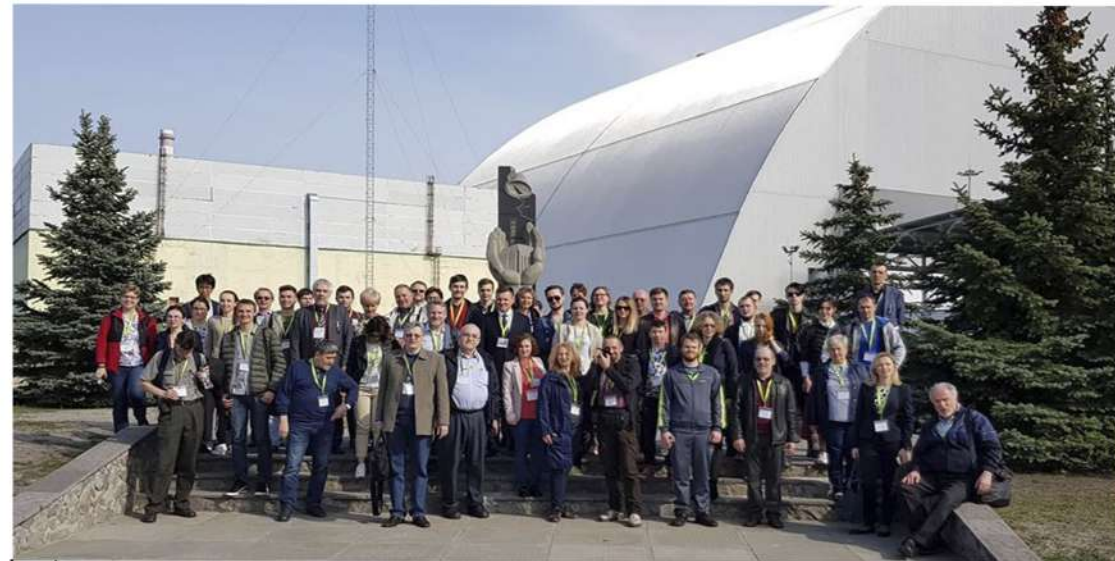




**V Міжнародна конференція  
ПРОБЛЕМИ ЗНЯТТЯ  
З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА  
INUDECO 2020 в режимі онлайн  
(27-29 квітня 2020 року, м. Славутич)**

**Fifth International Conference  
on Nuclear Decommissioning  
and Environment Recovery  
Online on 27-29 April 2020  
INUDECO 2020**



СЛАВУТИЦЬКА МІСЬКА РАДА  
КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**V МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ПРОБЛЕМИ ЗНЯТТЯ  
З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ  
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА  
INUDECO 2020 в режимі онлайн**

(27–29 квітня 2020 року, м. Славутич)

**Fifth International Conference  
on Nuclear Decommissioning  
and Environment Recovery  
INUDECO 2020**

Online on 27-29 April 2020

Збірник матеріалів

Чернігів  
ЧНТУ  
2020

УДК 621.039  
П78

Друкується за рішенням від 16.04.2020 № 144 «Про внесення змін до рішення виконавчого комітету Славутицької міської ради від 30.01.2020 № 25 «Про проведення V Міжнародної конференції INUDECО 2020».

**Проблеми** зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення П78 навколишнього середовища (INUDECО 2020) в режимі онлайн: збірник матеріалів V Міжнародної конференції (27–29 квітня 2020, м. Славутич). – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – 268 с.

Збірник матеріалів V Міжнародної конференції «Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики і відновлення навколишнього середовища», що пройшла 27-29 квітня 2020 року в режимі онлайн за організації виконавчого комітету Славутицької міської ради Київської області. Конференція мала на меті розгляд проблем і перспектив, підвищення рівня ефективності науково-практичних досліджень, налагодження співпраці та обміну досвідом у сфері зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики й поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом.

Збірник призначений для вчених і фахівців з атомної енергетики та промисловості.

У збірнику представлені тези доповідей конференції. Конференція організована за підтримки виконавчого комітету Славутицької міської ради Київської області; Державного агентства України з управління зоною відчуження, Державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська атомна електростанція»; Інституту проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України; Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

Це видання надруковано за сприяння КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради Київської області.

ISBN 978-617-7571-78-9

### **Програмний науковий комітет (Оргкомітет)**

#### **Співголова оргкомітету**

Фомічев Юрій Кирилович – міський голова м. Славутича

#### **Співголова оргкомітету**

Носовський Анатолій Володимирович – директор Інституту проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України

#### **Заступник голови оргкомітету**

Линкевич Олександр Бернатович – заступник міського голови з питань діяльності виконавчих органів ради

Савельєв Максим Володимирович – науковий співробітник Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

#### **Члени оргкомітету:**

Калашник Сергій Васильович – голова Державного агентства України з управління зоною відчуження

Сейда Валерій Олександрович – перший заступник генерального директора ДСП «Чорнобильська АЕС»

Литвинов Віталій Васильович – голова Чернігівського осередку АТН України

Морозов Анатолій Олександрович – Президент Академії технологічних наук України

Шикун Віталій Анатолійович – директор ВП «Атомремонтсервіс»

УДК 621.039

ISBN 978-617-7571-78-9

## ЗМІСТ

<i>Dr Peter Krzystek, Dr Norbert Molitor, MSc Sebastian Briechle, Dr Dimitri Bugai, Valeriy Antropov, Oleksandr Tretiak, Yurii Zabulonov</i> UAV-based mapping of vegetation and contamination in the Chernobyl exclusion zone – new developments and future prospects.....	7
<i>Petr Štemberk, Yuliia Khmurovska</i> Бетон в качестве защиты от влияния активной зоны ядерного реактора.....	8
<i>Dr Andreas Wetzig, Dr Patrick Herwig, Dr Achim Mahrle, Dr Norbert Molitor, Dr Viktor Krasnov</i> Laser cutting – an option for segregation of corium and lava type fcm.....	19
<i>Балан О.В., Брилка С.Г., Дерензовський В.В., Павловський Л.І., Рудько В.М., Хоменко Д.О.</i> Проблеми, які пов'язані з виступаючими частинами об'єкта укриття. Варіанти вирішення.....	22
<i>Бегун В.В., Бегун С.В.</i> Случайность и закономерность (историческая реконструкция причин аварии на ЧАЭС) .....	25
<i>Березин Виктор</i> Очистка радиоактивных вод на атомных электростанциях .....	35
<i>Бовкун А.О., Доля М.М., Кленко А.В.</i> Радіаційна обробка сільськогосподарської продукції як метод боротьби з мікотоксинами .....	43
<i>Бондарь Ю.В., Кузенко С.В., Сливинский В.М.</i> Ферроцианидный сорбент на основе клиноптилолитового туфа для селективного извлечения радионуклидов цезия из водных растворов с высоким солесодержанием .....	52
<i>Бурмака Иван Анатолійович</i> Архітектура розподіленої системи виявлення вторгнень на основі blockchain технології .....	54
<i>Высотский Е.Д., Савельев М.В., Годун Р.Л., Дорошенко А.А., Сущенко К.А.</i> Ядерная безопасность системы ОУ-НБК.....	60
<i>Гаврилін Антон, Ланських Федір</i> Технології тривимірною моделювання та візуалізації як інструмент прийняття рішень при знятті з експлуатації ЧАЕС .....	64
<i>Гедзь О. В.</i> Системи «розумний будинок» для багатоповерхових будинків.....	66
<i>Гріза В.А.</i> Культурологічна методика та креативний інструментарій гальмування інерції ментальної травми у постапокаліптичних спільнот.....	69

<i>Dorosh Mariia, Voitsekhovska Mariia</i> Information security culture wide-scale implementation model.....	73
<i>Жиганюк І.В., Габелков С.В., Кудлай В.Г., Пархомчук П.Є., Чиколовець С.О.</i> Фазовий склад чорної кераміки лавоподібних паливовмісних матеріалів НБК-ОУ .....	78
<i>Zinchenko Andrij</i> Financing community sustainability projects via cooperatives and crowdfunding.....	83
<i>Казимиров А.С., Беккер Б.И., Евсеев В. Р., Иевлев С.М., Качалин И.Г., Краснов В.А., Чорный Е.В.</i> Методические и технические средства контроля радиоактивных отходов.....	87
<i>Коваленко Андрій, Сакаль Оксана</i> Проблематика кліматичних змін і стратегічна екологічна оцінка документів державного планування .....	97
<i>Коваленко І.О., Панасюк М.І., Скорбун А.Д., Онищенко І.П.</i> Визначення впливу основних іонів на міграційну здатність <sup>90</sup> Sr за даними радіогідроекологічного моніторинга комплексу НБК –ОУ.....	101
<i>Ковальчук І.А., Корнілович Б.Ю., Тобілко В.Ю., Бащак О.Є., Спасьонова Л.М.</i> Очищення підземних вод від радіоактивних забруднень органіфілізованими глинами .....	103
<i>Корнєва Ольга Андріївна</i> Огляд існуючих проектів SMR і аналіз перспектив їх використання в Україні .....	105
<i>Круковський Павло, Склярєнко Дмитро, Дядюшко Євгеній, Кондратенко Сергій</i> Аналіз неорганізованого повітрообміну нового безпечного конфайнменту з оточуючим середовищем (попередні результати моделювання за експлуатаційними даними).....	109
<i>Кряжич Ольга, Коваленко Олександр</i> Дослідження деяких особливостей міграції тритію в навколишньому середовищі .....	118
<i>Ланських Ф. В.</i> Зняття з експлуатації водоймища-охолоджувача ЧАЕС .....	122
<i>Lytvynov Vitali, Grebennik Alla, Burmaka Ivan</i> Analysis of systems and methods of intrusion detection .....	124
<i>Литвинов В.В., Трунова О.В., Гребенник А.Г.</i> Модель адаптивного управління безпекою корпоративної мережі .....	138
<i>Максимов Антон, Новосад Олександр</i> Інформаційна технологія і системи аналітичної обробки множинних даних.....	142

<b>Мамчич Ю. Р.</b> Дослідження та аналіз впливу карстово-суфозійних процесів на території та споруди РАЕС.....	145
<b>Машиністов В.Є., Балакін В.Ф., Коверя А.С.</b> Практичні аспекти реабілітації радіоактивно забруднених територій на основі ефекту самодезактивації .....	162
<b>Нехай Валентин</b> Особливості автоматизації системи оперативного управління сільськогосподарських підприємств .....	175
<b>Новіков А. М.</b> Оцінка швидкості осадження <sup>137</sup> CS за експериментальними даними, отриманими після чорнобильської аварії .....	179
<b>Панасюк М.І., Сосонна Н.В., Левін Г.В., Люшня П.А., Іванова В.Е., Онищенко І.П.</b> Принципи вдосконалення мережі спостережних свердловин радіогідроекологічного моніторингу ділянок розміщення СВЯП-2 та НБК – ОУ Чорнобильської АЕС.....	181
<b>Паскевич С.А., Шинкаренко В.К., Меньшенін Є.А.</b> Дослідження осадження гарячих часток на поверхні листя деревних рослин, що виростили в межах водойми-охолоджувача .....	184
<b>Присяжнюк А.Є., Базика Д.А., Гудзенко Н.А., Фузік М.М., Троцюк Н.К., Федоренко З.П., Гулак Л.О., Рижов А.Ю., Бабкіна Н.Г., Хухрянська О.М., Горох Є.Л., Даневич С.А.</b> Результати 30-річного моніторингу злоякісних новоутворень у мешканців забруднених радіонуклідами територій, суміжних із Чорнобилем.....	188
<b>Розко А.М., Федоренко Ю.Г.</b> Вплив складу геополімерів на міцність компаундів при цементуванні РРВ.....	190
<b>Рубан Ю. В.</b> Перспективи використання мікроорганізмів з пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів.....	192
<b>Савельєв М.В., Краснов В.А., Евстигнеев А., Пантин М.А.</b> Измерение мощности экспозиционной дозы над объектом «укрытие» после сдачи нового безопасного конфаймента .....	194
<b>Сіненко Б.В., Ілєнко В.В.</b> Від Чорнобиля до марса: використання біоти забруднених територій ЧЗВ для колонізації Марсу .....	197
<b>Скакаліна О.В.</b> Енергетичний менеджмент видобутку традиційних видів енергоносіїв .....	200
<b>Сосонна Н.В.</b> Застосування методів гіс-технологій для вирішення задач радіогідроекологічного моніторингу на території проммайданчика ЧАЕС.....	215

<b>Старовойтова Арина</b> Туризм та промоція як точка росту Славутича: потенціал та виклики.....	217
<b>Стельмах Дмитро Анатолійович, Шумилова Людмила Євгенівна</b> , Переведення паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» в контрольований стан.....	228
<b>Stetsenko Inna, Skiter Igor</b> Simulation of the dissemination of cyber attacks in a distributed information system .....	230
<b>Тарасенко В.А.</b> Об'єктова автоматизована система радіаційного контролю цсвпяп. взаємодія з аскро чорнобильської зони .....	242
<b>Фомічев Юрій</b> Демократія участі та інструменти впровадження на місцевому рівні.....	245
<b>Черниш Є.Ю., Плячук Л.Д., Азаров С. І., Tsutsumiuchi С.</b> Утилізація радіоактивних відходів в енергетичних цілях .....	254
<b>Шинкаренко В.К., Кашипур В.О., Скоряк Г.Г., Свирид О.А.</b> До сплеску активності <sup>137</sup> CS в повітрі під об'єктом Арка після часткового обвалення конструкцій в приміщенні 805/3 ЧАЕС.....	257
<b>Шинкаренко В.К., Паскевич С.А., Талерко М.М., Городецький Д.В.</b> Авторадіографічні дослідження зразків мулу з водойми-охолоджувача ЧАЕС .....	261
<b>Юдин С. С. Стельмах Д. А.</b> Создание энергетического кластера Чернобыльской АЭС .....	265

## UAV-BASED MAPPING OF VEGETATION AND CONTAMINATION IN THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE – NEW DEVELOPMENTS AND FUTURE PROSPECTS

*Dr Peter Krzystek, Dr Norbert Molitor, MSc Sebastian Briechle, Dr Dimitri Bugai, Valeriy Antropov, Oleksandr Tretiak, Yurii Zabulonov*

**Abstract:** To date, the exact locations of numerous radioactive waste sites in Chernobyl Exclusion zone (ChEZ) are unknown. As an alternative to airborne gamma spectrometry and visual ground inspection, UAV-based LiDAR and multispectral imagery are promising technologies to locate the burial sites. The paper reports on the main outcomes of two airborne remote sensing missions that have been conducted in November 2017 and April 2018. Mounted on an octocopter, the YellowScan Mapper I instrument and two RedEdge multispectral cameras were used to generate LiDAR and photogrammetric point clouds. Additionally, a RedEye gamma spectrometer captured gamma radiation from the UAV. For local verification, 38 test soundings (i.e. drilling and gamma logging exploratory drill holes on terrain) were performed in the detected burials. The methods to detect the trenches and clamps are based on new machine learning techniques. For three representative study areas, the mean overall accuracy is 98.2% when using area-wide test data. Finally, the detection results are verified through 38 soundings that successfully confirm the existence of previously unknown buried nuclear materials in classified areas.

**Keywords:** *Chornobyl accident consequences, contamination mapping (UAV based), burial detection (UAV based), data processing with machine learning, Radioactive Waste Temporary Storage Places (RWTSP), Sensing (UAV based) , Vegetation mapping (UAV based),*



# БЕТОН В КАЧЕСТВЕ ЗАЩИТЫ ОТ ВЛИЯНИЯ АКТИВНОЙ ЗОНЫ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

*Petr Štemberk, Yuliia Khmurovska*

## **Введение**

Бетон в шахте реактора атомных электростанций выполняет две основные функции. Во-первых, несущая функция, т. е. бетонные конструкции представляют собой опору корпуса реактора. Во-вторых, защитная функция, т. е. бетонные конструкции служат биологической защитой и предотвращают возможное дальнейшее распространение ионизирующего излучения. В связи с тем, что нейтронное и гамма излучения приводят к изменениям в структуре бетона в виде усадки цементного камня и радиационного разбухания заполнителя, несущие и защитные свойства бетона ухудшаются во время эксплуатации реактора. Образовавшиеся трещины снижают прочность и модуль упругости несущего бетона, а сами трещины обеспечивают более глубокое проникновение излучения в бетон и, возможно, за пределы защитных бетонных конструкций. По этой причине в некоторых типах реакторов несущая функция отделена от защитной и бетонные конструкции, выступающие в качестве биологической защиты, рассматриваются как жертвенные конструкции. Для некоторых типов реакторов эти функции не разделены, и возникают трудности с оценкой остаточных свойств бетона и принятием решения о продлении лицензии на эксплуатацию таких атомных электростанций. Кроме того, бетон в нижней части шахты реактора служит защитой от попадания расплавленной активной зоны (кориума) за пределы герметичной оболочки ядерного блока в случае тяжелой ядерной аварии. Во время контакта с кориумом и последующего плавления бетон подвергается воздействию очень высоких температур, а также ионизирующего излучения. В этой статье кратко обсуждается проблематика использования бетона в этих экстремальных средах, а также уровень современных знаний в этой области.

## **Биологическая защита активной зоны реактора**

Бетонная биологическая защита активной зоны реактора служит для защиты людей и окружающей среды от воздействия ионизирующего излучения, образующегося в ходе эксплуатации

ядерного реактора. В большинстве реакторах с водой под давлением и кипящих водо-водяных реакторах, бетонная стена биологической защиты комбинирует защитную и несущую функции и является также опорой корпуса реактора, см. Рис. 1. Влияние ионизирующего излучения на изменения поведения бетонных несущих стен под нагрузкой строго контролируется и исследуется особенно в сейсмических районах, например в Японии. В реакторах с водой под давлением типа ВВЭР бетонная стена биологической защиты и несущие бетонные конструкции отделены. Данный подход является очень предусмотрительным, поскольку для защитного бетона требуется иной состав, чем для несущего бетона. В данном случае защитный бетон можно рассматривать как жертвенный материал, который дополнительно заключен в стальную облицовку, которая удерживает бетон, поврежденный ионизирующим излучением, в проектном положении, тем самым предотвращая проникновение ионизирующего излучения.

Защитные свойства и долговечность бетона под воздействием ионизирующего излучения исследовались еще до запуска первых коммерческих энергетических реакторов, то есть в 1950–1980-х годах. Исследования в области материаловедения были сосредоточены, главным образом, на изучении изменения механических свойств и объема строительных материалов. Измерения проводились в исследовательских реакторах в ускоренном режиме, где облучение длилось несколько месяцев или лет, пытаясь смоделировать условия в бетоне при нормальной эксплуатации атомной электростанции. Однако ускоренное облучение в исследовательских реакторах имеет отличный от атомных электростанций энергетический спектр ионизирующего излучения и в основном сопровождается значительно более высокими температурами, которые вызваны высокой энергией излучения. Таким образом температура во время ускоренных экспериментов варьировалась в пределах сотен градусов Цельсия, тогда как температура бетона биологической защиты обычно не превышает сорока-шестидесяти градусов Цельсия в ходе нормальной эксплуатации атомной электростанции. Данные существенные различия в спектре ионизирующего излучения и температуры создали неопределенность в оценке срока службы облученных бетонных элементов и конструкций.

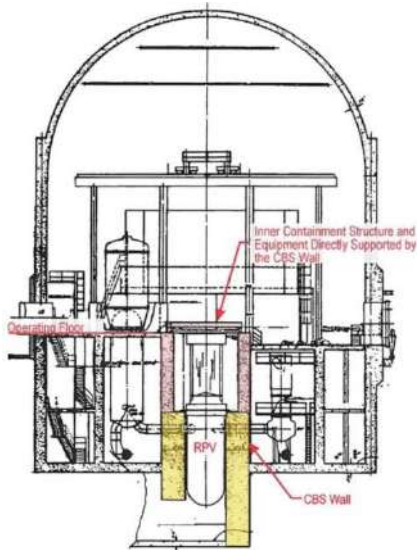


Рис. 1 Общее устройство герметической оболочки реактора с водой под давлением, стена биологической защиты обозначена желтым [1]

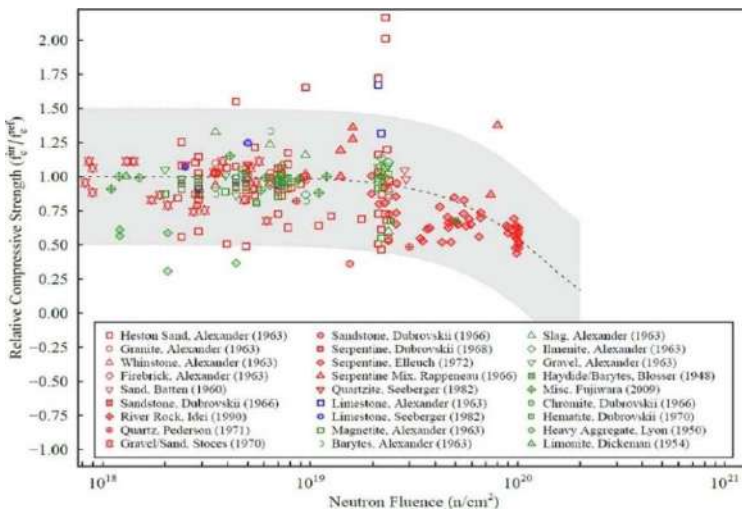


Рис. 2 Изменение прочности на сжатие в зависимости от флюенса нейтронов [2]

На Рис. 2 и 3 показано качество, т.е. разброс, существующих экспериментальных данных, полученных с помощью самостоятельных экспериментов, проведенных на исследовательских реакторах по всему миру. Несмотря на большой разброс полученных результатов, вызванных, например, различной температурой облучения, четко прослеживается тенденция к значительному снижению механических свойств и увеличению объема строительных материалов с увеличением интегральной поглощенной дозы нейтронного излучения (флюенса).

