами; реалізує процес підтримки новостворених ІТ-компаній бізнес-центром. На даний момент, вдалося виявити основні вимоги до веб-порталу, побудувати модель предметної області, побудувати модель взаємодії веб-порталу з користувачами та почати розробку зазначеного веб-порталу. Веб-портал розробляється з використанням найсучасніших технологій розробки програмного забезпечення, що дозволяє використовувати найкращі практики останніх років. Відкрита архітектура надає можливість у подальшому інтегрувати інструменти оцінки компетенції новостворених ІТ-компаній, та проектів, які підтримуються бізнес-центром.

### Список посилань:

1. Харченко В. С. Концепция и модели взаимодействия университетской науки и ИТ-индустрии: S2B–B2S [Текст] / В. С. Харченко, В. В. Скляр // КАРТБЛАНШ. – Вип. 8–9. – 2012. – С.45–52.
2. Харченко В. С. Кооперация университетов и индустрии: S2B–B2S [Текст] / В. С. Харченко, В. В. Скляр // КАРТБЛАНШ. – Вип. 3–4. – 2014. – С.43–49.
3. O. Starov, V. Kharchenko, V. Sklyar and N. Khoklienkov, Advanced Spin-off model of UIC. University-Industry Interaction Conference, <http://www.university-industry.com>, Amsterdam, May 2013.
4. Lytvynov V. V., Kharchenko V. S., Lytvyn S. V., Saveliev M. V., Trunova E. V., Skiter I. S. Tool-Based Support of University-Industry Cooperation in IT-Engineering. – Ministry of Education and Science of Ukraine, Chernihiv National University of Technology. – 2015.
5. Інформаційна безпека та комп'ютерні технології: матеріали міжнародна науково-практична конференція [«Молодь України і аграрна реформа»], (Кіровоград, 24–25 березня 2016 р.) / Кіровоградський національний технічний університет. – 2016. – 160 с.
6. Модель «сутність-зв'язок» [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_%C2%AB%D1%81%D1%83%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C\\_%E2%80%94%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA%C2%BB](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%C2%AB%D1%81%D1%83%D1%82%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%E2%80%94%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BE%D0%BA%C2%BB).

## НЕЙРО-НЕЧІТКА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ В МЕРЕЖУ

Гребенник Алла, Трунова Олена

*Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів*  
[alla.grebennik@mail.ru](mailto:alla.grebennik@mail.ru), [e.trunova@gmail.com](mailto:e.trunova@gmail.com)

**Annotation.** The problem of intrusion detection to the corporate network. The basic components of the intrusion detection system and describes their functions.

The analysis of the various approaches to the identification of information security breaches. With this purpose, the characteristic of the main methods of intrusion detection, to determine their strengths and weaknesses. It is displayed that to be effective to identify

situations of possible invasion, the modern technology of data mining to be used. Because of the above comparative characteristics of intelligent methods of attack analysis, proposed hybrid means for their identification. Shown, that the most promising for this problem is to use neuro-fuzzy methods and based on them is considered a structural model of network intrusion detection. The architecture of the neuro-fuzzy system, intrusion detection network, and its main features are set up. It highlights the advantages and disadvantages. Stages of processing fuzzy rules entered into the system. For training neuro-fuzzy system, it is advisable to choose the method of learning with a teacher. Education neuro-fuzzy system provides an opportunity not only to adjust the weight of links, but also to eliminate the contradictions and shortcomings of the system of fuzzy rules.

**Keywords:** information security, intrusion, neuro-fuzzy system.

Процес виявлення вторгнень є процесом оцінки підозрілих дій, які відбуваються в мережі. Іншими словами, виявлення вторгнень – це процес ідентифікації та реагування на підозрілу діяльність, спрямовану на обчислювальні або мережеві ресурси. Головне завдання систем виявлення вторгнень (СВВ) полягає в автоматизації функцій по забезпеченню інформаційної безпеки (ІБ) корпоративної мережі та «прозорості» функцій ІБ для неспеціалістів в області захисту інформації. Тому СВВ – це системи, які збирають інформацію з різних точок комп'ютерної корпоративної мережі і аналізують цю інформацію для виявлення не тільки спроб, але й реальних порушень захисту (вторгнень) [1, 8, 9].