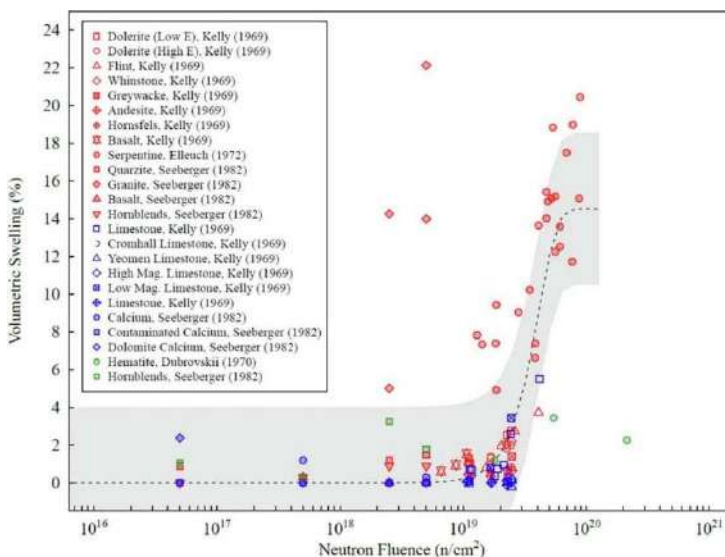


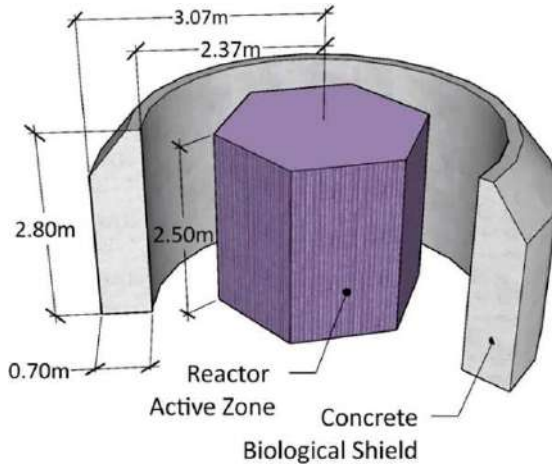
Рис. 3 Объемное разбухание горных пород в зависимости от флюенса нейтронов [2]

Результаты показанные на Рис. 2 и 3 вместе с результатами, которые публикуются в ходе проведения экспериментов, используются для численного моделирования. Основная цель таких численных симуляций состоит в оценке времени необходимого для повреждения бетонных конструкций, чтобы, основываясь на расчетах, можно было подтвердить решение о

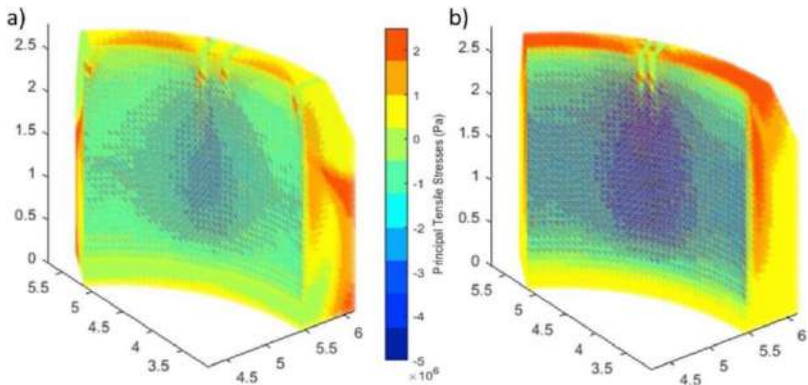
продлении лицензии на эксплуатацию атомной электростанции. Важным аспектом проверки состояния бетона на атомных электростанциях является то, что физически добраться до облученного бетона практически невозможно, и по соображениям безопасности его нельзя извлечь из конструкций для механических испытаний ни в обычной лаборатории, ни в горячей камере, а следовательно численное моделирование проводить необходимо. Примером такого численного моделирования является исследование бетона биологической защиты атомной электростанции с реакторами типа ВВЭР 440/213. Этим типом реактора в Чехии оснащена атомная электростанция Дукованы, ее блоки были введены в эксплуатацию в период с 1985 по 1987. Их первоначальный проектный срок службы составлял 30 лет. В данный момент срок службы продлен на неопределенный срок и зависит от результатов проверок, приводящихся каждые 10 лет. Следующая планируемая проверка будет проходить с 2025 по 2027 год.

Геометрия бетонной биологической защиты и форма активной зоны реактора показаны на Рис. 4. Разработанная численная модель учитывает фактическое распределение флюенса нейтронов по внутренней поверхности бетонной биологической защиты, затухание флюенса нейтронов по глубине конструкции, эффект нагрева гамма-излучением, эффект ползучести и повреждение бетона. Результатом является распределение напряжений по анализируемой бетонной конструкции, которое показывает возможность возникновения радиальных трещин на наиболее напряженном участке, расположенном в верхней скошенной части конструкции биологической защиты, см. Рис. 5. Такие трещины могут возникать примерно после 15 лет нормальной эксплуатации атомной электростанции, но не представляют опасности, так как сразу за скошенной частью конструкции биологической защиты находится антисимметричный бетонный элемент (клин в поперечном сечении), поглощающий проникающие излучение. Гипотетически, подобные трещины могут возникнуть и в этом элементе, однако толщина несущей бетонной стены находящейся за анализируемой защитной конструкцией составляет 2.6 метра, и, кроме того, проникновение нейтронов

возможно только локально, в местах образования трещин, поэтому влияние облучения на несущую стену считается пренебрежительно малым.



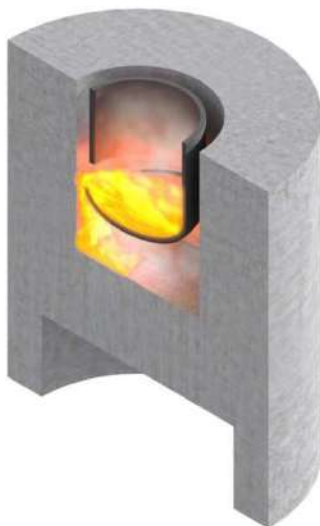
*Рис. 4 Бетонная биологическая защита и активная зона реактора [3]*



*Рис. 5 Распределение напряжений в бетонной биологической защите [3], а) без учета температуры и ползучести, б) с учетом температуры и ползучести*

## **Проплавление корнума сквозь бетонное дно шахты реактора**

Еще одним примером защиты окружающей среды от воздействия радиации с помощью бетонных конструкций является ситуация, в которой активная зона реактора не может быть эффективно охлаждена и, следовательно, плавится. Топливо и внутренняя часть корпуса реактора превращаются в радиоактивный расплав, называемый корнумом, температурой около 2300°C. В настоящее время существует два подхода к решению этой ситуации. Первый подход называется IVR (In-Vessel Retention), при котором делается попытка локализовать расплавившуюся активную зону в пределах корпуса реактора с помощью его наружного охлаждения. Второй подход называется EVR (Ex-Vessel Retention), см. Рис. 6, в котором считается что корпус реактора может проплавиться и далее необходимо удержать корнум в пределах герметичной оболочки реакторного блока. При таком подходе взаимодействие между корнумом и бетоном играет существенную роль.



*Рис. 6 Визуализация момента разлития корнума на бетонное дно шахты реактора [4]*

Из-за высокой температуры кориума бетонная плита и боковые стены шахты реактора постепенно плавятся и, из-за различий в плотностях кориума и расплавленного бетона, расплавленный бетон перемещается к поверхности расплава. Все это происходит при интенсивном перемешивании из-за выделения газов, в частности углекислого газа и водорода. Во время перемешивания кориум расслаивается на верхний металлический и нижний оксидный слой, состоящий из оксидов урана. Такая стратификация приводит к еще более эффективному плавлению бетонной плиты, в связи с тем, что тяжелый оксидный слой обладает более высокой температурой и радиационной активностью. Более легкий металлический слой с высокой теплопроводностью эффективно распределяет тепло по сторонам, тем самым повреждая бетонные стены шахты реактора.

Экспериментальные исследования взаимодействия бетона с радиоактивным кориумом невозможны даже в уменьшенных масштабах по соображениям безопасности, поэтому подобные эксперименты проводятся только с использованием так называемого холодного тигля с нерадиоактивными материалами, которые проливаются на бетонную поверхность. В этих экспериментах используется расплав весом в несколько килограммов, в то время как в реальной аварии вес кориума составляет более ста тонн. Поэтому взаимодействие кориума с бетоном, а именно плавление и смешивание кориума с бетоном, а также механический отклик железобетонной конструкции шахты реактора, обычно моделируется численно, см. Рис. 7.

На Рис. 8 показан пример распределения напряжения в оставшейся несущей части бетонного дна (плиты перекрытия) шахты реактора, из которого видно, что скорость плавления бетона в местах заделки плиты более высокая. Это связано с появлением трещин в растянутой зоне, которые позволяют горячему кориуму проникать глубже в несущий материал, где он дополнительно повреждает растянутую арматуру, которая перестает быть несущей. В центре бетонного дна повреждения видны на нижней растянутой поверхности. На Рис. 9 показано статическое воздействие бетонной плиты перекрытия дна шахты реактора непосредственно перед ее разрушением.



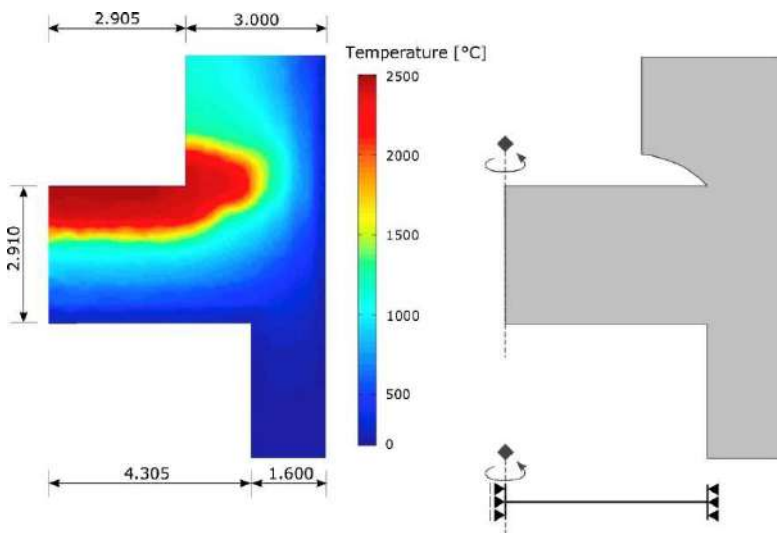


Рис. 7 Распределение температуры в бетоне дна шахты реактора и численная модель [4]

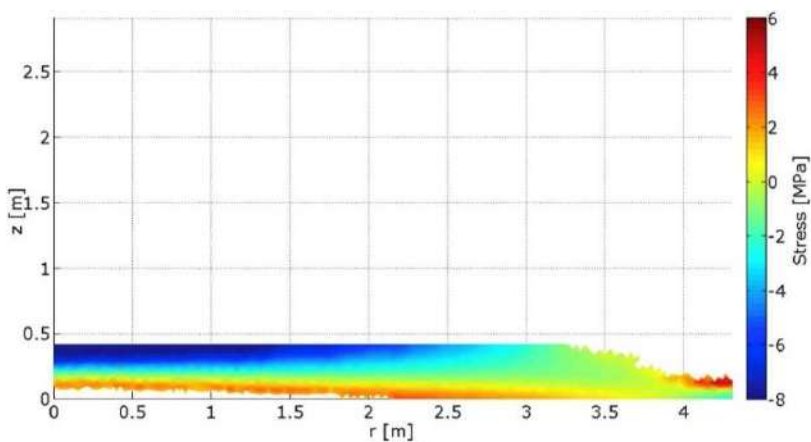
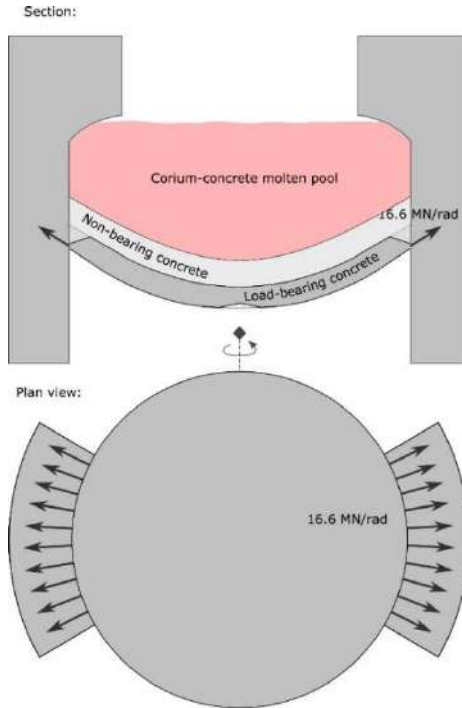


Рис. 8 Распределение напряжений в оставшейся несущей части бетонного дна шахты реактора [4]



*Рис. 9 Статическое воздействие бетонного дна шахты реактора непосредственно перед его разрушением [4]*

### **Заключение**

В среднем 80% строительного материала на атомных электростанциях составляет бетон, который в основном используется для строительства обычных зданий и сооружений, тем не менее, бетонные конструкции являются важным элементом безопасности как при нормальной эксплуатации атомных электростанций для защиты от ионизирующего излучения, так и при такой тяжелой аварии как расплавление активной зоны ядерного реактора.

*Эта работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства образования науки и спорта Чешской Республики, проект 8F17002, которому выражаем благодарность.*

### **Список литературы:**

1. Bruck, P.M.; Esselman, T.C.; Elaidi, B.M.; Wall, J.J.; Wong, E.L.: Structural assessment of radiation damage in light water power reactor concrete biological shield walls. Nuclear Engineering and Design, Vol. 350, 9-20, 2019
2. Field, K.G.; Remec, I.; Le Pape, Y.: Radiation effects in concrete for nuclear power plants – Part I: Quantification of radiation exposure and radiation effects. Nuclear Engineering and Design, Vol. 282, 126-143, 2015
3. Khmurovska, Y.; Štemberk, P.; Fekete, T.; Eurajoki, T.: Numerical analysis of VVER-440/213 concrete biological shield under normal operation. Nuclear Engineering and Design, Vol. 350, 58-66, 2019
4. Vaitová, M.; Štemberk, P.; Petřík, M.; Žďárek, J.; Chvála, O.: Structural aspect of corium spill on VVER-1000 reactor pit floor slab. Progress in Nuclear Energy, Vol. 107, 148-154, 2018

### **prof. Ing. Petr Štemberk, Ph.D., D.Eng.**

Fakulta stavební, ČVUT v Praze  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6  
+420 224 354 364  
stemberk@fsv.cvut.cz  
URL [www.fsv.cvut.cz](http://www.fsv.cvut.cz)

### **Mgr. Yuliia Khmurovska, Ph.D.**

Fakulta stavební, ČVUT v Praze  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6  
+420 224 354 628  
yuliia.khmurovska@fsv.cvut.cz  
URL [www.fsv.cvut.cz](http://www.fsv.cvut.cz)

# LASER CUTTING – AN OPTION FOR SEGREGATION OF CORIUM AND LAVA TYPE FCM

*Dr Andreas Wetzig, Dr Patrick Herwig, Dr Achim Mahrle,  
Dr Norbert Molitor, Dr Viktor Krasnov*

**Abstract:** *The present article provides a summary on the state of the art of laser technology for cutting with specific focus of dry cutting features. It proposes adapting and testing of this technology for cutting corium type FCM and lava type FCM during its recovery from Unit 4 of Chernobyl Nuclear Power Plant.*

**Keywords:** *Solid state laser, laser cutting, dry cutting, segregation and recovery of FCM, Chernobyl Nuclear Power Plant – Unit 4 post accident management of inventory..*

## INTRODUCTION

Laser technology has become an indispensable part of today's manufacturing industry since the first laser was invented in 1960. The laser as forceless, wear-free, and precise tool provides highest power densities which are known terrestrially and even extra terrestrially. Laser technology is utilized for a variety of industrial applications like surface treatment, additive manufacturing, joining, ablation and cutting which is the most widespread industrial laser application besides laser marking. Almost any kind of material can be cut by means of lasers, metals and non-metals as well. On one hand tiny parts like implants and on the other hand large format parts with thicknesses of more than 100 mm can be cut by means of a laser. Usually, the material within the cutting kerf is molten or degraded and subsequently ejected by an inert or reactive gas. Ten years ago, CO<sub>2</sub> lasers were dominating the market for high power laser applications. Meanwhile, state of the art solid state lasers like disk and fiber lasers have captured the market in particular for laser cutting because they are offering advantages like an uncomplicated beam delivery over long distances via optical fibers, an excellent focusability, and high wall plug efficiency combined with high overall system robustness and low maintenance efforts. Nowadays, standard equipment comes with laser power up to 20 kW, higher power levels are available on request. Laser technology may be also

used for cutting and segregation of large pieces during dismantling of nuclear facilities.

Therefore, state of the art solid state lasers are thermal tools of choice for segregation of corium and lava type FCM materials. For application in an environment as encountered in the specific and unique environment in the lower premises of former ChNPP unit 4 would require addressing specific challenges. There are to be named for example radiological and nuclear safety, dry cutting, dust management, and to be cut material with changing compositions of metallic and non-metallic components. It is believed that all of these can be solved adequately but will require the development of an adapted laser technology for segregation of corium and lava type FCM.

### **TOPICS FOR R&D IMPLEMENTATION PROGRAM**

For this a R&D implementation program could be set up including (but not limited to) the following topics:

- Clarification of working environment and safety requirements
- Characterization of (problematic types of) objects to be segregated
- Preliminary analysis of feasibility and advantages of laser technology like safety, effectiveness, and efficiency
- Process development including cutting and ablation strategies
- Process simulation and optimization
- Process monitoring and control
- Development of processing head and handling system
- Necessary safety measures and systems

### **CONCLUSION**

Solid state lasers are thermal tools of choice for segregation and cutting of materials such a corium type or lava type FCM. The adapted laser technology will require a multidisciplinary expert effort for development, followed with a sequence of tests in laboratory scale and conditions, subsequent demonstration and optimization in mockup arrangements and demonstration under real conditions with pilot tests.

## **BIBLIOGRAPHY**

[1] A. Mayer, Update on the Global Market for Lasers and Systems in Materials Processing, 14th International Marketplace, World of Photonics Munich 2019, OPTECH CONSULTING 2019

[2] A. Wetzig et al., New progress in laser cutting, 2016, Lasers in Engineering, Vol. 35, 75-100

[3] A. Wetzig et al., Laser cutting: An established technology seeks new challenges, 2019, Invited Oral presentation at LASE „High-Power Laser Materials Processing: Applications, Diagnostics, and Systems VIII" conference, February 7th 2019, San Francisco, USA

[4] N. Molitor, Next Steps Towards FCM Management/Recovery: Strategy Options and Pilot Tests, NSC Seminar, May 6th-8th, Kiev, Ukraine.

## **AUTHORS' INFORMATION**

Dr Andreas Wetzig, Dr Patrick Herwig, Dr Achim Mahrle –  
Fraunhofer IWS Dresden

Dr Norbert Molitor – Plejades GmbH Independent Experts

Dr Viktor Krasnov – Institute of Safety Problems of NPP, NASU

## **ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ПОВ'ЯЗАНІ З ВИСТУПАЮЧИМИ ЧАСТИНАМИ ОБ'ЄКТА УКРИТТЯ. ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ**

*Балан О.В., Брилка С. Г., Деренговський В.В., Павловський Л.І.,  
Рудько В.М., Хоменко Д.О.*

*Інститут проблем безпеки АЕС Національної академії  
наук України*

*grugorovu44@gmail.com, d.khomenko@ispnpp.kiev.ua,  
v.rudko@ispnpp.kiev.ua, l.pavlovsky@ispnpp.kiev.ua,  
o.balan@ispnpp.kiev.ua, v.deregovsky@ispnpp.kiev.ua*

*В роботі розглянуті виступаючі частини огорожувального контуру НБК ОУ з західної та східної частин, проведено дослідження стану будівельних конструкцій деаераторної етажерки та машзалу. Виконано порівняльний аналіз щодо вибору варіанту вирішення проблем по підсиленню та/або демонтажу несучих конструкцій за допомогою методу багатокритеріального аналізу.*

### **PROBLEMS RELATING TO THE PROJECTING PARTS OF THE HIDDEN OBJECT. OPTIONS OF THE SOLUTION**

*The protruding elements of the protective circuit of the NSC OU from the western and eastern sides are considered in the work, the condition of the structures of the deaerator shelf and the plant is investigated. A comparative analysis was performed on the choice of the solution to the problem of reinforcement and/or dismantling of load-bearing structures using the multicriteria analysis method.*

Після спорудження стін огорожувального контуру НБК по осі 39 і 65 об'єкта «Укриття» і насування конструкцій арки НБК у проектне положення, частина будівлі II черги ЧАЕС залишилась за межами новоствореної системи ОУ-НБК. Будівельні конструкції із західного і східного боку НБК, які не були перекриті НБК і не потрапили в його об'єм, отримали назву «Виступаючі частини» (ВЧ). З західного боку НБК, ВЧ мають

протяжність 18 м, куди входить частина машзалу і частина деаераторної етажерки між осями 65-68. Зі східного боку НБК, ВЧ мають протяжність 30 м, куди входить частина машзалу і частина деаераторної етажерки між осями 34-38.

Для оцінки технічного стану будівельних конструкцій машзалу і ДЕ в рамках робочого проекту підсилення та герметизації існуючих будівельних конструкцій в межах II черги ЧАЕС, що виконують функції огорожувального контуру НБК у 2012 – 2013 роках фахівцями Науково-дослідного інституту будівельних конструкцій (НДБК) були проведені спеціальні дослідження та були отримані дані для оцінки можливості безаварійного функціонування будівельних конструкцій ВЧ впродовж всього терміну експлуатації НБК (100 років).

У ході досліджень були розглянуті специфічні особливості основних несучих конструкцій, огорожувальних конструкцій та матеріалів покриттів будівель ВЧ відповідно до проекту та виконано розрахунки їх несучої спроможності з урахуванням факторів ослаблення за період після аварійної експлуатації.

На підставі результатів досліджень технічного стану конструкцій і виконаних розрахунків було зроблено висновок про те, що виступаючі за межі НБК частини споруди II черги ЧАЕС не відповідають вимогам, які висуваються до конструкцій НБК. Тому вони повинні бути підсилені або демонтовані. Співробітниками Інституту проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБ АЕС) НАНУ спільно з НДБК були запропоновані варіанти реконструкції ВЧ з демонтажем/підсиленням/заміною будівельних конструкцій для запобігання виникнення можливих аварій. В основу варіантів реконструкції ВЧ були закладені два напрямки виконання робіт: необхідне підсилення з частковим демонтажем і заміною будівельних конструкцій без зміни існуючих позначок машзалу і деаераторної етажерки; необхідне підсилення з частковим демонтажем і заміною будівельних конструкцій із зміною існуючих позначок будівлі машзалу.

Для вибору найбільш оптимального варіанта був застосований «метод багатокритеріального аналізу». Даний метод використовують у тих випадках, коли потрібно прийняти рішення про вибір одного із декількох варіантів, враховуючи ряд



різних критеріїв. Такі критерії можуть мати різну природу, виміряні у різних одиницях і їх неможливо порівняти між собою.

Для порівняння варіантів реконструкції західної і східної частин деаераторної етажерки і машзалу, які виступають за межі огорожувального контуру НБК було обрано такі критерії: С - вартість робіт; Т - трудовитрати на виконання робіт; D - колективна ефективна доза (КЕД) опромінення персоналу; R - об'єми радіоактивні відходи (РАВ), що утворюються; L - вплив на діяльність з експлуатації комплексу НБК та ОУ; Q - величина ризику потенційних аварій при виконанні робіт. Перші чотири критерії є кількісними, а два останні - якісними. Якісну оцінку критеріїв було виконано за допомогою методу експертних оцінок.

Для запропонованих варіантів реконструкції, використовуючи прийняті критерії було введено наступні узагальнені показники корисності:

$$U_1 = \frac{1}{6} \cdot (\exp(-0,7 \cdot (2 \cdot C_1 / (C_1 + C_2)))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot T_1 / (T_1 + T_2)))^4 + \\ + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot D_1 / (D_1 + D_2)))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2)))^4 + L_1 + Q_1)$$

$$U_2 = \frac{1}{6} \cdot (\exp(-0,7 \cdot (2 \cdot C_2 / (C_1 + C_2)))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot T_2 / (T_1 + T_2)))^4 + \\ + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot D_2 / (D_1 + D_2)))^4 + \exp(-0,7 \cdot (2 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)))^4 + L_2 + Q_2)$$

Після виконаних розрахунків узагальненого показника корисності перевага віддається тому варіанту значення  $U$  якого більше.

На підставі результатів виконаного аналізу варіантів для західних і східних ВЧ без зміни проектних позначок або із зміною проектних позначок машзалу по узагальненим показникам корисності рівноцінні між собою. Але на наш погляд, остаточне рішення по вибору оптимального варіанту реконструкції ВЧ ОУ може бути прийняте після актуалізації показників радіаційного стану у зоні виконання робіт та деталізації технологічних рішень з реконструкції.

# СЛУЧАЙНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ (ИСТОРИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРИЧИН АВАРИИ НА ЧАЭС)

*Бегун В.В., Бегун С.В.*

*Институт проблем математических машин и систем  
НАН Украины, г. Киев, begunw@ukr.net*

## Аннотация

Анализируются наиболее известные версии коренных причин аварии на ЧАЭС в 1986 году. В информационном пространстве до настоящего времени активно обсуждаются много версий на всех уровнях. В работе рассмотрены три официальные причины, выдвинутые государственными структурами ядерной и радиационной безопасности и наиболее популярные с момента аварии до настоящего времени другие шесть причин, авторами которых являются известные ученые и которые поддерживаются научными институтами. Цель статьи не опровержение той или иной версии, а выяснение степени возможности влияния персонала станции на прохождение аварии. Авторы обращают внимание на тот факт, что во всех версиях коренных причин аварии операторы не имели возможности действовать иначе. То есть, в числе причин, которые обсуждаются, не осталось причин непосредственной вины персонала. В связи с этим обстоятельством подымается вопрос реабилитации персонала, а выяснение коренной причины катастрофы авторы формулируют как важную научную и общественно-политическую проблему.

Ключевые слова: авария, коренная причина, ЧАЭС, персонал, анализ ошибок.

## Abstract

The most known versions of the Chernobyl NPP accident root causes at 1986 are analyzed. There are a lot of versions that are still discussed at the different levels of the information space. Three official versions of root causes identified by the nuclear and radiation safety authorities and six most popular from the moment of the accident till now versions of root causes proposed by famous

scientists and supported by scientific research institutes are considered at this work. The main purpose of this article is not to refute the discussed versions but to find out the possibilities of the Chernobyl NPP personnel influence on the events sequence during the accident. The fact that at all versions of the Chernobyl NPP accident root causes personnel had no possibility to act by alternative way is noticed by authors. In other words, among the remainder root causes that are discussed in this article there are no root causes with the personnel's direct guilt. The issue of shifting blame away from the personnel is consequently raised. The clarification of the Chernobyl NPP root cause is formulated by authors as an important scientific and socio-political issue.

Key Words: accident, root cause, Chernobyl NPP, personnel, error analysis.

Свидетелей аварии, ликвидаторов, работающих в то время в атомной энергетике, осталось мало. МАГАТЕ поставило точку еще в 1986 г., потом жирную точку в 1993 г., опубликовав доклад «INSAG-7» [1]. Но почему до сего времени будоражит это не только простых людей, но и ученых. Например, профессор РАН И.Н. Острецов неоднократно заявлял, что это диверсия [7].

В YouTube очень много материалов по теме аварии на ЧАЭС, что, с одной стороны, является периодическим информационным всплеском перед годовщиной. Но просматриваются и другие нотки. Профессор И.Н. Острецов говорит прямо: «... диверсия с целью развала СССР, идеологического противника, врага в «холодной войне» ...». Другие, менее осведомленные авторы, просто не верят официальной версии насчет виновности персонала, мол не может быть, чтобы на лучшей атомной станции работали профаны. То есть до сих пор, 34 года спустя, существует противоречие между официальной точкой зрения и гражданской, а это значит, что существует проблема выяснения причин самой тяжелой техногенной аварии человечества. Это не просто актуальная тема, но и актуальная научная и общественная проблема. Решение проблемы может быть

найдено только на основании глубоких научных исторических исследований.

Главной задачей работы должно стать установление **коренной** причины катастрофы. Напомним, что **коренной причиной** в ядерной энергетике называется обстоятельство, которое создало условия для наличия или проявления непосредственной причины. **Непосредственная причина** – это явление, процесс, событие или состояние, которые обусловили нарушение нормального прохождения технологического процесса. Непосредственная причина – это неуправляемое повышение реактивности (мощности). Но почему это произошло? В соответствии с международной методикой ASSET после выяснения непосредственной причины, цель дальнейшего расследования нарушения состоит в том, чтобы определить коренные причины и разработать такие корректирующие мероприятия, чтобы такое нарушение не повторилось. До полного расследования аварии, выяснения коренной причины запрещена работа блока. Так может, в связи с этим обстоятельством и получилось ускоренное расследование в тот год? Международное сообщество согласилось с формулировками комиссии, чтобы не останавливать атомные блоки? Проще было согласиться и работать – обычная психология.

Также известно также, что официальная версия коренной причины менялась трижды. **Первая** версия, подготовленная советской делегацией специально для совещания экспертов МАГАТЭ, проводившегося в августе 1986 года в г. Вена, содержала следующие выводы о причинах аварии на 4 блоке ЧАЭС: «Первопричиной аварии явилось крайне маловероятное сочетание нарушений порядка и режима эксплуатации, допущенных персоналом энергоблока» [2]. При этом каких-либо научных доказательств или подтверждений того, что действия персонала 4 блока ЧАЭС, приведшие к самой крупной за всю историю человечества техногенной катастрофе, действительно представляли собой «крайне маловероятное сочетание», информация не содержала. После ее оглашения в Вене изложенная концепция исключительной виновности персонала ЧАЭС стала официальной концепцией СССР, а все предыдущие исследования, акты, доклады, противоречащие данной версии, были засекречены и скрыты даже от специалистов.

Через 5 лет после Чернобыльской аварии, в 1991 году, Комиссия Госпроматомнадзора СССР (ГПАН СССР), пытаясь понять, почему же действия персонала ЧАЭС вызвали катастрофу, тем более, что выполнялись они не одним лицом, а коллективом смены, приходит в своем докладе к следующему выводу (**вторая причина**): “Начавшаяся из-за действий оперативного персонала Чернобыльская авария приобрела неадекватные им катастрофические масштабы вследствие неудовлетворительной конструкции реактора” [3]. При анализе Комиссия ГПАН СССР, следуя статусу надзорно-регулирующего органа, особое внимание уделила рассмотрению и оценке соответствия проекта реактора и действий эксплуатационного персонала требованиям действовавшей в период проектирования и эксплуатации 4 блока ЧАЭС нормативно-технической и эксплуатационной документации.

Через 10 лет после Чернобыльской аварии, в 1996 году, Правительственная Комиссия Украины, обобщив принципиальные факты, выводы и результаты ранее выполненных исследований, включая [2] и [3], и критически их осмыслив, а в ряде случаев и уточнив на основе дополнительного анализа, делает в своем докладе следующий вывод о причинах (**третья причина**) аварии на 4 блоке ЧАЭС: “Коренные причины аварии – специфические ядерно-физические характеристики РБМК-1000, обусловленные конструкцией его активной зоны; низкая эффективность системы управления и защиты; неверная конструкция стержней аварийной защиты реактора; низкое качество типового технологического регламента” [4].

**Четвертая причина** озвучена много позже известным профессором США Р. Сегалом – известным ученым-теоретиком в области ядерной безопасности в лекции [5]. Эта лекция была прочитана им в Стокгольме в 1998 г. для интернационального коллектива ученых – участников четырехстороннего проекта по безопасности АЭС, руководителем которого он являлся. Позже эти результаты были опубликованы в научном журнале [6]. Описание аварии профессор Р. Сегал поместил под заголовком «How the Trap Was Set» (дословно: «Как была организована западня»). В докладе описаны все действия персонала, факторы и обстоятельства аварии, но прямых указаний на организаторов нет.

**Пятую причину** озвучил открыто не менее известный профессор Игорь Николаевич Острецов, о чем уже шла речь в начале. Специалист по ядерной физике и атомной энергетике, рассказал о том, что сотрудники станции ЧАЭС не могли вмешиваться в работу четвертого блока без разрешения из Москвы. Поэтому все действия сотрудников АЭС были согласованы с вышестоящим руководством, которое, как он считает, действовало в интересах другой страны, то есть причина – диверсия, предательство [7].

В качестве **шестой** причины учтем мнение академика Валерия Алексеевича Легасова, озвученное им в его знаменитых кассетах. Великий, всемирно признанный ученый, смертельно больной человек не мог кривить душой, потому считаем его мнение безусловно правильным, а причиной неправильную парадигму: «Дело именно в философии безопасности. Если бы философия безопасности была бы правильной, то технические решения под эту вот философию, конечно бы наши специалисты находили, потому что они грамотные специалисты, толковые люди, умеют считать и делать прочие вещи» [8]. Но из этого тоже следует отсутствие вины персонала.

**Седьмая**, широко обсуждаемая причина, также очень общая – неготовность современного человечества к грамотному использованию огромной энергии в связи с недостатком фундаментальных знаний о природе атома и процессов ядерных превращений. Так утверждает и бывший заместитель главного инженера по науке и ядерной безопасности ЧАЭС Николай Карпан [9].

**Восьмая причина** – неправильный выбор площадки для строительства на тектоническом разломе. Авария вызвана местным землетрясением, у сторонников этой версии есть весомые доказательства. Не будем сбрасывать со счета и эту версию.

Опишем и **девятую причину**, озвученную теплотехниками [10]. Вся беда в том, считает ученый-теплотехник Эрик Гомберг, что в принципе неправильно выполнены расчеты кипения в тонких длинных вертикальных трубах (технологических каналах РБМК). Это неуправляемый процесс, рано или поздно должны были произойти

разрывы каналов, что, в принципе, имело место неоднократно как в Чернобыле, так и на Ленинградской АЭС до 1986 г.

Первая версия принадлежит институту главного конструктора, позже была подтверждена им же моделированием процессов, теоретическими расчетами. Суть расчетов проста: если бы выполнялись все требования эксплуатации, то все было бы хорошо, то есть виноват персонал, нарушивший правила. Причина аварии – ошибки операторов, человеческий фактор (ЧФ). Но почему грамотные операторы допустили ошибки?

В своей лекции профессор Р. Сегал подробно анализирует допущенные операторами ошибки, которые, конечно же, были. Он классифицирует их в основном по таксономии Рижена: ошибки неправильного понимания (mistakes) и сознательного нарушения (violation). Профессор называет все 12 ошибок, которые вменяют в вину операторам [5,6] и подробно их анализирует, рассматривая все факторы и обстоятельства, которые сопутствовали ошибкам. На основе этого качественного анализа автором данной статьи еще в 2002 году по известной методике расчета вероятности ошибки оператора THERP (США) проведены расчеты вероятности коллективной ошибки и напечатаны в профессиональном журнале [11]. Выводы расчета красноречивы: «Ошибки персонала «не содействовали», а произошли потому, что существовали конструктивные и физические недостатки реактора, неблагоприятные внешние и внутренние факторы, которые сделали вероятность ошибки человека оператора близкой к 100%, а вероятность последовательности ошибочных коллективных действий недопустимо большими, слабо зависящими от конкретного человека, стоящего у пульта» [11]. То есть операторы оказались просто «заложниками» обстоятельств, но разве можно обвинять заложников? Последствия этого вывода имеют большую социальную значимость, ведь близкие люди тех операторов до настоящего времени живут с клеймом «врагов народа и человечества».

Косвенным доказательством невинности дежурного персонала может служить также общественное мнение специалистов. Работая весной и летом 1986 г. старшим инженером по эксплуатации ЦТАИ 2-й очереди ЧАЭС (3 и 4

блоки), автор статьи хорошо помнит, как все инженеры пытались понять, что же произошло и почему? Все сочувствовали заболевшим, неприязненно относились к сбежавшим, интересовались состоянием пациентов 6-й московской больницы, радовались каждому выздоровлению, с горечью провожали умерших. На станции работали по 12 часов, тратили по 1,5 часа на дорогу туда и обратно, все знали друг друга, и никто (!) не осуждал персонал той смены. Это могло означать только одно: действия операторов не воспринимались в профессиональной среде как ошибки! Это обстоятельство для нашей темы необходимо рассматривать как очень важное. Партийного собрания с осуждением персонала тоже не было, хотя партсобрания проводились каждую неделю.

Для обобщения анализа возможных коренных причин сведем их в одну таблицу, и, следуя методике ASSET, вместе с предполагаемыми корректирующими мерами.

Таблица 1 – Версии коренных причин и корректирующих мер

№	Причина	Источник	Вина	Корректирующие меры	Выполнение
1	Ошибки персонала	Отчет комиссии, постановление суда	Персонал	Улучшить подготовку персонала, построить на каждом блоке тренажеры и т.д.	Выполнено
2	Недостаток конструкции и ошибки персонала	Отчет комиссии ГПАН СССР	Персонал и Конструктор	Доработки конструкции. Реабилитация операторов	Выполнено частично. Не выполнено
3	Конструктивные недостатки реактора	Отчет ГАН Украины	Конструктор	Доработки конструкции. Реабилитация операторов	Выполнено частично. Не выполнено
4	Организованная западня	Лекция профессора Сегала	Неустановленная диверсия, замаскированная как «ошибка персонала»	Доработки конструкции. Реабилитация операторов	Выполнено частично. Не выполнено
5	Диверсия	Видеолекция профессора Острецова	США	Добиться возмещения ущерба. Реабилитация операторов	Не выполнено. Не выполнено



Продовження таблиці 1

6	Неправильная парадигма безопасности	Записки академика Легасова	Теоретики реактостроения	Изменение философии безопасности. Реабилитация операторов	Выполнено  Не выполнено
7	Неготовность к новым опасным технологиям	Особое мнение специалиста-ядерщика	Теоретики реактостроения	Закреть все АЭС.  Реабилитация операторов	Не выполнено  Не выполнено
8	Тектоника	Отчеты НИР Украины	Проектант	Закрытие ЧАЭС.  Реабилитация операторов	Выполнено.  Не выполнено
9	Теоретические ошибки теплотехнических расчетов	Видео лекция теплотехника	Конструктор	Коренная модернизация реакторов РБМК или их закрытие. Реабилитация операторов	Не выполнено.  Не выполнено

Итак, из 9-ти названных причин только первая имеет отношение к персоналу, но она официально опровергнута расследованием ГАН Украины. То есть официальных и не признанных официально причин относительно вины операторов де-факто не осталось. Так почему до настоящего времени не рассматривается юридическая и общественная реабилитация? Особого внимания заслуживают пп. 4 и 5 – организованная диверсия. Внимание заслуживает, прежде всего, тот факт, что такое мнение высказывают специалисты наиболее осведомленные, высочайших компетенций, мирового уровня, да еще из противоборствующих в «холодной войне» сторон. Качественный анализ обстоятельств событий (действий операторов), выполненный профессором Р. Сегалом, фактически оправдывает операторов, называя их действия вынужденными в сложившихся на тот момент условиях. Численные расчеты вероятности ошибок подтверждают выводы профессора о том, что авария стала неизбежной сразу после принятия решения о проведении эксперимента и останова реактора. Далее, фактически ни одна из причин, обозначенных в таблице, не

признается коренной однозначно (всеми), потому не может быть, в соответствии с определением, названа коренной. А это значит, что расследование не окончено – это первое. Второе, как видим из таблицы, корректирующие мероприятия выполнены только в предположении, что коренная причина катастрофы в ошибках персонала, а поскольку это не так, то это означает одно – авария может повториться, потому что коренная причина не выяснена, - такая сущность коренных причин. Стоит также исследовать вопрос случайности и необходимости всех действий. Методика THERP разделяет классификацию вероятных ошибок операторов по трем типам таксономии, ошибки случайные и под тяжестью обстоятельств имеют существенно разные вероятности, и, соответственно, необходимо связать это со степенью вины в рамках действующих на то время законов. А это уже задача юристов, но подготовка данных для решения этой задачи может быть выполнена на основе уже существующих публикаций и знаний специалистами-аналитиками ядерной отрасли. И главное – становится очевидным необходимость реабилитации операторов.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. INSAG-7. Чернобыльская авария: дополнение к INSAG-1. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Вена: Международное агентство по атомной энергии, 1993. 158 с.
2. Государственный комитет по атомной энергии СССР. Авария на ЧАЭС и ее последствия – информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ, (Вена, 25-29 августа 1986 г.). Вена, 1986. Ч. 1, 2.
3. Доклад ГПАН СССР. О причинах и обстоятельствах аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. Москва, 1991.
4. Доклад Правительственной Комиссии. Причины и обстоятельства аварии 26 апреля 1986 г. на блоке 4 Чернобыльской АЭС. Действия по управлению аварией и ослаблению ее последствий (обобщение выводов и результатов

работ международных и отечественных учреждений и организаций). Киев, 1996.