Нехай  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_l\}$  – множина ситуацій порушення ІБ, кожна  $i$ -а подія описується вектором ознак  $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in_i}\}$ , де  $l$  – кількість загроз ІБ,  $i = \overline{1, l}$ ;  $n$  – кількість ознак. За результатами аналізу цих ознак відбувається ідентифікація підозрілої діяльності, і СВВ виконує певні захисні дії з множини можливих варіантів  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ , де  $m$  – кількість захисних заходів.

Для реалізації функцій щодо захисту від вторгнень сучасна СВВ повинна містити такі основні елементи (рис. 1):

- підсистему збору інформації;
- підсистему аналізу;
- модуль управління;
- модуль реагування;
- підсистему представлення даних.

Підсистема збору інформації акумулює дані про роботу системи. Для збору інформації використовуються автономні модулі-датчики. Кількість датчиків залежить від специфіки системи, яка захищається.

Підсистема аналізу (виявлення) здійснює пошук атак і вторгнень в систему. Вона структурно складається з одного або більше модулів аналізу – аналізаторів. Кожен аналізатор виконує пошук атак або вторгнень певного типу. Вхідними даними для аналізатора є інформація з підсистеми збору інформації або від іншого аналізатора. Результат роботи підсистеми представляється у вигляді індикації про стан системи та іншої необхідної інформації.

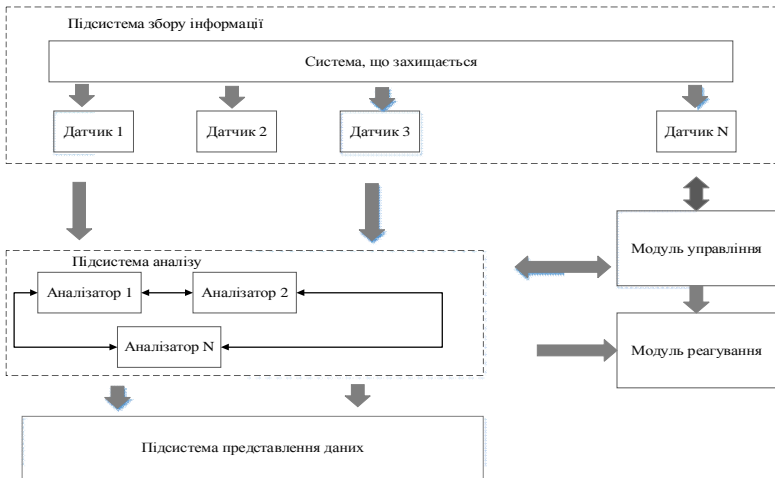


Рисунок 1 – Сучасна система виявлення вторгнень

Модуль керування дозволяє управляти компонентами СВВ, а також стежити за станом системи, що захищається.

Модуль реагування призначений для виконання визначених дій в разі встановлення факту атаки.

Одним з найскладніших компонентів СВВ є підсистема аналізу (виявлення порушень безпеки). Від її властивостей фактично залежить безпека мережі. Ефективність цієї підсистеми в значній мірі визначається можливостями використовуваного методу аналізу даних про стан системи. Нами були досліджені найбільш поширені методи виявлення порушень ІБ (табл. 1).

Таблиця 1 – Переваги та недоліки основних методів виявлення порушень інформаційної безпеки

| Метод                      | Переваги  | Недоліки   |
|----------------------------|---|--|
| Аналіз журналів реєстрації | – простота реалізації   | – зниження швидкодії для журналів великого обсягу;<br>– необхідна допомога фахівців;<br>– немає уніфікованого формату зберігання журналів;<br>– аналіз не в реальному часі;<br>– на кожен аналізований вузол необхідний свій агент |
| Статистичні методи         | – використання вже розробленого апарату математичної статистики | – не чутливі до порядку проходження подій;<br>– складність завдання порогових значень показників подій;<br>– «статистичні» системи можуть бути «навчені» порушниками   |