5. Лекция Б.Р. Сегала «Безопасность АЭС» для ученых, участников четырехстороннего проекта по безопасности АЭС. Стокгольм, 1998 (на правах рукописи).

1. Sehgal B.R. Light Water Reactor (LWR) Safety. Nuclear Engineering And Technology, Vol.38 No.8 December 2006, p. 697-732.

7. Кто взорвал Чернобыль. Видео лекция профессора И. Острецова. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=yd2DOK6tXg4>.

8. Об аварии на Чернобыльской АЭС. Текст из пяти магнитофонных кассет, надиктованных академиком Легасовым В.А. URL: <http://www.pseudology.org/>

9. Карпан Н.В. Исторический обзор этапов развития атомной науки и техники. Анализ причин и событий Чернобыльской катастрофы. *Чернобыль. Месть мирного атома*. Киев: ЧП «Кантри Лайф», 2005.

10. Чернобыльская АЭС – Анализ двух взрывов в реакторе – Эрик Гомберг. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=evE6d7bJ9U>.

11. Бегун В.В. Анализ и учет человеческого фактора Чернобыльской аварии 26 апреля 1986 года современными методами. *Ядерная и радиационная безопасность*, 2003. № 1.

## ОЧИСТКА РАДИОАКТИВНЫХ ВОД НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

*Виктор Березин*

*Представитель New Logic Research, Inc. в Украине*

*Технический директор*

New Logic Research (NLR) является частной компанией, расположенной в г.Эмеривилле, штат Калифорния, США. Компания NLR производит и продает мембранные фильтрационные системы, основанные на методе, который называется Улучшение Процесса Вибрационным Сдвигом (Vibratory Shear Enhanced Processing (VSEP)), для применения в химических производствах, в очистке промышленных стоков, в целлюлозно-бумажном производстве и в производстве питьевой воды. Компания успешно реализует проекты по установке оборудования по всему миру: в Европе, Азии, Австралии, Канаде, Мексике и в США.

Компания NLR имеет опыт в области очистки радиоактивных сточных вод. В течение последних пятнадцати лет над оценкой применения VSEP для очистки жидких радиоактивных отходов на ядерных установках с компанией NLR работал всемирно известный эксперт в области снятия с эксплуатации АЭС Роджер Асай из компании Centec XXI.

Технологии мембранной фильтрации жидкостей, несмотря на свою популярность, всегда имели существенную проблему – проблему загрязнения поверхности мембраны. Потеря давления жидкости при прохождении через мембрану происходит за счёт постепенного наслоения осадка во время фильтрации. Дополнительно к нарушению проходимости этот постепенно растущий слой частиц образует почти вторичную мембрану, замедляя процесс фильтрации.

Для минимизации наслоения загрязнений разработчики мембран других компаний использовали метод перекрёстно-напорной фильтрации (**Crossflow**), который формируется на напорном слое жидкости, тангенциально проходящей по поверхности мембраны для уменьшения наслоений и загрязнений. При этом методе элементы мембраны находятся в

трубчатой или спиральной сборке, через которую с большой скоростью прокачивается жидкость для фильтрации.

В перекрёстно-напорных конструкциях неэкономичным является нахождение жидкости более 10-15 секунд. Кроме того, при возрастании плотности осадка давление значительно уменьшается на входном отверстии пор мембран, что ведёт к преждевременному загрязнению мембран и уменьшению производительности.

Компания New Logic Research разработала метод для создания интенсивных вибрационных волн на поверхности мембран. Этот метод называется Улучшение Процесса Вибрационным Сдвигом (Vibratory Shear Enhanced Processing (VSEP)). В VSEP - системе суспензия почти не двигается, формируя напор между параллельными листами мембран. Поперечный эффект происходит от сильной вибрации листов мембран.

Поперечные волны, произведённые вибрацией мембран, позволяют убрать твёрдые частицы и загрязнители с поверхности мембран. Этот поперечный процесс максимально раскрывает мембранные поры для повышения проходимости по сравнению с обычными другими системами.

### **Примеры использования технологии VSEP в обработке радиоактивных вод**

#### **• АЭС Rancho Seco, Калифорния**

В 1999 году начались работы по выводу из эксплуатации атомной электростанции Rancho Seco, расположенной недалеко от Сакраменто, штат Калифорния. В процессе снятия станции с эксплуатации, оборудование было промыто и удалено для утилизации. Это привело к тому, что загрязнённые сточные воды были отделены и направлены на хранение. Часть загрязнённой воды была обработана с использованием обычных мембранных систем обратного осмоса (RO), в то время как более чистая вода очищалась с помощью переносного устройства для деминерализации.

Жидкие концентраты от различных процессов очистки, включая систему RO, и другие концентрированные сточные воды собирались и предназначались для испарения в барабанной сушилке. Это было очень медленным процессом.

В 2001 году для предварительной обработки сточных вод была введена установка VSEP LP RO перед барабанной сушилкой. Результатом было то, что VSEP удалил 50% воды и сократил время испарения в два раза. Пермеат после VSEP был отправлен в отделение деминерализации для дальнейшей очистки, а концентрат VSEP был направлен в барабанную сушилку.



Rancho Seco АЕС, Калифорния

В 2002 году пилотное тестирование было завершено в лаборатории New Logic недалеко от Сан-Франциско, штат Калифорния с испытанием смоделированных отходов отстойника и концентрата борной кислоты. Разделение на 90% (10-кратная концентрация) было достигнуто для обоих потоков, оставляя в виде концентрата только 10% от исходного объема. Нанофильтрация (NF) и RO были протестированы, но RO показал лучшее отделение бора. Мембрана NF удаляет 52% бора, в то время как RO удаляет 74% при pH 7,1.

Последующие пилотные испытания на месте с фактическим радиоактивным материалом привели к снижению объема на 95%. Во время этого испытания с использованием мембраны RO

бор и растворимый цезий были сконцентрированы в десять раз, а нерастворимый цезий был сконцентрирован в 100 раз.

• **АЭС Peach Bottom, Пенсильвания**

Компания New Logic провела симуляцию ультрафильтрации в своей лаборатории в Сан-Франциско, используя суспензию оксида железа 1200 мг/л. Испытание моделировало очистку радиоактивных отходов из реактора с кипящей водой (BWR). Конечный остаток, образовавшийся от концентрации в VSEP, содержал 84000 мг/л (8,4%) общего количества твердых веществ, и представлял 70-кратный концентрат.

Последующие работы, выполненные на АЭС, удалили более 99% железа. Результаты также показали практически полное удаление изотопов марганца-54, кобальта-60, серебра-100 и цезия-137.



АЭС Peach Bottom, Пенсильвания

• **АЭС Limerick, Пенсильвания**

Испытание УФ проводилось в лаборатории New Logic для моделирования отработанного порошкообразного конденсата смолы, содержащего 0,15% общего количества твердых веществ. Исходный материал концентрировали, оставляя 8% от исходного объема, удаляя в виде концентрированного осадка, имеющего 1,96% общего количества твердых веществ, что соответствует концентрации в 13 раз.



Limerick АЕС, штат Пенсильвания

• **АЭС Hope Creek**

Имитационное тестирование УФ было проведено в лаборатории New Logic с использованием водного раствора суспензии оксида железа в концентрации 1700 мг/л, как аналогичного воде из BWR. Лабораторные испытания New Logic показали положительные результаты.



HopeCreek АЕС, Нью-Джерси



### • АЭС Kashiwazaki-Kariwa

В 2001 году на объекте Kashiwazaki-Kariwa были проведены испытания оборудования RO VSEP по очистке сточных вод. Исходный материал содержал следующие радиоактивные вещества:

Марганец Mn-54 ( $5,3 \times 10^{-2}$  Бк/мл)

Кобальт Co-58 ( $2,2 \times 10^{-2}$  Бк/мл)

Cobalt Co-60 ( $69,0 \times 10^{-2}$  Бк/мл)

Химическая потребность в кислороде (ХПК) от наличия моющих средств с хлоридом натрия (NaCl) также определялась. Конечный пермеат VSEP имел не обнаруживаемые уровни кобальта и марганца, и конечный ХПК составлял менее 30 мг/л.



Kashiwazaki-Kariwa АЭС в префектуре Ниигата, Япония

Демонстрационные испытания были также проведены и на нескольких других АЭС в восточной части Соединенных Штатов.

При нормальной работе АЭС в охлаждающей и технологической воде содержится мало радиоактивных веществ. Однако, вода может стать загрязненной во время вывода из эксплуатации АЭС, когда использованные резервуары и

оборудование моются перед утилизацией. Вода также может стать загрязненной из-за утечек в активной зоне реактора, где вода может контактировать с топливными стержнями, или из-за утечек в местах хранения отработанных топливных элементов. При нормальном выводе из эксплуатации АЭС планируется время для утилизации этой воды. В случае непредвиденных утечек времени для такого планирования нет.

Независимо от того, генерируется ли радиоактивная вода запланированным способом или происходит непредвиденный выброс, мембранная фильтрация может использоваться для эффективного отделения радиоактивных материалов от воды. Самая большая проблема, как при утечках, так и при выводе из эксплуатации - это большой объем жидких **радиоактивных отходов (РО)**. Так как объем хранилищ, доступных для хранения РО, ограничен, должно быть достигнуто максимальное сокращение объемов РО, чтобы минимизировать стоимость и риск для окружающей среды. Эту проблему успешно решает применение технологии VSEP.

Испытания, выполненные с использованием обычных спиральных мембран обратного осмоса (**RO**) на радиоактивной воде, показали уменьшение объема РО на 50%. Другие испытания с использованием VSEP на концентрированных потоках отходов показали сокращение объема на 90-95%. Такое увеличение плотности является принципиальным отличием двух технологий. Технология VSEP способна к более значительному уменьшению объема РО, потому что имеет более открытые каналы подачи жидкости к мембране и может обрабатывать взвешенные твердые частицы без ограничений.

Другие способы очистки от жидких РО на АЭС могут включать отстаивание и адсорбцию. Проблема с адсорбционными методами - это прорыв РО, когда адсорбирующий материал может стать насыщенным и перестать функционировать. Кроме того, процент удаления РО может быть недостаточно высоким, чтобы обеспечить достаточную очистку воды. Хотя отстаивание эффективно для крупных частиц, не осаждаются ни мелкие взвешенные твердые частицы, ни растворенные радиоактивные вещества (такие, как йод).

Технология VSEP имеет несколько преимуществ при обработке радиоактивной воды:

- более высокая степень уменьшения осадка,
- удаленный доступ для управления и эксплуатации по GSM или Интернету,
- дополнительный объем отходов не увеличивается, как в случае с адсорбентами,
- практически полное удаление радиоактивных материалов,
- нет проскока РО после насыщения,
- варианты селективности с выбором различных мембран.

Компания New Logic Research, Inc. разрабатывает, тестирует и производит оборудование для реализации технологии VSEP по техническому заданию Заказчика.

Виктор Березин  
Представитель New Logic Research, Inc. в Украине -  
Технический директор  
ООО "Научный институт системных исследований"  
Павильон 23, пр. Академика Глушкова, 1,  
Киев-80, 03680, Украина  
Телефон: +380 50 330 01 67  
E-mail: redox.sys@gmail.com

## РАДІАЦІЙНА ОБРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ЯК МЕТОД БОРОТЬБИ З МІКОТОКСИНАМИ

*Бовкун А. О.*

*студентка III курсу факультету захисту рослин Національного  
університету біоресурсів і природокористування України*

*Наукові керівники: Доля М. М.*

*доктор сільськогосподарських наук, професор Національного  
університету біоресурсів і природокористування України, член-  
кореспондент Національної академії аграрних наук України,*

*Клепко А. В.*

*кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,  
завідувачка кафедри радіобіології та радіоекології  
Національного університету біоресурсів і природокористування  
України*

Проблеми збереження сільськогосподарської продукції завжди актуальні. Значна кількість продукції рослинництва і плодівництва гине після збирання внаслідок гниття, яке спричинюється різними мікроорганізмами. Для подовження строків зберігання продукції її обробляють різними способами: нагрівають, охолоджують або обробляють хімікатами. Всі вони призводять до зміни властивостей і, як правило, погіршують якість. Опромінення дозами, що сповільнюють розвиток мікрофлори або повністю пригнічують її активність, по суті є процесами відповідно холодної пастеризації або стерилізації, при яких у продукції знищуються майже всі або всі мікроорганізми. Таку радіаційно опромінену продукцію можна тривалий час зберігати при температурі навколишнього середовища.

Дослідженням використання радіаційного опромінення сільськогосподарської продукції займалися Багрянцева О.В., Будник С.В., Гераськін С.О., Кобялко В.О., Козьмін Г.В., Лой Н.Н., Кобялко В.О., Молін А.А., Нікитюк Д.Б., Павлов А.Н., Цигвінцев П.Н., Хотимченко С.А., Санжарова Н.І., Саруханов В.Я., Полякова І.В. та інші.

Людство намагається вберегти продукти від плісняви. Гриби

можуть забруднювати продукти під час вирощування до моменту збору врожаю, при транспортуванні і зберіганні, а також в різних фазах виробництва, коли грибок знаходиться в сприятливих температурних умовах і вологості. Вплив грибової інвазії виявляється в зменшенні потенціалу проростання зараженого насіння, розвитку видимої цвілі, знебарвленні, появі неприємного запаху, зниження маси сухої речовини, хімічних і харчових змін, а також в наростанні кількості мікотоксинів [1].

Мікотоксини небезпечні тим, що вони токсичні при надзвичайно малих концентраціях і здатні досить інтенсивно проникати всередину культури або продукту. За сприятливих умов гриби, розмножуючись, утворюють колонії, підвищуючи концентрацію мікотоксинів. Деякі гриби продукують небезпечні токсини тільки при певних рівнях вологості, температури і вмісту кисню в повітрі [2].

Географія поширення грибів, які продукують мікотоксини, охоплює більшість країн усіх континентів. Контамінації схильні продовольча сировина, корми та продукти харчування рослинного походження, а інтенсивні торгівельні зв'язки між різними країнами в значній мірі сприяють більш широкому поширенню мікотоксикозів і, як наслідок цього, мікотоксинів. При цьому, проблема має глобальний характер, так як необхідність збільшення обсягів виробництва і збереження продукції рослинного походження для зростаючого населення планети, в свою чергу, супроводжується постійним порушенням екологічної рівноваги. При інтенсивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур, активне застосування пестицидів і добрив сприяє зниженню стійкості рослин до фітопатогенів і подальшому поширенню мікотоксикозів рослин. Крім того і кількість стійких генотипів обмежена [2].

На сьогоднішній день виділено понад 300 мікотоксинів, що продукуються представниками 350 видів мікроскопічних грибів, однак практичне значення, як забруднювачів харчових продуктів, мають лише близько 20. Багато з них характеризуються мутагенними (в тому числі канцерогенними) властивостями. Серед мікотоксинів, які становлять небезпеку для здоров'я людини і тварин, найбільш поширені афлатоксини,

тріхотеценові мікотоксини, або тріхотецени, охратоксини, патулін, зеараленон і зеараленол [3]. Токсигенні форми, які найбільш часто виділяються з продуктів або зерна: *Aspergillus*, *Penicillium* і *Fusarium*. При порушенні умов зберігання розвиваються *Aspergillus* і *Penicillium*, а *Fusarium* spp. є основним патогеном рослин під час росту. Афлатоксини AFB1, AFB2, AFG 1 і AFG2 продукуються *A. Parasiticus*, а *Aspergillus flavus* синтезують тільки AFB1 і AFB2. Вони відповідальні за прояв таких токсичних ознак, як пригнічення росту, імуносупресію і рак печінки [4]. Радіаційна обробка продукції зараженої *Aspergillus* і *Penicillium*, які активно продукують мікотоксини під час зберігання, ефективна безпосередньо перед закладкою.

Для багатьох мікотоксинів визначена структура, вивчені властивості і біохімічний механізм дії, розроблені методи виділення, ідентифікації та кількісного визначення. Крім загальнотоксичної дії, вони мають мутагенні, тератогенні і канцерогенні властивості, а також істотно впливають на імунний статус теплокровних, і їх слід розглядати як одну з найважливіших медичних проблем.

Потенційна і реальна небезпека мікотоксинів значно посилюється високою стійкістю до різних несприятливих впливів, як-то: кип'ятіння, обробка мінеральними кислотами, лугами та іншими агентами. Загальні принципи деконтамінації сільськогосподарської продукції ґрунтуються на направленому впливі фізичних, хімічних або біологічних факторів, а також їх комбінацій, в результаті чого відбувається руйнування мікотоксинів, що містяться в них, або грибів, що їх продукують [5].

Для знищення продуцентів мікотоксинів – цвілевих грибків, надзвичайно перспективне використання радіаційної обробки гамма-випромінюванням. Обробка іонізуючим випромінюванням визнається як метод знезараження харчових продуктів у всьому світі і відомий з початку 20-го століття. Опромінення сільськогосподарської сировини та харчової продукції забезпечує мікробіологічну безпеку і збільшує терміни зберігання за рахунок інактивації патогенних мікроорганізмів.

Дослідження щодо можливості використання радіаційних технологій у сільському господарстві розпочалися ще у 1940

роках. У 1958 році в СРСР було дозволено радіаційне опромінення окремих видів харчових продуктів та сільськогосподарської сировини. Але першими, хто по справжньому наважився використовувати радіаційне опромінення харчових продуктів, стали японці у 1973 році. Вони провели серію експериментів з опромінення овочів та фруктів, в результаті чого замість 2-3 місяців, наприклад, картоплю стало можливо зберігати 6-8 місяців. У 1983 році, зважаючи на успіхи таких експериментів, МАГАТЕ та ФАО дозволили радіаційне опромінювання харчової продукції, а також експорт таких продуктів. Міжнародна нормативна база застосування радіаційної обробки постійно вдосконалюється, що призводить до зниження економічних втрат. Об'єднаний експертний комітет (ФАО, МАГАТЕ, ВООЗ) на підставі оцінки токсикологічних, сенсорних, хімічних і фізичних показників харчових продуктів, оброблених іонізуючим випромінюванням, прийшов до висновку про те, що при дозах опромінення до 10 кГр, вони є безпечними і зберігають харчову біологічну цінність [6].

Основний механізм впливу іонізуючого випромінювання обумовлений прямим пошкодженням молекули мікробної ДНК, що призводить до елімінації бактеріальних або грибкових клітин. Іншим ефектом випромінювання (відомим як непрямий ефект) є взаємодія енергії випромінювання з молекулами води, присутніми в субстраті або продукті, з утворенням вільних радикалів, які атакують ДНК мікроорганізмів, інактивуючи їх [7, 8].

Радіочутливість мікроорганізмів зазвичай варіює у різних видів мікроорганізмів. Вегетативна форма бактерій менш стійка до опромінення, ніж мікроскопічні грибки, і тому ефективність радіаційної обробки залежить від ряду факторів: хімічного складу продукту, кількості та виду мікроорганізмів, а також величини дози опромінення [9]. Наприклад, доза опромінення трохи вище 1 кГр призводить до зниження вмісту бактерій штаму *E. coli* O157: H7 в гамбургерах на 4 порядки. А для знищення патогену *Salmonella* spp. в курячому м'ясі доза опромінення досягає 3,8 кГр, тоді як в фізіологічному розчині ця величина в 2 рази нижче. Діапазон доз інактивації продуцентів мікотоксинів варіює досить широко [5]. В основному дози гамма-опромінення нижче 1,5 кГр призводять тільки до

часткового зниження вмісту грибів на продукті, але їх метаболічна активність зменшується, як і вироблення екзотоксинів (мікотоксинів), що збільшує термін зберігання [10]. Повна інактивація грибної мікрофлори в різних зразках фруктів відзначається при дозі опромінення 5 кГр.