|                                |  |  |
|--------------------------------|--|--|
| Аналіз «на льоту»              | – один агент СВВ може переглядати цілий сегмент мережі;<br>– визначення атак в реальному масштабі часу;<br>– неможливість зловмисникові приховати сліди своєї діяльності | – підвищені вимоги до апаратного забезпечення (особливо в високошвидкісних мережах);<br>– неефективність роботи в комутованих мережах і мережах з каналним шифруванням |
| Профілі «нормальної поведінки» | – виявлення найменших відхилень від «нормальної» поведінки   | – велика складність побудови профілю   |
| Використання сигнатур          | – простота реалізації;<br>– визначення конкретної атаки з високою точністю і малою часткою помилкових спрацьовувань  | – нездатність виявлення нових атак і вторгнень;<br>– необхідність оперативного оновлення баз даних сигнатур;<br>– пропуски модифікацій відомих атак                    |

Останнім часом в СВВ почали використовувати технології інтелектуального аналізу даних, що дозволяють вирішувати слабоструктуровані та слабоформалізовані завдання, до яких відносяться і завдання виявлення порушень ІБ.

З цією метою найчастіше застосовують експертні системи, нечітку логіку, штучні нейронні мережі.

Порівняльний аналіз підходів до інтелектуального аналізу даних показує, що в кожному з них є як сильні, так і слабкі сторони. Це відображено в табл. 2, де балами позначено: 1 – погано, 2 – задовільно, 3 – добре.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика інтелектуальних методів аналізу вторгнень

| Характеристики          | Експертні системи | Нечіткі системи | Нейронні мережі |
|-------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| Подання знань           | 2                 | 3               | 1               |
| Нечіткі висновки        | 1                 | 3               | 3               |
| Адаптованість           | 1                 | 1               | 3               |
| Здатність навчання      | 1                 | 1               | 3               |
| Опис результату         | 3                 | 3               | 1               |
| Простота обслуговування | 1                 | 2               | 3               |

З таблиці видно, що доцільно використовувати гібридні засоби, в яких поєднуються переваги окремих інтелектуальних методів. Порівняння експертних систем (ЕС), нечітких систем і нейронних мереж дозволяє зробити висновок, що в підсистемі аналізу вторгнень краще поєднувати штучну нейронну мережу (ШНМ) або з експертними системами, або з підходом нечіткої логіки.

Тому можна виділити наступні варіанти застосування ШНМ в системах виявлення атак:

- 1) доповнення нейронною мережею існуючих експертних систем для зниження числа помилкових спрацьовувань, властивих ЕС;
- 2) нейро-нечіткі методи для виявлення вторгнень.

Основні положення теорії нечітких множин, що мають принципове значення для вирішення завдань виявлення порушень ІБ в сучасній їх постановці, досить докладно викладені в [3, 7], а також [4, 6]. Дійсно, апарат нечітких множин і нечіткої логіки застосовується для вирішення завдань, в яких вихідні дані слабо формалізовані.

Нечітка логіка дозволяє описувати правила в незавершеному, «розмитому» режимі на основі знань і ваг подій, що дозволяють припустити ймовірність атаки. В результаті можна працювати не з конкретними значеннями параметрів, а з їх якісними описами.

Ступінь належності елемента  $x \in X$  до нечіткої множини  $A$  описується його функцією належності  $m_A(x) : X \rightarrow [0;1]$ . При цьому можна виділити три випадки:

- 1)  $m_A(x) = 1$  означає повну належність елемента  $x$  до нечіткої множини  $A$ , тобто  $x \in A$ ;
- 2)  $m_A(x) = 0$  означає відсутність належності елемента  $x$  до нечіткої множини  $A$ , тобто  $x \notin A$ ;
- 3)  $0 < m_A(x) < 1$  означає часткову належність елемента  $x$  до нечіткої множини  $A$ .

Якщо повна множина  $X$  складається з скінченного числа елементів, тобто  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , то нечітку множину  $A$  можна представити в наступному вигляді:

$$A = \frac{m_A(x_1)}{x_1} + \frac{m_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{m_A(x_n)}{x_n} = \bigcirc_{i=1}^n \frac{m_A(x_i)}{x_i}.$$

Наведений запис має символічний характер. Знак «+» означає не додавання, а скоріше об'єднання. Запис  $\frac{m_A(x_i)}{x_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  означає, що  $m_A(x_i)$  відповідає елементу  $x_i$ , а не означає ділення.

Фактично запис  $\frac{m_A(x_i)}{x_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , означає пару  $\{x_i, m_A(x_i)\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Для формалізації неточних тверджень типу « $x$  майже дорівнює  $y$ » або « $x$  значно більше, ніж  $y$ » застосовують нечіткі відношення. Нечітким відношенням  $R$  між двома непорожніми множинами (чіткими)  $X$  і  $Y$  називається нечітка підмножина прямого декартового добутку  $X \times Y$ , яка визначається наступним чином:

$$R \subseteq X \times Y = \bigcirc_{x, y} \frac{m_R(x, y)}{x, y}.$$

Якщо знання представлені за допомогою нечітких множин та нечітких відношень, то для реалізації логічних висновків в нечіткому середовищі необхідно застосовувати сукупність правил. Тому системи нечіткої логіки мають такі основні особливості:

- правила прийняття рішень є умовними висловлюваннями типу «*IF ... THEN ...*», які реалізуються за допомогою механізму логічного висновку;
- замість одного чіткого узагальненого правила нечітка логіка оперує з множиною частинних правил для кожного локального набору даних, для кожної регулю-

ваної величини, для кожної цілі управління;

– правила типу «*IF... THEN...*» дозволяють ітераційно вирішувати завдання вибору в режимі діалогу з користувачем, що сприяє підвищенню ефективності цього процесу.

Процес обробки нечітких правил виводу в системі складається з чотирьох етапів:

1) обчислення ступеня істинності лівих частин правил (між «*IF*» і «*THEN*») – визначення ступеня належності вхідних значень нечітким підмножинам, зазначеним в лівій частині правил виведення;

2) модифікація нечітких підмножин, зазначених в правій частині правил виведення (після «*THEN*»), відповідно до значень істинності, отриманими на першому етапі;

3) об'єднання (суперпозиція) модифікованих підмножин;

4) скаляризації результату суперпозиції – перехід від нечітких підмножин до скалярних значень.

До основних переваг нечіткої логіки відносяться:

- можливість оперування нечіткими вхідними даними;
- можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння;
- можливість проведення якісних оцінок як вхідних даних, так і вихідних результатів;
- можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем та їх порівняльного аналізу із заданим ступенем точності.

Недоліком нечітких систем є те, що зі збільшенням вхідних змінних складність обчислень збільшується експоненційно, в результаті збільшується база правил, що призводить до складності її прийняття.

Більш перспективним підходом для виявлення атак є об'єднання можливостей нейронних мереж і нечіткої логіки, оскільки нечіткі ШНМ поєднують переваги ШНМ і нечіткої логіки, що спираються на досвід експертів в області ІБ. Саме нечітка логіка найкращим чином доповнює нейронні мережі, компенсуючи дві основні «непрозорості» ШНМ: в поданні знань і поясненні результатів роботи інтелектуальної системи. Нечіткі ШНМ дозволяють вирішувати не тільки окремо взяті завдання ідентифікації загроз, зіставлення поведінки користувачів з наявними в системі шаблонами, але і автоматично формувати нові правила при зміні загроз.

Застосування нечітких нейронних мереж в СВВ забезпечує: функціональну стійкість; можливість класифікації загроз; опис відповідності «загрози – механізми захисту» у вигляді системи нечітких предикатних правил; адаптивність нейро-нечітких систем захисту інформації (системи нечітких правил) [5].

Нехай існує невідома цільова залежність – відображення  $y^* : X \otimes Y$ , значення якого відомі тільки на об'єктах навчальної вибірки  $X^r = [(x_1, y_1), \dots, (x_r, y_r)]$  розмірністю  $r$ . Застосування нейро-нечіткої системи дозволяє апроксимувати невідоме відображення у вигляді алгоритму  $a : X \otimes Y$ , здатного ідентифікувати подію ІБ по вектору його ознак і визначити захисні дії.

Для цього використовується множина нечітких правил  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$  виду:



$R_1$ : якщо  $x_1 \hat{A}_1^1$  і  $\dots$   $x_n \hat{A}_1^n$ , то  $Y \in y_1$ ,

$R_2$ : якщо  $x_1 \hat{A}_2^1$  і  $\dots$   $x_n \hat{A}_2^n$ , то  $Y \in y_2$ ,

...