Значний вплив на радіаційну стійкість будь-якого конкретного виду грибової мікрофлори надає присутність води в середовищі опромінення. Опосередкована дія вільних радикалів (ОН, Н, е-), що утворюються в результаті радіолізу води, пояснює відмінності у величинах інактиваційних доз опромінення, які спостерігаються в сольовому розчині і висушеній кукурудзі [12]. Різні компоненти, присутні в харчових продуктах, можуть перехоплювати і зв'язувати активні вільні радикали, що утворюються в результаті опромінення. Цей факт вимагає збільшувати величину дози радіаційної обробки дріжджоподібних грибів до 10 кГр. Гриби більш стійкі до випромінювання через природні радіозахисні агентів, що присутні в міцелії (меланін), а також ряду метаболітів (молочна кислота, оцтова кислота і спирт), які мають властивості перехоплювати активні іони [5].

Таким чином, незважаючи на істотні відмінності у величині доз іонізуючого випромінювання, які необхідні для інактивації різних видів продуцентів мікотоксинів в різноманітних субстратах сільськогосподарської сировини та харчової продукції, вказані дози в основному відповідають вимогам щодо верхньої межі дози опромінення - 10 кГр, яка не призводить до порушення показників якості опроміненої продукції.

Слід зауважити, що після радіаційної обробки бажано максимально обмежити можливість повторної контамінації за рахунок використання сучасних пакувальних матеріалів. Але такі продуценти мікотоксинів, як *Fusarium* spp., до моменту закладки на зберігання вже істотно забруднюють сільськогосподарську сировину токсичними екзотоксинами, і виникає необхідність не тільки знищити мікроорганізми, а й дезактивувати утворений мікотоксин. Це завдання є більш складним, так як в молекулах мікотоксинів переважають стійкі структурні елементи. Як уже відмічалось, істотну роль в руйнуванні мікотоксинів при дії іонізуючого випромінювання



відіграє присутність води, оскільки з'являються вільні радикали, що взаємодіють з фурановим кільцем молекули афлатоксину (AFB1), утворюючи продукти з більш низькою біологічною активністю. Було показано, що мутагенна активність водного розчину AFB1 (5 мкг / мл) знижується на 34%, 44%, 74% і 100% після впливу гамма-випромінювання в дозах 2,5; 5; 10 і 20 кГр відповідно [5].

Додавання 1 мл 5% перекису водню до водного розчину AFB1 (50 мкг / мл) призводило до 37-100%-ої деградації токсину при дозі опромінення всього лише 2 кГр. Афлатоксин і зеараленон у водних розчинах піддаються повному руйнуванню при опроміненні в дозі 10 кГр, і на 60-80% знижуються їх концентрації при дозах опромінення в 5 кГр. Але при обробці мікотоксинів в сухих зернах кукурудзи (вологість 4%) аналогічний ефект досягався лише при збільшенні дози опромінення до 15-25 кГр, що може відбитися на показниках харчової біологічної цінності продукту [11].

Фумонізини в сухих зразках так само проявляли стійкість до дії іонізуючої радіації. Так, опромінення зразків кукурудзи в дозах 5 і 10 кГр призводило до зниження його концентрації на 21% і 62,5% відповідно, навіть при високій вологості зерна. Відомо, що молекули фумонізинів дуже стабільні і мають відносно високу термостійкість і світлостійкість. Отже, руйнування мікотоксинів за допомогою гамма-опромінення в реальних продуктах вимагає застосування більш високих величин доз опромінення, ніж для інактивація їх продуцентів. Не всі види продукції можуть бути оброблені в таких дозах [5].

Тому необхідний пошук найбільш оптимальних режимів радіаційної обробки різних продуктів, в залежності від їх подальшого використання. Вчені розпочали роботу з вивчення всебічних аспектів можливості використання радіаційної обробки для вирішення проблеми знешкодження мікотоксинів. В якості пілотного дослідження була виконана оцінка впливу іонізуючого випромінювання на елімоклавін, який відноситься до ерготоксинів – основних діючих речовин з плодкових тіл (склероціїв) мікрогрибів ріжків.

Цей гриб вражає більше 150 видів дикорослих і культурних злаків, головним чином жито, а також пшеницю, овес, ячмінь та

ін. Ерготоксини мають виражену біологічну активність, під їх дією настає спазм гладкої мускулатури кровеносних судин, знижуються ефекти від адреналіну і серотоніну, розвиваються галюцинації, стимулюється дихальний центр. Опромінення розчину цитрату елімоклавіну (концентрація 0,1 г/мл) виявило залежне від дози іонізуючої радіації зниження його вмісту. Так, при максимальній дозі гамма-випромінювання в 10 кГр концентрація елімоклавіну зменшується на 69%, що свідчить про лише часткову деградацію елімоклавіну. Але необхідно відзначити, що вихідна концентрація сполуки була на кілька порядків вище, ніж та, яка виявляється в забруднених продуктах. Отже, радіаційне опромінення дозволяє істотно знизити концентрацію токсичних екзометаболітів з різною молекулярною структурою. В цьому зв'язку, досягнення великих доз опромінення за допомогою електронних прискорювачів з енергією електронів до 10 МеВ, що пробивають зразок на глибину понад 4 см, є досить перспективним і вимагає подальших досліджень.

Також важливо ідентифікувати утворені продукти деградації мікотоксинів і оцінити їх токсичність. Всі ці способи радіаційної обробки актуальні для продовольчої сировини і кормів, які можуть вживатися людиною і тваринами. На сьогодні, радіаційне опромінення в дозах більше 5 кГр повністю виключає можливість використання обробленого таким способом зерна в якості посівного матеріалу, але застосування електронних прискорювачів з енергією електронів близько 100 кеВ, які ще розробляються, дозволить вирішити цю задачу. Використання такого підходу дасть змогу отримати «чистий» від мікробіологічного забруднення посівний матеріал, який проходить через спеціальну камеру з 2-ма джерелами електромагнітного випромінювання, де необхідні дози опромінення формуються у поверхневому шарі зерен, не руйнуючи внутрішньої структури ендосперму.

Таким чином, використання різних типів радіаційних установок та режимів опромінення, які оптимальні для чисельних продуктів, забруднених мікотоксинами і їх продуцентами, може стати одним з найбільш ефективних способів отримання безпечних продуктів харчування і «чистого» посівного матеріалу.

## Література

1. Frisvad J.C., Samson R.A. Filamentous fungi in foods and feeds: ecology, spoilage and mycotoxins production. In: Arora DK, Mukerji KG, Marth EH, eds. Handbook of Applied Mycology: Foods and Feeds. New York, NY: Marcel Dekker, 1991. P. 31-68.
2. Монастырский О.А. Современное состояние и проблемы исследования токсикогенных грибов, поражающих злаковые культуры // Актуальные вопросы биологизации защиты растений. Пушино: ВНИИБЗР, 2000. С. 79-89.
3. Кравченко Л.В. Микотоксины как природные контаминанты пищевых продуктов и кормов. М.: Медицина, 1985. С. 7-28.
4. Osweiler G.D. Clinical characteristics of specific mycotoxicoses in horses. In: Gonçalez E, Felício JD, Aquino S, eds. Mycotoxicoses in Animals Economically Important. New York, NY: Nova Science Publishers, 2010. P. 14-15.
5. Кобялко В.О., Саруханов В.Я., Полякова И.В. Перспективы использования радиационной обработки для решения проблемы микотоксинов в сельскохозяйственном сырье и пищевой продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 187-191.
6. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. МоскваОбнинск: ИНФОРМПОЛИГРАФ, 2015. 400 с.
7. Aziz N.H., Souzan R.M., Azza A.S. Effect of gamma irradiation on the occurrence of pathogenic microorganisms and nutritive value of four principal cereal grains // Applied Radiation and Isotopes. 2006. V. 64. P. 1555-1562.
8. Thayer D.W. Extending shelf life of poultry and red meat by irradiation processing // Journal of Food Protection. 1993. V. 56. P. 831-833.
9. Санжарова Н.И., Гераськин С.А., Исамов Н.Н. и др. Научные основы применения радиационных технологий в сельском хозяйстве. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2013. 133 с. ISBN 978-5-903386-31-4.

10. Козьмин Г.В., Кобялко В.О., Лыков И.Н. и др. Радиационные агробiotехнологии: исследование микробиологической безопасности и качества облученной продукции //Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. Калуга: Калужский государственный институт развития образования, 2015. Вып. 20. С. 216-225.

11. Мамедов Х.Ф. Радиолитические процессы во влажных зернах кукурузы, пшеницы и ячменя / Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия». 2013.Т. 26 (65). № 2. С. 226-238.

12. Abouzeid M.A., Abd-Elrahman D.G., Hassan A.A. et al. Use of Gamma Irradiation to Control *Fusarium verticillioides* Producing Two Known Mycotoxins in Infected Corn International Journal Of Agriculture & Biology // International Journal of Agriculture Biology. 2003. V.5. P. 4-10

*Annotation.* The problem of contamination of agricultural raw materials and food products with mycotoxins and methods of its solution is considered. The possibility of using radiation treatment for destruction of mycotoxin producers and its toxic metabolites in different types of products is estimated. The problems of using ionizing radiation at different stages of mycotoxin control are analyzed. Effectiveness of irradiation application at treatment of different kinds of agricultural and food products is estimated.

*Keywords:* radiation treatment, mycotoxins, agricultural raw materials, food products, producers of mycotoxins, fungi, aflatoxin.

## **ФЕРРОЦИАНИДНЫЙ СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ КЛИНОПТИЛОЛИТОВОГО ТУФА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЦЕЗИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ВЫСОКИМ СОЛЕСОДЕРЖАНИЕМ**

*Бондарь Ю. В., Кузенко С. В., Сливинский В. М.  
ГУ “Институт геохимии окружающей среды” НАН Украины, г.  
Киев*

При эксплуатации объектов атомной энергетики образуются большие объемы жидких радиоактивных отходов (ЖРО), которые представляют потенциальную экологическую опасность в связи с высокой суммарной активностью, а также возможностью выхода радионуклидов в окружающую среду. Одним из рассматриваемых вариантов решения проблемы является сорбционная очистка ЖРО от долгоживущих радионуклидов до достижения остаточной активности уровня снятия с регулирующего контроля. В этой связи разработка новых эффективных сорбционных материалов приобретает особую актуальность. Для успешного промышленного внедрения сорбенты должны обладать такими характеристиками как селективность, высокая емкость, способность обеспечить очистку больших объемов загрязненных вод за небольшое время, невысокая стоимость.

В мировой практике для очистки водных растворов, загрязненных радионуклидами цезия, стронция, кобальта, урана и др. нашли применение природные цеолиты (клиноптилолит, шабазит, морденит). Однако, несмотря на доступность и невысокую стоимость природных цеолитов, их применение в качестве селективных сорбентов для очистки растворов от радионуклидов ограничено достаточно узким интервалом значений рН (близкие к нейтральным растворы) и низким солесодержанием (разбавленные растворы). Для расширения возможностей использования природных цеолитов в качестве селективных сорбентов рассматриваются различные технологии их модификации, одной из которых является синтез композитов с использованием цеолита в качестве матрицы-подложки, на поверхность которой наносят фазу неорганического компонента

с селективными свойствами по отношению к выбранному поллютанту.

Высокоселективными сорбентами для радионуклидов цезия в широком диапазоне рН являются нерастворимые двойные ферроцианиды (ФЦ) двухвалентных переходных металлов. Однако нерастворимые ФЦ синтезируют обычно в виде ультрадисперсных частиц, которые мало пригодны для практического использования в связи с их низкой механической стойкостью и пептизацией в слабоминерализованных и щелочных растворах. В представленной работе рассмотрен синтез нового композитного сорбента для селективного выделения радионуклидов цезия на основе клиноптилолитового туфа Сокирницкого месторождения путем формирования ферроцианидной фазы на поверхности образцов туфа.

Образцы природного и композитного клиноптилолита апробированы в качестве сорбентов для выделения ионов цезия из модельных растворов различного состава. Показано, что адсорбционные параметры природного цеолита уменьшаются с увеличением концентрации конкурирующих ионов натрия и калия в растворе. Образцы композитного сорбента продемонстрировали высокие адсорбционные параметры при сорбции ионов цезия из модельных растворов с высоким содержанием. Осаждение ферроцианидной фазы на поверхность клиноптилолитового туфа приводит не только к увеличению селективности композитного сорбента по сравнению с природным клиноптилолитом, но и к усилению фиксации адсорбированных ионов цезия внутри сорбента.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что синтезированный композитный сорбент на основе клиноптилолитового туфа Сокирницкого месторождения с осажденной ферроцианидной фазой представляет несомненный интерес для практического использования в процессе сорбционной очистки природных вод и высокосолевых технологических растворов от радионуклидов цезия.

# АРХИТЕКТУРА РОЗПОДІЛЕНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ НА ОСНОВІ BLOCKCHAIN ТЕХНОЛОГІЇ

Бурмака Іван Анатолійович  
Чернігівський Національний Технологічний Університет,  
Ivan.Bourmaka@stu.cn.ua

**Abstract:** *Intrusion detecting systems are the important part of every corporate network. But but amounts of traffic in modern corporate networks is so big that centralized intrusion detecting systems can not process such amounts of traffic. So modern corporate networks need distributed intrusion detecting system. But distributed intrusion system in the big corporate network need a mechanism of setting trust between the nodes. A blockchain can be used as such kind of mechanism, but most of working blockchains use cases are related to cryptocurrencies, where blockchain is successfully used as a decentralized database which saves all history of transactions and has a mechanism for checking data integrity. But using a blockchain technology requires architecture which is slightly different from the standard distributed intrusion detecting system architecture. But blockchain based architecture will be more flexible.*

*So we propose architecture of blockchain based distributed intrusion detecting system which will have high stability and will be easy to scale. We achieve this by using microservice-like components which are joined into a network by blockchain components.*

**Keywords:** Intrusion detecting system, architecture, blockchain, proof-of-stake.

*Анотація: Розглянуті переваги та недоліки використання blockchain технології в розподілених системах виявлення вторгень. Запропонована архітектура розподіленої системи виявлення вторгень на основі blockchain.*

**Ключові слова:** Система виявлення вторгень, blockchain, proof-of-stake.

## Вступ

У зв'язку із швидким розвитком мережових технологій значно зростають вимоги до засобів захисту корпоративних мереж від вторгень.

Однією з найбільш відомих, є концепція глибокого захисту мережі. Її ідея полягає в багаторівневості захисту, що дозволяє зменшити збитки пов'язані з можливими порушеннями безпеки мережі. При цьому одним з найголовніших компонентів для захисту є системи виявлення вторгнень (СВВ).

Проте через зростання об'ємів трафіку в корпоративних мережах використання централізованих засобів захисту стає неможливим через великі обчислювальні навантаження на обладнання. Найбільш раціональним рішенням в даному випадку стають розподілені системи виявлення вторгнень.

Але однією з головних проблем для розподілених колективних систем виявлення вторгнень є проблема збереження даних. Централізоване сховище в даному випадку далеко не найкращий варіант, оскільки воно буде центральною точкою відмови і у випадку відмови сховища розподілені вузли не зможуть працювати. При використанні ж розподіленого сховища виникає проблема забезпечення цілісності та відповідності даних на всіх вузлах. blockchain технологія — один з варіантів вирішення цієї проблеми. Але архітектура системи виявлення вторгнень на основі Blockchain достатньо сильно відрізняється від стандартної архітектури системи виявлення вторгнень.

Переваги використання архітектури на основі blockchain технології для системи виявлення вторгнень

Blockchain - це фактично структура, що являє собою ланцюжок блоків, що поєднані між собою за допомогою криптографічних хешів, при цьому ланцюжок може тільки збільшуватися за рахунок додавання нових блоків. Кожен блок містить в собі хеш попереднього блоку, що дозволяє забезпечити цілісність даних та попередити зміну інформації в попередніх блоках. Кожен блок містить в собі структуру даних у вигляді списку, що дозволяє зберігати певний набір транзакцій[1]. Зазвичай blockchain використовується для побудови криптовалют, але використання Blockchain не обмежується тільки криптовалютами.

У системах виявлення вторгнень blockchain можна використовувати для створення безпечного, децентралізованого, розподіленого сховища для зберігання сигнатурних баз, налаштувань та інформації про виявлені вторгнення та аномалії[2].



Для запобігання підробки блоків зазвичай використовуються алгоритми proof-of-work, proof-of-stake та proof-of-elapsed-time - дані алгоритми дозволяють обмежити неконтрольований випуск та підробку блоків ( за умови що більш ніж половина мережі утворена добросовісними вузлами), що значно ускладнює проведення атак на сховище такого типу. Але для використання в системах виявлення вторгнень алгоритм proof-of-work є нерациональним, оскільки вимагає затрати великої кількості обчислювальних ресурсів та електроенергії, що робить систему не вигідною для кінцевого користувача[3]. Інші ж два алгоритми не вимагають таких витрат обчислювальних ресурсів, тому можуть використовуватися в СВВ. При цьому зважаючи переваги та недоліки кожного з алгоритмів консенсусу можна дійти висновку що найбільш універсальним рішенням для відкритої blockchain системи буде алгоритм proof-of-stake[4].

Також для приватного blockchain можна застосовувати алгоритм рactical byzantine fault tolerance — до переваг даного алгоритму можна віднести більш високу енергоефективність, але цей алгоритм ускладнює масштабування системи[5].

Слід мати на увазі що Blockchain передбачає створення сховищ лише в форматі журналу, тобто такого сховища до якого можна тільки додавати нові дані, і не можна змінювати або видаляти старі. Для системи виявлення вторгнень такий варіант сховища цілком придатний, оскільки усі дані з якими працює система в основному тільки додаються (це як сигнатурні бази та налаштування, так і журнали подій).

Отже до переваг використання Blockchain для системи виявлення вторгнень можна віднести :

-Створення децентралізованого сховища, яке не залежить від жодного конкретного вузла.

-Контроль цілісності даних на усіх вузлах.

-Довірений обмін інформацією між вузлами без використання центрального довіреного вузла.

До недоліків Blockchain для систем виявлення вторгнень можна віднести:

-Зростання об'ємів внутрішнього трафіка.

-Неможливість зміни даних що були записані раніше.

-постійне зростання розміру ланцюжка блоків.

Виходячи з цього можна зробити висновок, що Blockchain можна використовувати в розподілених системах виявлення вторгнень з великою кількістю клієнтів, коли коли облік і контроль клієнтів виконати достатньо складно.

### Архітектура розподіленої СВВ на основі Blockchain

Розподілена система виявлення вторгнень має містити кілька основних компонентів, включаючи компоненти моніторингу, компоненти блокування, компоненти обробки та контролю, які поєднані між собою в цілісну систему.

Окрім цього для системи виявлення вторгнень на основі Blockchain необхідні компоненти для роботи з Blockchain — повні blockchain вузли та тонкі blockchain клієнти. Повний вузол зберігає у себе повну копію ланцюжка блоків, тоді як тонкий клієнт звертається до повних вузлів для отримання ланцюжка блоків.

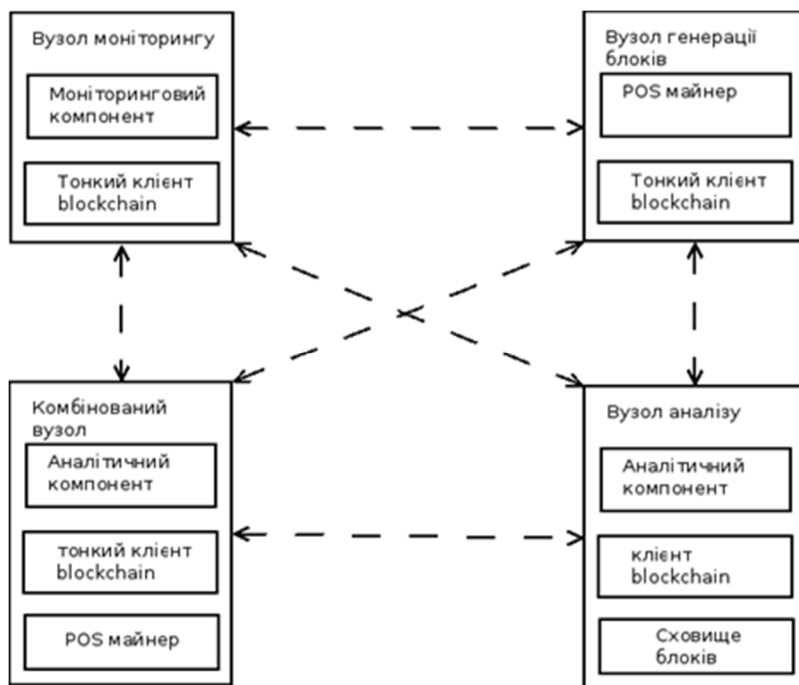


Рис. 1 Архітектура розподіленої системи виявлення вторгнень

Фактично blockchain буде виконувати роль об'єднуючого компонента передаючи повідомлення між вузлами. При цьому кожен вузол має містити хоча б тонкий blockchain клієнт, а для стабільної роботи системи треба якомога більше повних blockchain вузлів. Також blockchain вузли можна розділити на ті які приймають участь у генерування блоків та ті які не приймають участі у генерування блоків. Архітектура такої системи виявлення вторгнень наведена на рисунку 1 (в даному випадку під аналітичним компонентом мається на увазі компонент що суміщує функції компонента обробки та компонента блокування). Але слід зазначити що в реальній системі можуть бути присутні й вузли з іншими комбінаціями компонентів. При цьому не обов'язково щоб вузол який приймає участь у генерування блоків був повним вузлом. Оскільки всі вузли мають певний рівень самостійності, відмова або відключення одного або кількох вузлів не приводить до відмови системи в цілому.