$R_k$ : якщо  $x_1 \hat{A}_k^1$  і  $\dots$   $x_n \hat{A}_k^n$ , то  $Y \in y_k$ ,

де  $x_i \hat{A}_k^i$  – відповідні нечіткі множини,  $k = k_1, k_2, \dots, k_n$ .

Структурна модель СВВ, що включає нейро-нечітку систему для ідентифікації події ІБ, показана на рис. 2.

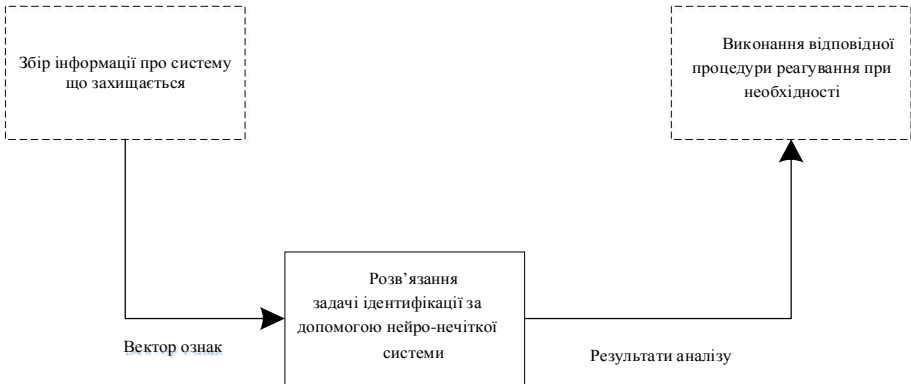


Рисунок 2 – Структурна модель системи виявлення вторгнень

Нейро-нечітка система являє собою ШНМ (рис. 3), яка є адаптивним функціональним еквівалентом нечіткої моделі виведення [2]. Знання кваліфікованих фахівців в області ІБ, представлені у формі нечітких змінних і нечітких правил, відображаються в структурі нейро-нечіткої мережі.

Основні етапи нечіткого логічного висновку розподілені по шарам ІНС і реалізуються, наприклад, для мережі з двома входами  $x_1, x_2$  і одним виходом у такий спосіб:

- введення нечіткості виконується шаром вхідних функцій належності  $m_{A_1^1} - m_{A_1^2}, m_{A_2^1} - m_{A_2^2}$ , які здійснюють перетворення кожного з чітких вхідних значень  $x_1$  і  $x_2$  в ступінь істинності відповідної передумови для кожного правила;

- нечіткому логічному висновку відповідає шар нечітких правил  $R_1 - R_6$ , який за ступенем істинності передумов,  $m_{A_1^i}, m_{A_2^i}, i = 1, 2, 3$  формує висновки щодо кожного з правил;

- композиція висновків нечітких правил  $R_1 - R_6$  проводиться шаром вихідних функцій приналежності,  $m_{B_1}, m_{B_2}$  (output membership functions) з метою формування нечітких підмножин  $B_1, B_2$ ;

- композиція нечітких підмножин  $B_1, B_2$  і приведення до чіткості виконується в вихідному шарі і призводить до формування вихідного чіткого значення у.

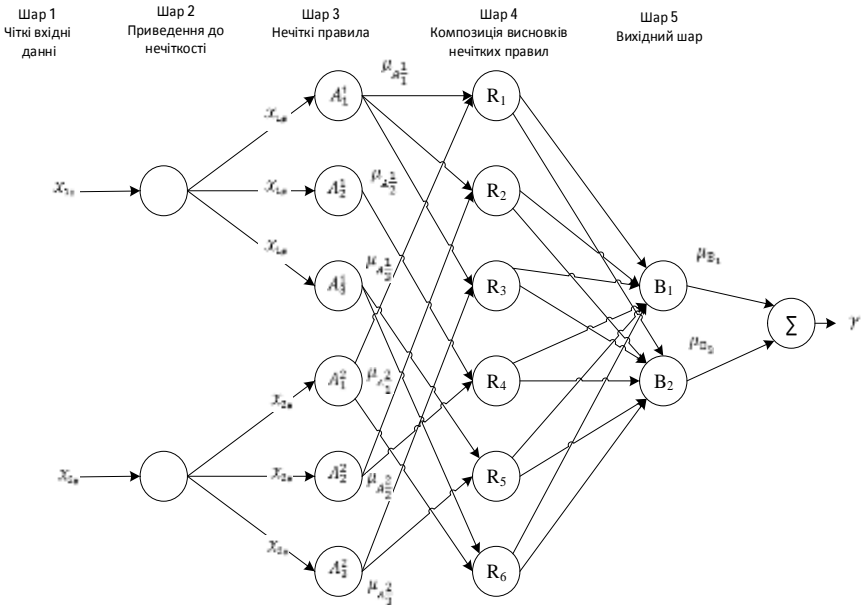


Рисунок 3 – Нейро-нечітка мережа

Оскільки в архітектурі нейро-нечіткої системи використовуються нечіткі правила, засновані на знаннях експертів в області захисту інформації, то для навчання ШНМ доцільно вибрати метод навчання з учителем, наприклад, метод мінімізації середньоквадратичної помилки. Його переваги полягають в можливості широкого використання і математичній простоті. В якості функцій активації нейронів краще вибрати сигмоїдальні, а в якості функцій належності можна вибрати, наприклад, Z-образні і S-образні функції.

Навчання нечіткої ШНМ дозволяє не тільки налаштувати ваги зв'язків (тобто відкоригувати достовірність окремих нечітких правил), але і усунути суперечливість системи нечітких правил в цілому. У разі відсутності апріорної інформації по даній предметній області, але при достатньому обсязі навчальної вибірки нейро-нечітка мережа автоматично перетворює приховані в даних навчальної вибірки закономірності в систему правил нечіткого логічного висновку.

Таким чином, застосування нейро-нечіткої системи є найкращим варіантом побудови модулю виявлення атак СВВ, який буде проводити аналіз даних, отриманих від підсистеми збору інформації, і повідомляти про виявлення несанкціонованих дій, підтверджуючи факт наявності вторгнення або атаки.

#### Список посилань:

1. Allen J., Christie A., Fithen W. et al. State of Practice of intrusion detection technologies. Technical Report CMU/SEI-99-TR-028. Carnegie Mellon Software Engineering Institute. – 2000.

2. Булдакова Т. И., Джалолов А. Ш. Выбор технологий Data Mining для систем обнаружения вторжений в корпоративную сеть // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – Вып. 11. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/security/987.html>
3. Зегжда Д. П., Ивашко А. М. Основы безопасности информационных систем. – М.: Горячая линия–Телеком. – 2000. – 452 с.
4. Куприянов А. И., Сахаров А. В., Шевцов В. А. Основы защиты информации. – М.: Издательский центр «Академия». – 2006. – 256 с.
5. Лахно В. А., Петров А. С., Скрипкина А. С. Построение дискретных процедур распознавания и поиска уязвимостей информации // Информационная безопасность, 2010. – № 2 (4). – С. 5–13.
6. Малюк А. А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации. – М.: Горячая линия–Телеком. – 2004. – 280 с.
7. Мараква І. І., Рибак А. І., Ямпольський Ю. С. Захист інформації. Криптографічні методи. – Одеса, 2001. – 175 с.
8. Федотов А. М. Информационная безопасность в корпоративной сети // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНТИ, 2008. – № 2. – С. 88–101.
9. Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2008. – 416 с.

#### СИМУЛЯЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА «ТВЕРДОЕ ТЕЛО – ЖИДКОСТЬ» МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

**Сергей Бурьян<sup>1</sup>**, Николай Исаев<sup>1,2</sup>, Мишель Градек<sup>2</sup>, Фабрис Лемуа<sup>2</sup>,  
Константинос Терментзидис<sup>2</sup>, Леонид Булавин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,  
ул. Владимирская, 64/13, 01601 Киев, Украина*

<sup>2</sup> *Laboratoire LEMTA – Université de Lorraine – CNRS UMR 7563, Faculté des Sciences  
et Technologies, BP 70239, 54506 Vandoeuvre les Nancy cedex, France*

В работе представлено метод определения параметров потенциала взаимодействия для симуляции методами молекулярной динамики между твердой подложкой и флюидом, находящимися в контакте. Для того, чтобы избежать явлений характерных для нанофлюидов, таких как поправка Толмана и линейное натяжение, было рассмотрено цилиндрическую каплю. Показано, что полученная таким образом параметризация, может быть использована для описания смачивания поверхности жидкостью и для симуляции теплового транспорта через такого рода интерфейсы.