Але така архітектура вимагає встановлення прямого з'єднання кожного вузла з кожним, у випадку їх невеликої кількості, а якщо вузлів багато то кількість з'єднань які може встановити конкретний вузол обмежується певним числом, що попереджає перевантаження вузлів значним потоком даних та кількістю з'єднань. При цьому вузли з якими буде встановлюватися з'єднання обираються таким чином, щоб утворити замкнену мережу, з якомога коротшими шляхами, що дозволить зменшити час розповсюдження інформації в системі.

### **Висновки**

Таким чином архітектура на системи виявлення вторгнень на основі blockchain дозволяє побудувати більш надійну розподілену систему виявлення вторгнень, за рахунок відмови від центрального вузла. Окрім підвищення надійності така архітектура дозволяє рівномірно розподілити навантаження між вузлами Також така архітектура забезпечує більш надійне зберігання даних.

### **Література**

1. S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," 2008.[Online]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

2. Li, W., Tug, S., Meng, W., Wang, Y.: Designing collaborative blockchained signature-based intrusion detection in IoT environments. *Future Generation Computer Systems* 96, 481-489 (Jul 2019), <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X18327237>
3. S. King, “Primecoin: Cryptocurrency with prime number proof-of-work,” July 7th, 2013
4. P. Vasin, “Blackcoins proof-of-stake protocol v2,” 2014. [Online]. Avail-able: <https://blackcoin.co/blackcoin-pos-protocol-v2-whitepaper.pdf>
5. C. Miguel and L. Barbara, “Practical byzantine fault tolerance,” in *Proceedings of the Third Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, vol. 99, New Orleans, USA, 1999, pp. 173–186.

## ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМЫ ОУ-НБК

*Высотский Е. Д., Савельев М. В., Годун Р. Л., Дорошенко А. А.,  
Сущенко К. А.*

На докладе в ходе первой конференции ИНУДЕКО, проходившей 25-27 апреля 2016 г. отдел ядерной безопасности ОЯРБ ИПБ АЭС представил свои выводы о необходимости реализации дополнительного контроля скоплений ядерно-опасных делящихся материалов (ЯОДМ) в системе Объект «Укрытие» – Новый Безопасный Конфаймент (ОУ-НБК) [1].

В частности, в докладе отмечалось, что при прекращении поступления воды от атмосферных осадков в условиях системы ОУ-НБК, вероятность «возвратной» критичности ядерно-опасном скоплении (ЯОС), скрытого в зоне проплавления бетона опорной плиты колодца шахты реактора в юго-восточной части подреакторного помещения 305/2 и содержащего до 20 тон топлива, определяется естественным механизмом обезвоживания среды. В ходе публичного доклада и на основании результатов модельных исследований делался однозначный прогноз, что после надвигки НБК в проектное положение, по мере обезвоживания среды в ОУ, начнется устойчивый рост плотности потока нейтронов (ППН), обусловленных ростом эффективного коэффициента размножения (Кэф). Следует заметить, что по данным долгосрочных наблюдений с помощью Системы Контроля Ядерной Безопасности ИАСК ОУ (СКЯБ) вплоть до текущего момента - данный прогноз подтверждается.

Отсутствие точных знаний о **составе, массе и геометрии** скоплений ТСМ не позволяет доказано гарантировать отсутствие условий для возникновения самоподдерживающейся цепной реакции деления (СЦР) в системе ОУ-НБК. Кроме того, отсутствие технических средств подачи нейтронно-поглощающих материалов (НПМ) непосредственно в зону локализации ЯОС реактора в юго-восточную часть подреакторного помещения 305/2, делает невозможным оперативное подавление параметров критичности в случае достижения аварийных значений Кэф ( $K_{эф} > 0.98$ ) в данном общепризнанном ЯОС.

Вышеназванное обуславливает необходимость исследовать ТСМ ОУ на различных моделях.

Имеющиеся экспериментальные данные размещения геометрии массы топлива в пом.305/2 позволили сформировать консервативную модель ЯОС в виде двухслойной критической композиции с массой топлива 20т с обогащением по U235 1,15 %, вписывающуюся в зону проплавления опорной плиты. Верхний слой, представлен «черными» лавообразными ТСМ (ЛТСМ) с массовой долей топлива 5 %, и нижний слой, представлен керамикой с долей топлива от 50 %. Вся композиция скрыта под слоем «свежего» бетона 1986г. С целью моделирования, ЯОС рассматривается как две (с подкритической и надкритической композициями) гетерогенные водо-урановые системы, в объёме однородной топливной среды в которой равномерно распределены делящиеся материалы, примеси и внутренние источники нейтронов. Структура и плотность размножающей среды ЯОС определяется наличием широкого спектра микро- и макропор, удерживающих влагу. И исходя из вышеназванных модельных допущений Кэф данной системы будет определяться главным образом поступлением или потерей влаги.

В рамках данной консервативной модели, и в условиях гипотезы, что при повторной критичности 1990-го года гашение СЦР произошло в результате «переувлажнения» и удержания воды в размножающей среде за счет регулярных поступлений в зону проплавления атмосферных осадков. Что обусловлено характерной особенностью водо-урановых систем с низкообогащённым топливом. А именно, когда увеличение концентрации воды, приводит вначале к достижению Кэф максимальных значений, а дальнейший рост концентрации приводит к «переувлажнению» и падению Кэф до значений, определяемых влагоемкостью размножающей среды. Т.е. диапазон оптимального увлажнения определяется двумя значениями водо-уранового отношения где  $K_{эф} \geq 1$ . Была просчитана теоретическая возможность возникновения СЦР, мощность нейтронной вспышки при которой будет определяться запасом реактивности, оцениваемой как  $0,3...0,5\beta$  ( $\beta=0,0065$ ) [2, 3].

В рамках данной консервативной модели процесс потери воды в размножающей среде ЯОС будет сопровождаться ростом ППН, что полностью подтверждается текущими наблюдениями. В пользу данной модели свидетельствует корреляция в показаниях детекторов СКЯБ, контролирующих помещение 305/2 [3, 4], а также результаты статистической обработки временных рядов показаний СКЯБ, показывающих, что рост нейтронной активности ЯОС определяется нейтронами вынужденного деления [5].

В настоящее время отдел ядерной безопасности ОЯРБ ИПБ АЭС приступил к просчету ряда обновленных консервативных моделей, в которых, в отличие от существующих уран-силикатных моделей, в состав ТСМ вводится цирконий. Результаты данных расчетов планируется представить к следующей конференции ИНУДЕКО.

На данном этапе для обеспечения ядерной безопасности комплекса НБК-ОУ необходимо реализовать эффективный мониторинг ППН и температуры на периферии потенциально ядерно-опасных скоплений ТСМ в ЦЗ и под пом. 305/2. Это может быть реализовано путем выполнения нерешенной задачи №14 ПОМ [6], либо в рамках предложений ИПБ АЭС [7]. А также начать планирование реализации краткосрочных (принудительной подачи воды или водных растворов нейтронпоглощающих материалов (НПМ) непосредственно в зону локализации ЯОС) и долгосрочных (ввод в объем скопления твердых НПМ) мер подавления параметров критичности.

### **Литература**

[1] Высотский Е. Д., ЯДЕРНАЯ ОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ», INUDESCO 2016

[2] Высотский Е. Д., Годун Р. Л., Дорошенко А. А., Сущенко К. А., ДИНАМИКА НЕЙТРОННОЙ АКТИВНОСТИ И ПОДКРИТИЧНОСТЬ ЯДЕРНО-ОПАСНОГО СКОПЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСА НБК-ОУ, INUDESCO 2018

[3] Є. Д. Висотський, Р.Л. Годун, К. О. Сущенко, ОЦІНКА ПОТОЧНОГО І ПРОГНОЗНОГО РІВНЯ ПІДКРИТИЧНОСТІ ПОТЕНЦІЙНО ЯДЕРНО-НЕБЕЗПЕЧНОГО СКУПЧЕННЯ

## ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ, INUDESCO 2019

[4] Высотский Е.Д., Савельев М.В., АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ АНОМАЛИЙ В ПОКАЗАНИЯХ ППН СКЯБ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЯ», INUDESCO 2017

[5] Godun R., Doroshenko A., Skorbun A., Vysotsky E., Sushchenko K., Statistical analysis of neutron activity, registered by the nuclear safety monitoring system (NSMS IAMS) NSC-SO

[6] План Осуществления Мероприятий на объекте «Укрытие»

[7] Р. Л. Годун, С. М. Стадник, Г. И. Одинокин, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЄИС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА ПОДКРИТИЧНОСТИ СКОПЛЕНИЙ ТСМ ВНУТРИ КОМПЛЕКСА НБК-ОУ

### **Информация об авторах:**

Высотский Евгений Дмитриевич – к.т.н., с.н.с., Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины; e-mail: ipb.doroshenko@gmail.com. Основные направления научных исследований: ядерная безопасность; контроль подкритичности.

Савельев Максим Владимирович – к.т.н., Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины; e-mail: m.saveliev@ispnpp.kiev.ua

Роман Годун – Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины; e-mail: Rgl.wmw@gmail.com Основные направления научных исследований: ядерная безопасность; контроль подкритичности

Анатолий Дорошенко – Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины; e-mail: ipb.doroshenko@gmail.com Основные направления научных исследований: ядерная безопасность; контроль подкритичности, превентивные меры подавления СЦР.

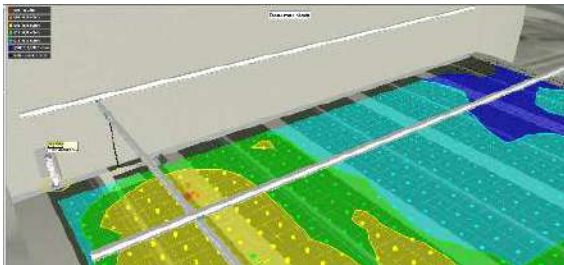
Константин Суценко– Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины.



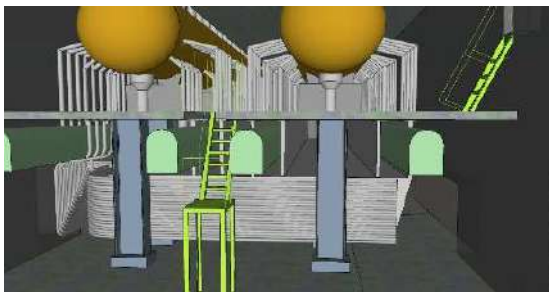
## ТЕХНОЛОГІЇ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ЗНЯТТІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЧАЕС

*Гаврилін Антон, Ланських Федір- ДСП «Чорнобильська АЕС»,  
Україна*

В рамках проекту міжнародної технічної допомоги при співробітництві ЧАЕС та Норвезького енергетичного інституту (Institut for energiteknikk, IFE) створено Центр візуалізації зняття з експлуатації. Мета - впровадження технологій тривимірного моделювання, візуалізації та віртуальної реальності для підвищення ефективності та безпеки проведення робіт на етапах зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС.



В рамках цього проекту розробляються тривимірні моделі будівель, споруд, об'єктів та устаткування майданчика ЧАЕС. Результати інженерних та радіаційних обстежень ділянок де планується виконання окремих робіт та операцій зі зняття з експлуатації перетворюються у цифрову форму.



На основі тривимірного моделювання та цифрової трансформації вихідних даних створюються сценарії та візуалізації, що дозволяє всебічно розглядати заплановану діяльність приймати більш зважені рішення щодо подальшої реалізації.

Основні напрямки для використання:

- проведення інженерних і радіаційних обстежень;
- планування демонтажних робіт;
- поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом;
- організація ефективного зберігання та надання інформації про об'єкти ЧАЕС для майбутніх поколінь;
- при плануванні робіт зі зняття з експлуатації, навчання та підготовки персоналу;
- для надання інформації суспільству.

**Автори:**

Гаврилін Антон- державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС», місто Славутич, Київська область, 07101, а/с 11 a.gavrilin@chnpp.gov.ua

Ланських Федір- державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС», місто Славутич, Київська область, 07101, а/с 11 lanskih@chnpp.gov.ua

## **СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» ДЛЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ.**

*Гедзь Олександр Володимирович, в.о. зав. конструкторсько-технологічного відділу № 130 „Систем автоматизації технологій та устаткування”  
ІПММС НАН України. 067 239-87-90 user500@ukr.net*

### **Smart home systems for multi-storey buildings.**

The created hardware and the corresponding software allow automatic control of the basic high-energy engineering equipment of modern high-rise buildings and include it in the “smart city” space of information.

Переважна більшість засобів для побудови систем «розумний будинок» зорієнтована на керування побутовими приладами та простим інженерним обладнанням в масштабі квартири або котеджу. Проте у сучасних містах основна кількість житла це багатоповерхові та багатоквартирні будинки. При використанні переважаючої кількості представлених на ринку засобів для побудови систем “розумний дім” в разі висотної багатоквартирної забудови це буде швидше «розумна квартира». Але без широкого впровадження технологій «розумний будинок» в контексті багатоповерхових будинків неможливо створити повноцінну систему «розумне місто». Створені апаратні засоби та відповідне програмне забезпечення дозволяє здійснювати автоматичне керування основним високоенергетичним інженерним обладнанням сучасних висотних будинків та включати його в інформаційний простір «розумне місто». Такі рішення дозволяють формувати оперативну інформацію для ситуаційних центрів та генерувати інформацію для подальшого комплексного аналізу.

Для побудови таких систем було розроблено спеціалізований контролер.

Він забезпечує прийом 8 аналогових, 8 дискретних сигналів та має 5 реле для керування виконуючими пристроями.

Програма зберігається в ПЗУ контролера, для її зміни необхідний фізичний доступ до контролера та використання спеціальних технічних засобів. Контролер не уразливий до комп'ютерних вірусів і його програмне забезпечення не може бути ушкодженим при випадкових і некваліфікованих діях оператора.

Інформація про поточні та нештатні режими роботи фіксується в енергонезалежній пам'яті. Це дає змогу постійно вдосконалювати програмні та апаратні рішення з метою збільшення надійності та живучості контролера та системи в цілому.

Для захисту від зовнішніх аварій по живленню передбачена гальванічна розв'язка зовнішніх і внутрішніх кіл та захисти від перевищення встановлених напруг.

Розроблено мікропроцесорний блок живлення. Він забезпечує контроль вхідних та вихідних напруг, зарядку та перевірку стану акумуляторних батарей, передачу поточного стану на центральний контролер через внутрішню мережу на базі RS-485.

Предбачений ручний та автоматичний режими роботи. Оскільки передача даних відбувається через хмарні сервіси, диспетчер може знаходитись в довільному місці.

Розроблено спеціалізовану операційну систему карусельного типу. Предбачено виконання різних програмних блоків з встановленою періодичністю. Всі участки коду мають наскрізну структуру і проходяться повністю в кожному робочому циклі.

На локальному рівні використовується RS-485. Для зв'язку між елементами системи використовується власний протокол, для роботи з обладнання сторонніх виробників передбачена підтримка MODBUS. Для передачі інформації в хмарні сервіси використовується ETHERNET.

На базі контролера створені та впроваджені шафи управління (ШУ) для автоматизації та інтеграції в «розумне місто» систем електро-, тепло- та водопостачання, кондиціонування та вентиляції, ліфтового обладнання, протидимового та протипожежного захисту, контролю

загазованості приміщень в багатофункціональних житлових комплексах.

При цьому забезпечується:

- Постійний моніторинг стану обладнання керованого ШУ.
- Контроль параметрів послуг, що надаються (опалення, ГВП, ХВП, освітлення тощо) та їх відповідність нормативам, контроль стану технологічного обладнання та завчасне попередження можливих аварійних ситуацій
  - Візуальне відображення стану обладнання на мнемосхемі.
  - Телеуправління режимами роботи ШУ (включення – відключення насосів і вентиляторів, відкриття і закриття засувки та клапанів).
  - Фіксацію виникнення і зникнення аварійних ситуацій, визначених в ШУ.
  - Оперативну звукову сигналізацію виникнення аварійних ситуацій.
  - Тестування, в разі потреби, засобів зв'язку та індикації.

## КУЛЬТУРОЛОГІЧНА МЕТОДИКА ТА КРЕАТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ГАЛЬМУВАННЯ ІНЕРЦІЇ МЕНТАЛЬНОЇ ТРАВМИ У ПОСТАПОКАЛІПТИЧНИХ СПІЛЬНОТ

Гріза В.А.

ГО «Креативна Україна», Україна, Київ, g.victor65@gmail.com

*The anthropogenic nature of industrial accidents causes mental trauma in communities. The heroes and victims of these crashes need and can be reoriented to productive activities. First, thanks to the chronological-event analysis technique. Second, the use of a wide range of creative tools. Third, they will be able to do it themselves.*

**Keywords:** chronological-event analysis, creative industries, mental trauma

Техногенні катастрофи ХХ-ХХІ ст. стали викликом не тільки для індустріальних систем, але й для соціальних. Антропогенна природа цих катастроф, тобто безпосередня участь конкретних людей – персоналу промислових об'єктів, їх керівництва та дотичних до процесу подолання наслідків трагедій служб і організацій – накладає глибокий відбиток на колективні поведінкові патерни. Але сформовані комплекс героя та/або жертви мають підживлення ураженням психологічно суспільством доволі нетривкий проміжок часу. І вже при житті покоління-учасника у суспільстві спостерігається охолодження емпатії. З одного боку, це є природним механізмом захисту людства від накопичення болю вселенських катастроф. З іншого, породжує конфлікт інтересів з тими верствами населення, які все більше залишаються поза увагою офіційного державного дискурсу, та прийдешніми поколіннями, що не можуть перебрати на себе всі минулі борги. Врешті решт, настає час, коли причетні до катастрофи громадяни вже не є в представленні всього суспільства найбільш ураженими і тими, що потребують нагальної допомоги або, як мінімум, значних компенсаційних заходів. На передній план виходять інші, «більш актуальніші» герої і жертви – як це відбувається в Україні, наприклад, у зв'язку з війною на сході (АТО або ОСС).

Саме у цей проміжок часу дуже важливо не втратити тих громадян, що опинилися на маргінесі уваги та респекту, знайти їм нові суспільні ролі, перезавантажити світосприйняття та світовідчуття, сформулювати нову місію та візію найближчого майбутнього за їх участі. Врешті решт, йдеться про «перелицювання» пріоритетів та векторів розвитку, а також переосмислення символів та образів на полюсах історії та футурології.

Яскравим прикладом наявності такої проблематики слугує Славутич – наймолодше місто України. Яке, з одного боку, є «апофеозом імперії» - результатом солідарності економіки та ідеології союзу «братських республік-сестер». З іншого – живе у шлейфі суму за покинутим атомоградом Прип'ять. Цей шлейф є досить деструктивним для міста, де радіоактивне зараження наразі не настільки загрозове, щоб сприймати Славутич як певне гетто. Але те, що велика кількість населення є або працівниками ЧАЕС, або пенсіонерами, що працювали на ній, а більшість з інших мешканців – члени сімей вищеперерахованих категорій, заважає орієнтації міста у перспективних напрямках розвитку. Патерналістська життєва філософія стримує розвиток підприємницької ініціативи, затушовує необхідність перезавантаження інфраструктурних проектів у сфері освіти, культури, спорту тощо.

Вочевидь, що спростування такої поведінки у сталій системі суспільних відносин є складною та невдячною справою, яка призводить до низки особистих та групових конфліктів. А сама справа не може виконуватися з середини самими носіями застарілої парадигми.

Ситуація з носіями застарілої парадигми ускладнюється ще й тим, що невдовзі після аварії на Чорнобильській АЕС вони отримали ще одну травму: руйнування тої державної системи, яка надала їм певні позитивні гарантії. Натомість, виникло те, що Алан Бадью критикував у роботі 1998 року «Таємна катастрофа»: «Що можна сьогодні побачити в країнах Східної Європи, де здійснюється «перехід» до цієї самої ринкової економіки? Те, що нервовим вузлом цього переходу є відчайдушний пошук власників, що отримав назву приватизації. Я думаю, що ніколи ще не спостерігалось подібне видовище:

країни нестримно прагнуть продати тому, хто більше запропонує, весь свій виробничий потенціал» [1]. Неможливо навіть уявити ті розпач та безпорадність, які виникли у славутичан старшого віку внаслідок цих катаклізмів. Безперечно, що приватизація не торкнулася безпосередньо атомної станції, але загальний фон у країні був саме таким, і це не могло не відбитися у свідомості та життєвій філософії.

Отже, сьогодні необхідно шукати та пропонувати нову методологію диверсифікації соціальних ролей громадян, що опинилися на межі зміни політичних та економічних парадигм, ще й травмованих техногенною катастрофою.

Завдяки розвитку теорії креативної економіки з'являються нові підходи до активізації процесів перегляду існуючого стану речей, аналізу їх під іншими кутами. Наприклад, стосовно Славутича, це можливо робити за рахунок розширення історичної панорами до більш глибокої та детальної періодизації існування субрегіону. Тобто, виходячи за часові обмеження датою народження міста та за його географічні межі, можливо розфокусувати внутрішній зір його мешканців, довгий час зосереджений на чорнобильській аварії та її наслідках.

Практично така періодизація була проведена зі співробітниками комунальних закладів Департаменту культури, національностей та релігій Славутицької міської ради під час проведеного автором ворк-шопу у січні-лютому 2020 року. Учасникам ворк-шопу було запропоновано визначити знакові події або процеси, що відбувалися на території навкруги нинішнього Славутича в певні часи, починаючи з доісторичних давен та включаючи території Любеча, Чернігова тощо. Ці процеси або події, що повинні стати новими символами, могли відбуватися у галузі ремесел або індустрії, соціальних або політичних площинах, стосуватися релігії, освіти чи культури тощо. Не зупиняючись на розбіжностях, які обумовлені персональними знаннями учасників з історії та географії, треба зазначити, що авторська культурологічна методика «Хронологічно-подієва матриця» дозволяє почати вирішення проблеми творення нової культурно-історичної ідентифікації.

Результатом такої практики повинно бути перезавантаження сприйняття історії, розвіювання шлейфу, рефлексії на теми



катастрофи за рахунок оновлення символної мови соціальної комунікації. А це, у свою чергу, дозволяють створення платформи розвитку індустрій туризму, гостинності, розваг, відпочинку, дозвілля і здорового образу життя (ЗОЖ). На цій платформі стане можливим розвиток креативних індустрій, які, у свою чергу, підвищать самозайнятість населення, будуть стимулювати підприємницьку ініціативу задля виробництва оригінальної продукції та унікальних послуг. А далі можна буде очікувати зменшення відтоку населення, залучення до суспільних трансформацій як молодого покоління, так і тих верств більш старших мешканців, які здатні до перезавантаження та входження до, так званого, креативного класу, спроможного продукувати арт-культуру не тільки для власного споживання, але й на експорт, тобто, для туризму.

«Саме становлення нового класу і креативність як економічний фактор лежать в основі багатьох спостережуваних трендів, які, на перший погляд, здаються епіфеноменальними і не взаємопов'язаними. Це і поява повністю нових галузей і типів бізнесу, зміни в способі життя, роботі, споживанні – аж до ритмів, патернів, бажань і очікувань, які керують нашою повсякденністю», - зазначав е 2012 році автор теорії креативного класу Річард Флоріда [2].

Внаслідок реалізації такого алгоритму, ментальна травма постапокаліптичної спільноти – у даному випадку, славутичанської – зможе мати менший вплив на її сьогодення та бачення свого майбутнього. А такі слова, як хакатон, брейнстормінг, нетворкінг, коворкінг, проектна колаборація стануть ужитковими, що допоможе інтегрувати локальний контекст у глобальний.

### **Література**

1. Badiou A. D'un désastre obscure. Sur la fin de la vérité d'État. - Paris: Éd. de l'Aube, 1998.
2. Richard Florida. The Rise of the Creative Class-Revisited: Revised and Expanded. - NY:Basic Books, 2012

UDC 004.056

## INFORMATION SECURITY CULTURE WIDE-SCALE IMPLEMENTATION MODEL

*Dorosh Mariia<sup>1</sup>, Voitsekhovska Mariia<sup>2</sup>*

*Chernihiv National University of Technology, Ukraine*

*<sup>1</sup>mariyaya5536@gmail.com, <sup>2</sup>m.voitsekhovska@gmail.com*

**Abstract.** *In order to create effective security systems for business and government of organizations and institutions, it is necessary to study and take into account the peculiarities of employees' personal culture with mention about different information access levels.*

*Presented work is devoted to problem of information security culture implementation within corporate culture of organization. To solve this problem, a decision-making model is proposed for choosing approaches to improve the organization's information security culture. The presented model takes into account the existing information security culture level of the department and proposes an appropriate improvement strategy. The proposed options are based on the project and process approaches, which determines pace and scope of the changes.*

**Keywords:** *information security; culture; process approach; project approach; improving; organization.*

In order to create effective security systems for business and government of organizations and institutions, it is necessary to study and take into account the peculiarities of employees' personal information security culture (ISC) with mention about different information access levels. It is also necessary to monitor the dynamics of its changes and their ability to distinguish and respond to malicious disinformation attacks. This requires the creation of convenient and accessible information systems that would provide all stages of information security culture management, such as:

1. Research of the existing ISC level of the organization.
2. Determine the dynamics of its changes.
3. Measures development for raising the ISC level.

To provide the first stage it is proposed to develop an information system based on the methods and approaches of fuzzy logic,

mathematical statistics. On the third stage, it is expedient to construct a rule-based model, which depending on the input indicators of the ISC level of the organization and others, has formed a program of actions to increase its level.

At the same time, the issue of automation of information systems protection, taking into account human aspects, remains insufficiently investigated. Researches are mainly focused on the means of identifying technical vulnerabilities of information systems of human-machine interaction.

Such complex system will allow creating conditions necessary for decision making about prevention or timely response to information operating.

The ISC being an integral part of corporate culture by its nature is a complex dynamic system. On the other hand, the organization's information environment is part of the artificially created environment as a result of information production activities of the organization's team and external information space. And every participant of this process affects the security state of business processes being inseparably linked with the information assets of the organization.

Depending on the organization's resources, its capabilities and objectives of conducting an IS audit, the following assessment methods are admitted in practice: the reference assessment, the total costs ownership evaluation and the risk-oriented estimation [1]. Each of the methods has its own advantages, but for assessing the organization's ISC from the standpoint of the information processes participants, a risk-based assessment is almost the single option.

The risk-based IS assessment of the organization is a way of evaluating the IS risks that occur in the organization's information environment, comparing existing IS risks and measures taken to handle them. As a result, an assessment should be made of the organization's ability to manage the IS risks effectively to achieve its goals.

ISC management, as an organizational culture management in general, is possible only with a thorough, deep and long process of development, evaluation and integrated application of positive managerial decisions. Formation of effective corporate culture is a complex and long process, that requires critical evaluation and

continuous improvement.

Thus, if a problem arises with the determination, formation and further improvement of the ISC of employees and participants in the organization's information processes by increasing awareness of IS issues, the introduction of ISC into the socio-technological culture a complex project approach can be used. The main stages can be:

1. substantiation of expediency and necessity of implementation or improvement of ISC in the organization;
2. analysis of the current ISC level in the organization and planning measures for its implementation or improvement;
3. realization of planned activities and ISC implementation for all participants in the organization's information processes.

The question of ISC formation and wide-scale introduction in organizations today should be considered as a standardized procedure. It is clear, that it is necessary to implement ISC introduction using project-based approach and taking into account the need for continuous improvement of this process' implementation. The graphic model presented in Figure 1 contains the project and process approaches in the formation, implementation and realization of the organization's ISC.

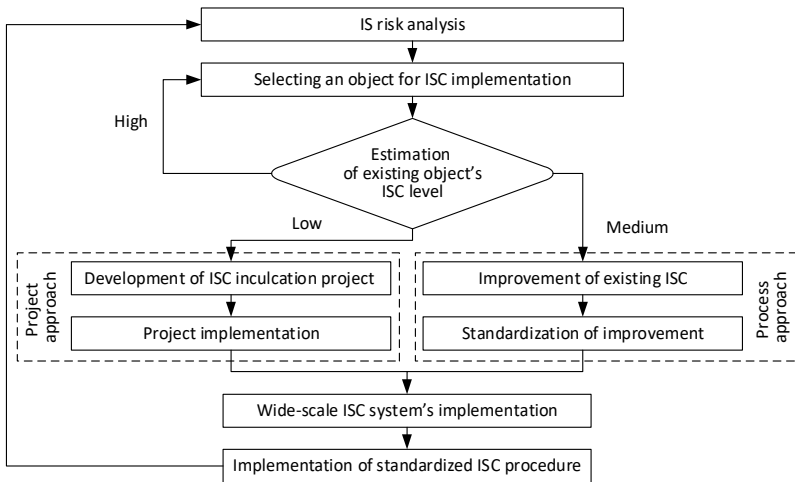


Figure 1. Graphic model of organization's ISC implementation

On the first stage, the choice of the implementation object is carried out. In management practice it is recommended to implement changes initially within a single unit, to identify process errors and eliminate them without significant losses. It may be department with needs of such changes most, or one that has the greatest capacity for change. In such department, the process will be done with less effort and overcome resistance to changes and training costs. As a result of the phase, a team of department specialists should be formed in which the ISC will implement or improve and which will implement the changes. This team should identify the goals and objectives of this changes.

The assessment of the existing ISC level on the selected object may be carried out by various known methods (risk assessment, benchmark assessment or total cost of ownership). In case the level is high it is worth to choose another department. A decision to develop an ISC implementation project is made when ISC level evaluation is indicated as low. It is possible to improve level if it is medium or higher than medium. In addition to defining final evaluations, this process will also provide a basis for further determining the effectiveness of implementing changes by comparing current performance with the resulting.

Further, project or process approaches are applied depending on the ISC level in the selected object. In the first case, the team is developing a project for the ISC introduction in the selected department. Well-known project management methodologies are used here, that should ensure the implementation of changes within a defined time limits, budget and established quality level. The second approach involves developing measures to improve the existing ISC system and standardize the procedure after measures implementation. The process of standardization allows defining the boundaries of processes, and also ensures that everyone will understand and perform the updated process accordingly. The result is a detailed documented procedure (methodology), that describes not only the best ISC support process, but also is a mean to prevent previous mistakes.

The next step is a full-scale implementation of the project introduction of the ISC in the organization and implementation of the standardized procedure. Here it is recommended to use the quality

Deming cycle – Standardize-Do-Check-Act (SDCA) [2]. At the same time, it is necessary to standardize the procedures of the ISC on the level of the organization, to train or retrain the personnel, to require strict implementation of the standardized procedure. On this stage the staff experience and the availability of developed documentation are crucially valuable. It allows to shift to the next level of ISC management in the organization and to provide a higher efficiency of the process` implementation of the continuous improvement of the ISC.

### **References**

- [1] Обеспечение информационной безопасности бизнеса / В.В. Андрианов, С.Л. Зефирова, В.Б. Голованов, Н.А. Голдуев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Альпина Паблишерз, 2011. – 373 с. Режим доступа: <https://reader.bookmate.com/ugUDIFc0>
- [2] Singh, Jagdeep & Singh, Harwinder. (2012). Continuous improvement approach: State-of-art review and future implications. *International Journal of Lean Six Sigma*. 3. 88-111. DOI: 10.1108/20401461211243694.

## ФАЗОВИЙ СКЛАД ЧОРНОЇ КЕРАМІКИ ЛАВОПОДІБНИХ ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ НБК-ОУ

*І.В. Жиганюк, С.В. Габєлков, В.Г. Кудлай, П.Є. Пархомчук,  
С.О. Чиколовець*

**Резюме:** *Визначено 15 кристалічних фаз в чорній кераміці лавоподібних паливовмісних матеріалів НБК-ОУ. В роботі оцінено вміст цих кристалічних фаз в чорній кераміці. Всі ці фази класифіковано за часом їх виникнення на три групи. Перша група фаз сформувалась до аварії на 4-ому блоці Чорнобильської АЕС. Друга група сформувалась під час цієї аварії. Третя група фаз – протягом 34 років після аварії. Отримано характеристики силікатної склофази. Зафіксовано, що станом на сьогодні кристалізація склофази перебуває на початковій стадії. Отримані результати буде використано для прогнозування поведінки і напрацювання методів поводження з ЛПВМ, які сформувались під час аварії на АЕС Чорнобиля і Фукусіми.*

**Ключові слова:** *кристалічні фази, паливовмісні матеріали, чорна кераміка, рентгенівський фазовий і кількісний аналіз, фазовий склад, Чорнобиль, Фукусіма.*

### **Вступ**

В результаті аварії на Чорнобильській АЕС в 1986 році сформувалось близько 1200 тон лавоподібних паливовмісних матеріалів (ЛПВМ). Ці ЛПВМ визначають ядерну, радіаційну і екологічну безпеку комплексу “Новий безпечний конфайнмент – об’єкт Укриття”. За останні десятиріччя вивчені фізико-хімічні властивості ЛПВМ, стадії їх деградації, створена модель еволюції їхньої мікроструктури [1]. Для виявлення нових, раніше невідомих процесів в ЛПВМ і отримання актуальної інформації про їхній стан проведено рентгенівський фазовий аналіз зразків коричневої кераміки [2]. В представленій роботі увагу сфокусовано на чорній кераміці ЛПВМ.

### **Досліджувані матеріали**

Досліджувались зразки чорної кераміки ЛПВМ, характерні для приміщення 305/2 із 4-го блока ЧАЕС. Зразки у вигляді пластин підготовлені методом шліфування для зменшення шорсткості поверхні.

### **Методика досліджень**

Фазовий склад досліджуваних матеріалів визначався методом рентгенівської дифракції (дифрактометр ДРОН-4-07 модернізований 2017 р., схема  $\theta - 2\theta$ , випромінення  $\text{Cu} - \text{K}\alpha$ , монохроматор – монокристал графіту). Встановлено додаткові захисні бар'єри для захисту персоналу від  $\gamma$ -квантів зразків.

Отримані дані рентгенівської дифракції оброблені спеціалізованим програмним забезпеченням, створеним на основі методів комп'ютерної статистики [3].

### **Результати досліджень**

В роботі визначені фази ЛПВМ, за їхнім походженням і розділені на три групи.

I група. Фази, які походять від «вихідних» матеріалів реактору: заліза Fe і нікелю Ni.

II група. Фази, які сформувалися під час аварії:

1. Силікатна склофаза є результатом взаємодії оксиду урану, цирконію, бетону, серпентиніту і більшості матеріалів, які внесені в 4-й блок ЧАЕС під час робіт по ліквідації наслідків катастрофи.

2. Оксиди кальцію і магнію утворились в результаті розкладу доломіту.

3. Силікати магнію є продуктами розкладу серпентиніту.

4. Кубічний оксид цирконію утворився при взаємодії цирконію і оксиду урану.

5. Алюмінат калію, рубідій, оксид кадмію ймовірно внесені під час ліквідації наслідків аварії.

III група. Фази, які формувалися протягом 34 років після аварії:

1. Фази, які містять уран. Магnezитовий ципейт, кальцію натрію заліза ураніл-фосфат і гідратований ураніл-борат натрію сформовано в результаті взаємодії оксиду урану з компонентами бетону, фосфату натрію, сполуками бору, продуктами розкладу доломіту й серпентиніту та водою.

2. Кристалічні фази силікату натрію, натроліту, а також, можливо лейцит, воластоніт, орторомбічний та кубічний оксиди кремнію сформувались в процесі кристалізації склофази в умовах самоопромінення.

3. Кристалічні фази гідросилікату кальцію - ксонотліту, кальцієво-алюмінієвого силікату - гросуляру, гідрооксиду алюмініату кальцію, гідросилікату натрію утворились в



результаті взаємодії склофази та кристалічних фаз, які не містять уран, з водними розчинами.

### **Висновки**

Вперше встановлено, що в чорній кераміці ЛПВМ присутні 15 кристалічних фаз. Також, в чорній кераміці ЛПВМ можливо присутні ще 9 фаз.

Основну частину даних рентгенівської дифракції (74 із 75 рефлексів) отримано шляхом застосування нашого метода обробки даних рентгенівської дифракції для багатофазних матеріалів з низьким вмістом фаз [3].

Сумарний вміст фаз, які сформувалися в ЛПВМ в процесі кристалізації в чорній кераміці, оцінено на рівні до 6 % мас. Це свідчить про те, що процес кристалізації в чорній кераміці знаходиться на початковій стадії. В майбутньому цей процес може стати домінуючим.

Отримані результати про фазовий склад і вміст кристалічних фаз в чорній кераміці ЛПВМ буде використано для прогнозування поведінки ЛПВМ і розробки методів поводження з паливовмісними матеріалами, які сформувалися в умовах аварій на АЕС Чорнобиля і Фукусими.

### **Цитована література**

[1] Габелков С.В., Носовский А.В., Щербин В.Н., Модель деградации лавообразных топливосодержащих материалов объекта «Укрытие». Проблемы безопасности атомных станций і Чорнобиля. – 2016, – вип. 26, – С. 75 - 84.

[2] Габелков С.В., Жиганюк І.В., Кудлай В.Г., Носовський А.В., Пархомчук П.Є., Чиколовец С.О., Щербін В.М., Фазовий склад коричневої кераміки лавоподібних паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» ЧАЕС. Ядерна фізика та енергетика. – 2019, – вип. 20, – С. 388 - 396.

[3] Скорбун А.Д., Габелков С.В., Жиганюк І.В., Кудлай В.Г., Пархомчук П.Є., Чиколовец С.О., Метод обробки даних рентгенівської дифракції для багатофазних матеріалів з низьким вмістом фаз. Український фізичний журнал. – 2019. - Т. 64, № 9. - С. 862-870.

### **Інформація про авторів**

*І.В. Жиганюк – завідувач сектору РМ ВРМРП, Інститут*

*проблем безпеки атомних електростанцій, НАН України; e-mail: i.zhyganiuk@ispnpp.kiev.ua*

*Області наукових інтересів: паливовмісні матеріали, радіоактивні відходи, гідратація іонів актинідів у водних та важководних розчинах, магнітний ізотопний ефект в хімічних реакціях, потенціали міжмолекулярної та іон-молекулярної взаємодії, процеси кристалізації, молекулярна динаміка*

**С.В. Габєлков** – завідувач відділу РМРП, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій, НАН України; e-mail: s.gabelkov@ispnpp.kiev.ua

*Області наукових інтересів: паливовмісні матеріали, їхня деградація, прогнозування, радіоактивні відходи, нанорозмірні порошки і матеріали*

**В.Г. Кудлай** – провідний інженер, ВРМРП, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій, НАН України; e-mail: v.kudlai@ispnpp.kiev.ua

*Області наукових інтересів: паливовмісні матеріали, радіоактивні відходи*

**П.Є. Пархомчук** – провідний інженер, ВРМРП, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій, НАН України; e-mail: parkhotchuk@ispnpp.kiev.ua

*Області наукових інтересів: паливовмісні матеріали, радіоактивні відходи*

**С.О. Чиколовець** – інженер, ВРМРП, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій, НАН України; e-mail: s.chikolovets@ispnpp.kiev.ua

*Області наукових інтересів: паливовмісні матеріали, радіоактивні відходи*

## **PHASE COMPOSITION OF BLACK CERAMICS OF LAVA-LIKE FUEL-CONTAINING MATERIALS OF NSC-SO**

*I.V. Zhyganiuk, S.V. Gabelkov, V.G. Kudlay, P.E. Parhomchuk, S.O. Chikolovets*

### **Abstract:**

*15 crystal phases in black ceramics of lava-like fuel-containing materials of NSC-SO are defined. In work the content of these crystal phases in black ceramics is estimated. All these phases classified by time of their forming. The first group of phases was created before accident on*

the 4th block of the Chernobyl NPP. The second group was created during accident. The third group of phases created for the 34 years after accident. Characteristics of the silicate glass phase are defined. It is indicated that for today a crystallization of the glass phase on an initial stage. These results will be used to forecast behavior and develop methods and technologies for management of fuel-containing materials, which were formed during accidents on the NPP of Chernobyl and Fukushima.

**Keywords:** crystalline phases, fuel-containing materials, black ceramics, X-ray phase analysis, phase composition, Chernobyl, Fukushima.