**Ключевые слова:** молекулярная динамика, теплообмен, наноматериалы и технологии, интерфейс «твердое тело – жидкость», капиллярные явления.

## MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF THE INTERFACE “SOLID STATE – LIQUID”

**Sergii Burian**<sup>1</sup>, Mykola Isaiev<sup>1,2</sup>, Michel Gradeck<sup>2</sup>, Fabrice Lemoine<sup>2</sup>,  
Konstantinos Termentzidis<sup>2</sup>, Leonid Bulavin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics, Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601

<sup>2</sup> Laboratoire LEMTA – Université de Lorraine – CNRS UMR 7563, Faculté des Sciences et Technologies, BP 70239, 54506 Vandoeuvre les Nancy cedex, France

**Annotation:** In the paper the efficient technique for the evaluation of the parameters of the interactional potential between solid state substrate and fluid for the molecular dynamics simulation. We considered cylindrical cap droplet to avoid influence of the phenomena characterized for nanoscale fluid, such as Tolman length and line tension. It is shown, that the obtained parametrization can be applied to describe wetting phenomena and for simulation of thermal transport across the interface.

**Keywords:** molecular dynamics, thermal transport, nanomaterials and technologies, interface “solid state – liquid”, capillary phenomena.

Для развития энергосохраняющих технологий важным является возможность регулировки теплообмена между разными средами, которые могут находиться в различных агрегатных состояниях. Например, для увеличения эффективности теплопередачи в радиаторах необходимо улучшать теплообмен. Как увеличение, так и уменьшение теплообмена может быть обеспечено современными нанотехнологиями, в частности структурированием и покрытиями контактирующих сред.

Поскольку изготовления большего количества разного рода наноструктурированных и экспериментальной проверки материалов является трудоемким и дорогостоящим процессом, важную роль играет развития методов математического моделирования. В частности, методы молекулярной динамики дают возможность описать поведение вещества с первых принципов. Стоит отметить, что для таких симуляций важным является значения потенциала взаимодействия между взаимодействующими системами. Соответственно, определение параметров потенциала – это существенный шаг для последующей симуляции.

В данной работе предложен эффективный метод определения параметров потенциала взаимодействия между жидкостью и твердым телом, находящимся в контакте. Этот метод базируется на аппроксимации полученного методом молекулярной динамики угла смачивания капельки на поверхности твердого тела с экспериментальным. Для того чтобы избежать эффектов, характерных для наноразмерных флюидов, таких как линейное натяжение и поправка Толмана, было предложено рассмотреть цилиндрическую капельку. Показано, что полученная таким образом параметризация дает возможность описать процессы смачивания поверхности и поведение интерфейса на макроуровне. В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы для симуляции теплового транспорта через интерфейс «твердое тело – жидкость».

Наукове видання

First International Conference on Nuclear Decommissioning  
and Environment Recovery

**Перша Міжнародна конференція  
«Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної  
енергетики та відновлення оточуючого середовища»**

**INUDECO'16  
25-27 квітня 2016**

**Збірка матеріалів**

Відповідальність за зміст представлених доповідей  
та наукових статей несуть автори

Технічний редактор *О. П. Толкач*  
Комп'ютерна верстка *О. П. Толкач*  
Коректор *О. П. Толкач*

Підписано до друку 20.05.2016 р.  
Формат 60<sup>×</sup>84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Гарнітура Times New Roman  
Умов. друк. арк. 18.02. Обл.-вид. арк. 15,15.  
Наклад 100 прим. Замовлення № ...

Видавництво.....  
Свідоцтво про внесення .....

Підготовлено до друку у Славутицькій філії НТУУ «КПІ»  
вул. Героїв Дніпра, 6, м. Славутич, Київської обл., 07101, Україна