#### **Authors' Information**

**I.V. Zhyganiuk** – Head of Sector of Radiation Materials Science, Institute for Safety Problems of NPP, NASU;

e-mail: i.zhyganiuk@ispnpp.kiev.ua

Major Fields of Scientific Research: fuel-containing materials, radioactive waste, hydration of actinides ions in aqueous and heavy water solutions, magnetic isotope effect in chemical reactions, potentials of the intermolecular and ion-molecular interaction, crystallization processes, molecular dynamics

**S.V. Gabelkov** – Head of Department of Radiation Materials Science and Radiation Instrumentation, Institute for Safety Problems of NPP, NASU;

e-mail: s.gabelkov@ispnpp.kiev.ua

Major Fields of Scientific Research: fuel-containing materials, degradation of fuel-containing materials, radioactive waste, nano powders and materials

**V.G. Kudlay** – Senior Engineer, Institute for Safety Problems of NPP, NASU;

e-mail: v.kudlai@ispnpp.kiev.ua

Major Fields of Scientific Research: fuel-containing materials, radioactive waste

**P.E. Parhomchuk** – Senior Engineer, Institute for Safety Problems of NPP, NASU;

e-mail: parkhomchuk@ispnpp.kiev.ua

Major Fields of Scientific Research: fuel-containing materials, radioactive waste

**S.O. Chikolovets** – Staff Engineer, Institute for Safety Problems of NPP, NASU;

e-mail: s.chikolovets@ispnpp.kiev.ua

Major Fields of Scientific Research: fuel-containing materials, radioactive waste

# FINANCING COMMUNITY SUSTAINABILITY PROJECTS VIA COOPERATIVES AND CROWDFUNDING

*Zinchenko Andrij*

*Experience of successful crowdfunding campaign for “Solar Town” energy coop in Slavutyich, Ukraine provides a good model for financing local sustainability initiatives. Both in Ukraine and globally*

## **Solar Power in the Town of Nuclear Engineers**

Right at the very center of Slavutyich, a town of nuclear engineers in Northern Ukraine 3 brand new solar power-plants are covering roofs of administrative buildings silently churning out renewable electricity into the grid.

The power-plants have relatively installed capacity – only 240 kWt DC with maximum of 200 kWt AC output. They belong to a local solar energy cooperative, financed by its 97 members who collectively invested over EUR 150 000. The team behind the project believes that it is one of the small steps to re-invent the town of nuclear engineers and to unlock a broader sustainability and innovation potential for local communities in Ukraine and beyond.



*View on one of the solar power-plants of Solar Town municipal energy coop*

## **Under-banked Local Sustainability**

Sustainability projects in local communities are often under-financed. On one hand, they are way too small for large developers to participate. For them a large-scale projects like 10 MWt solar projects are way more lucrative. On the other hand — banks are also not really attracted to smaller local projects — too much of hassle and not so much profit.

So, when we are considering about small renewable energy projects (under 1 MWt), small-scale organic production, local transportation solution, financing them

It is especially true for Ukraine, where local banks' credit interest rates are times higher than in developed world. At the same time larger international financing institutions provide financing that at better conditions. Instead, the level of administrative overhead in most cases proves prohibitive for smaller teams.

Thus, in many ways local sustainability initiatives in the sphere of renewable energy face challenges similar to star-ups. The later have so-called “valley of death” problem — a period when they know what kind of product they want to sell but it takes time, capital and effort to provide that product to the market.

One of the option remaining for local sustainability projects is the help from donor agencies. But again, financing from donors often involves all kinds of limiting actions. Donors often ask for non-profit character of the initiatives they support.

### **EUR 150 000 in 4 months**

The team behind Solar Town — a first Ukrainian municipal solar energy coop was clearly aware of the challenges of small scale renewable energy projects in Ukraine . In fact most part of the team possesses significant experience of working in the NGO sphere assisting Ukrainian businesses and startups working in the sphere of renewable energy and more broadly - sustainability.

The business plan and financial calculations of Solar Town changed several times before the team arrived at the sum somewhat larger than EUR 150 000. This is the capital cost of constructing a 200 kWt solar power-plant located on municipal rooftops in Slavutysh. Project team quickly understood that banks will not be able to provide financing. Ukrainian banks just did not have the capacity to work with coops, since they still do not possess reliable ways to obtain collateral from coops.

That is why from the very beginning the Solar Town relied on crowdfunding - financing from its own participants. Over 90% of financing the project have attracted between August and November of 2019. In fact, during that period the project carried out a full-fledged equity crowdfunding campaign — future cooperative members provide financing becoming a co-owners of a small-scale solar energy business. With over EUR 35 000 of small investments into Solar Town every month of its crowdfunding campaign, it can be considered a solid success.

### **Lowering Entry Barriers to Investments**

Analyzing the results of Solar Town launch, the team came to a conclusion, that the success of involving new cooperative members can be explained by several important factors. The most important among them — using a well-known cooperative tool in combination with modern approaches of carrying our crowdfunding campaign.

Another important part of the equation — democratization of investment into renewable energy. The energy sphere is often considered to be a field fit only for large players with significant financial resources. Solar Town team decided to be inclusive and set up the price of 1 cooperative share of UAH 15 000, which was around EUR 550 at the start of the crowdfunding campaign.

This decision allowed to attract 97 members of the cooperative who invested very different sums of money – starting with minimal EUR 550 and ending with EUR 15 000. The theory of democratization of energy investments turned into solid practice as for many coop members low entry barrier was a key in their decision-making.

### **Local Community as a Partner**

For Solar Town cooperative the local community serves as a true partner in their efforts. From the very beginning the local municipal enterprise - Agency for Regional Development as well as city authorities were assisting the coop. The Agency have also become one of the first members of the cooperative – both supporting initiative on the part of of the town and exercising the necessary municipal oversight.

But the partnership went way beyond that. From the very beginning, the cooperative made a commitment to donate 5% of its annual income for city projects. Besides that, Solar Town team was

interested to attract as many locals into coop as possible in order to ignite ownership feelings among dwellers of Slavutyich. In order to achieve that, 2-week exclusive investment period for locals was provided at the very beginning of the crowdfunding campaign.

This attitude of partnership between the coop and the town turned out to be very important for the successful investment attraction campaign for Solar Town. It turned out people tend to trust more to the partners who have already demonstrated ability to establish meaningful partnerships.

### **Cooperative Lego for Sustainability**

It is really amazing how many shapes and figures can be made out of relatively simple Lego bricks. Solar Town team figured out that the cooperative, crowdfunding and community bricks can fit together enabling local communities to launch solar, biogas, waste management, water purification or any other type of project they really need to move towards sustainability.

Solar Town team is getting prepared to share its experiences with other communities who are looking to launch new sustainability projects via cooperatives and crowdfunding in their communities. More materials are available upon request to [zinchenko.andrij@gmail.com](mailto:zinchenko.andrij@gmail.com)

## МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

*Казимиров А.С., Беккер Б.И., Евсеев В. Р., Иевлев С.М., Качалин  
И.Г., Краснов В.А., Чорный Е.В.*

### **Аннотация**

В докладе рассматриваются предложения по созданию комплекса установок для проведения характеристики радиоактивных материалов с целью сортировки на радиоактивные отходы (РАО) и материалы, которые могут быть освобождены от регулирующего контроля. Такая задача актуальна как для действующих АЭС, так и при снятии с эксплуатации объектов атомной энергии. Эти предложения основаны на уже апробированных технических решениях и методических разработках.

Авторы предлагают логистическую схему характеристики материалов, методические разработки и технические средства, реализующие этот процесс. Набор методических и технических средств, обеспечивает возможность определения радиационных характеристик на уровнях, достаточных для оценки соответствия критериям освобождения.

Радиоактивные отходы (РАО) возникают на всех этапах использования радиоактивных веществ и ядерных технологий - при добыче и переработке урановых и ториевых руд, изготовлении, использовании и переработке ядерного топлива, применении радиоактивных веществ, радиоизотопных приборов и источников ионизирующего излучения в медицине, промышленности, научных исследованиях и т.п. Они представляют собой источник повышенной опасности для населения и окружающей среды. Главной целью обращения с РАО [1] является минимизация их потенциальной опасности.

При этом следует отметить, что основная доля радиоактивных материалов относится к категории низкоактивных РАО. Значительная часть этих материалов может быть освобождена от регулирующего контроля, что снизит



нагрузку на хранилища и позволит вернуть освобожденные материалы в хозяйственный оборот.

В настоящее время установлен порядок освобождения от регулирующего контроля для материалов в твердом виде [2] и уровни освобождения по критерию удельной активности [3].

Внедрение этих требований в практику требует разработки документов в соответствии с [2], а именно установление основного порядка подготовки материалов к освобождению, выполнению измерений и расчетов, подтверждающих соответствие материалов критериям [3], оформлению необходимых документов.

На протяжении многих лет авторы принимали участие в аппаратном и методическом обеспечении в направлении характеристики РАО. Так нами разработан и внедрен СТП НАЭК «Энергоатом» [4], которым был определен порядок проведения измерений характеристик упакованных низко- и средне активных РАО [5] с помощью нашей установки СЕГ-001м «АКП-С»-ТРО (рис.1).



*Рисунок 1. Установка СЕГ-001м «АКП-С»-ТРО.*

Еще одним шагом в развитии методического обеспечения явилась разработка и внедрение методики косвенного определения удельной активности радиоизотопов  $^{238}\text{Pu}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$

в пробах объектов окружающей среды зоны отчуждения ЧАЭС [6] на основании результатов измерения удельной активности реперных радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{154}\text{Eu}$  и установленных для реперных радионуклидов весовых коэффициентов. Удельные активности реперных радионуклидов определяются с помощью серийных сцинтилляционных спектрометров энергий бета-гамма-излучений типа СЕБ-01 и СЕГ-001 с программным обеспечением AkWin производства АКП (рис.2).



*Рисунок 2. Сцинтилляционные спектрометры энергий бета-гамма-излучений типа СЕБ-01 и СЕГ-001.*

В течение последнего времени авторами разработаны программные средства расчета содержания трудноизмеряемых радионуклидов в партиях РАО, основанные на методе весовых коэффициентов в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ [10].

Помимо этого, создана и утверждена методика выполнения измерений [7], разработан и испытан спектрометр энергий гамма-излучения СЕГ-001 «АКП-С» «КЕРН» (рис. 3), который может использоваться для радиационного контроля металла в виде труб и длинномеров.

В рамках европейского проекта U4.01/10BE в 2014-2016

годах авторы участвовали в разработке проекта методологии освобождения материалов от регулирующего контроля, которая рекомендована как базовый проект по созданию системы освобождения ПРМ.



*Рисунок 3. Спектрометр энергий гамма-излучения СЕГ-001 «АКП-С» «КЕРН».*

В настоящее время основным источником РАО Украины являются действующие АЭС. НАЭК «Энергоатом» разработал документ [8], в котором уделено много внимания вопросам определения характеристик РАО действующих АЭС.

В последнее время НАЭК «Энергоатом» обсуждает проект по созданию участка сортировки ПРМ для подготовки к освобождению от регулирующего контроля. Внедрение такого процесса потребует определенных организационных и технических усилий.

На наш взгляд уже созданные методические и технические средства позволяют интегрировать из них комплекс, позволяющий решать основные вопросы освобождения материалов от регулирующего контроля.

Первым этапом является подготовка материалов к измерениям в зоне строгого режима. При этом должны быть решены два вопроса – формирование потока материалов и первичное выделение материалов, которые потенциально могут быть освобождены.

Формирование потока материалов является организационной задачей, которая может решаться персоналом АЭС при

поступлении материалов в место сбора путем сортировки по виду и происхождению.

Следующим этапом является отбор материала, который может быть освобожден.

Обычно это производится с помощью стандартных дозиметров по критерию неперевышения контрольных уровней МЭД. Однако это недостаточно показательный метод по сравнению со спектрометрией гамма-излучения.

Мы предлагаем проводить поиск радиационных аномалий путем ручного сканирования порции материала на поверхности стола с помощью прибора ПРС-01 (рис. 4) [9]. Этот прибор по сути является портативным спектрометром, который имеет дополнительные функции выявления радиационных аномалий. Возможности прибора позволяют программно настроить его на определенную, наиболее информативную линию гамма-излучения.



*Рисунок 4. ПРС-01.*

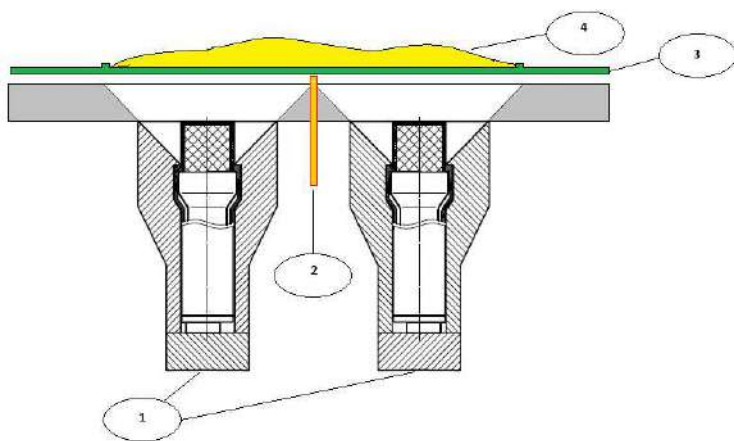
Операции по первичной сортировке должны проводиться в зоне строгого режима АЭС.

Уже отобранные материалы должны поступать в буферный участок в зоне строгого режима, где будет проводиться углубленная сортировка по радиационным характеристикам.

Это предлагается проводить на специальной установке, которая представляет собой стол, на который выгружаются материалы, выделенные на первом этапе сортировки как такие, которые потенциально могут быть освобождены от регулирующего контроля.

Под поверхностью стола размещены 4 одинаковых детектора

(рис.5). Площадь стола – 1 м<sup>2</sup>. Стол графически разделен на 4 части, каждая из которых отмечена соответствующим номером от 1 до 4. Каждый детектор просматривает свой участок стола. В стол могут быть встроены весы для определения массы сортируемого материала. Управление установкой осуществляется компьютером.



*Рисунок 5. Поперечное сечение установки сортировки.*

- 1 – сцинтилляционные детекторы гамма – излучения NaI (Tl) Ø 63×63 мм;*
- 2 – датчик весов;*
- 3 – рабочий стол для сортировки;*
- 4 – сортируемый материал.*

Установка является индикаторной. Она выявляет радиационные аномалии. Результаты контроля показываются на графическом дисплее в цветовом виде для каждого сегмента отдельно. Кроме этого выводится оценка ориентировочной удельной активности материала по одному или нескольким реперным радионуклидам в каждом секторе и оценка ее соответствия установленным рабочим уровням. На этот же дисплей выводится служебная информация, необходимая для управления установкой.

Такая подготовка может обеспечить выполнение требований

по однородности материала в соответствии с п. 4.3 [3] и снизить загрузку установки по освобождению.

Последним этапом является контроль на установке по освобождению. Она должна находиться на контролируемой территории АЭС вне зоны строгого режима. Туда поступают два потока материалов в стандартных упаковках – предварительно отсортированные по радиационным и физико-химическим свойствам материалы из зоны строгого режима и отсортированные по физико-химическим свойствам материалы из других источников на территории АЭС, например, строительный мусор от ремонта помещений.

Перед измерениями контейнеры с материалом взвешиваются для определения нетто веса. На рисунках 6 и 7 показано возможное техническое решение по установке по освобождению.

Установка будет оснащена 2 NaI (Тl) Ø 63×63 мм детекторами, и HPGe детектором с относительной эффективностью около 30%.

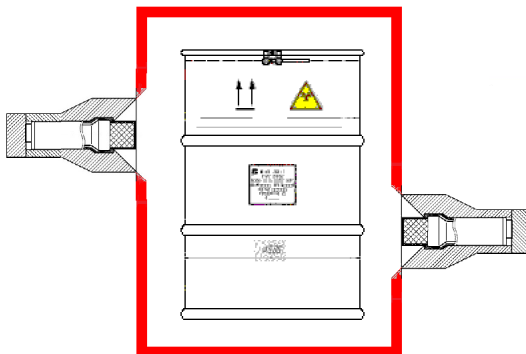
Установка определяет удельную активность материалов с применением метода весовых коэффициентов.

Детекторы в комплексе позволяют решить такие задачи - определение однородности материала в контейнере по радиационным характеристикам, HPGe детектор позволяет подтвердить корректность установленного нуклидного вектора материала, обеспечить качество измерений.

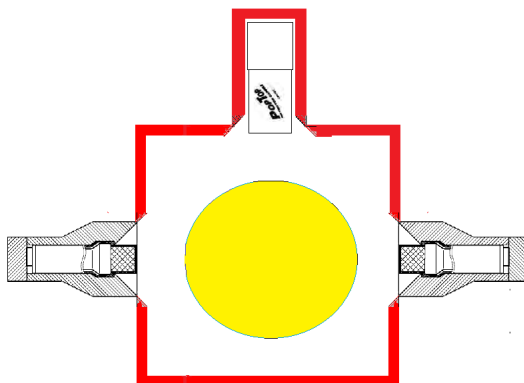
Ожидаемое время измерений одного контейнера – не более 15 мин.

Программное обеспечение установки позволяет формировать паспорта на партии материала в форме, требуемой регулирующим органом.

Таким образом, в Украине уже есть собственные наработки и значительный опыт характеристики РАО и освобождения материалов от регулирующего контроля. Это является хорошей базой для дальнейшего развития направления с обращения с РАО и освобождения радиоактивных материалов от регулирующего контроля. Данное направление может быть развито и для направлений деятельности на предприятиях РАДОН и урановых объектах, для которых эти вопросы достаточно актуальны.



*Рисунок 6. Установка по освобождению. Вид спереди.*



*Рисунок 7. Установка по освобождению. Вид сверху.*

### **Список литературы**

1. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» від 30.06.1995.
2. НП 306.4.159-2010 «Порядок звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю у рамках практичної діяльності».
3. Гігієнічні нормативи «Рівні звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю» затверджені постановою головного санітарного лікаря України від 30.06.2010 № 22.

4. СТП 0.03.051-2004. Стандарт предприятия. Твердые радиоактивные отходы. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА. Общие положения.

5. Тверді радіоактивні відходи. Активність та ізотопний склад. Типова методика виконання вимірювань з використанням сцинтиляційних спектрометрів НВП "АКП" та програмного забезпечення AkWin/AK1-П. МВИ №7-27-05.

6. Удельная активность радионуклидов плутония в пробах объектов окружающей среды Зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Методика косвенных измерений с использованием сцинтилляционных спектрометров гамма-, бета-излучений с программным обеспечением AkWin. МВИ 06-03/11.

7. «Определение активности естественных радионуклидов в объектах окружающей среды». Методическое пособие. Научно-производственное предприятие «АКП». Киев, 1992.

8. «Комплексна програма поводження з радіоактивними відходами у ДП «НАЕК «Енергоатом» ПМ-Д.0.18.174-16.

9. А.С. Казимиров, Г.Ф. Казимирова, Л.Б. Мартынюк, С.М. Иевлев, Е.В. Черный. Приборы для контроля радиационной безопасности на предприятиях ядерно-энергетического комплекса. Материалы научно-технической конференции «Проблеми поводження з радіоактивними відходами в Україні», 11-й международный выставочный форум «Технология защиты-2012», ГК «Украинское государственное объединение «Радон», Киев, 2012 – 111 С, с.68-78.

10. DETERMINATION AND USE OF SCALING FACTORS FOR WASTE CHARACTERIZATION IN NUCLEAR POWER PLANTS, NUCLEAR ENERGY SERIES No. NW-T-1.18, IAEA, VIENNA, 2009

#### **Информация об авторах:**

**Казимиров А.С., Беккер Б.И., Иевлев С.М., Качалин И.Г., Черный Е.В.** – ООО НПП «АТОМКОМПЛЕКСПРИБОР», г. Киев.

02660 г. Киев, ул. Магнитогорская, 1. e-mail [akr@akp.kiev.ua](mailto:akr@akp.kiev.ua)

**Евсеев В. Р.** - Национальный Научный Центр «Институт метрологии», г. Харьков.

61002, г. Харьков, ул. Мироносицкая, 42.

[vladimir.evseev@metrology.kharkov.ua](mailto:vladimir.evseev@metrology.kharkov.ua)



**Краснов В.А** - Інститут Проблем Безопасности АЭС НАН України, г. Чернобыль,  
07270 г. Чернобыль, Іванковский р-н Киевская обл., ул. Кирова 36а. VO\_Krasnov@nas.gov.ua

***Annex for papers written in Ukrainian and Russian***  
***Анотація.***

*Автори презентують можливості проведення характеристики радіоактивних матеріалів для подальшого звільнення від регулюючого контролю. Представлений наш досвід у розробці відповідних приладів та методів. Цей досвід узагальнений у пропозиції по створенні системи для звільнення радіоактивних матеріалів від регулюючого контролю.*

*Система включає в себе логістичну схему характеристики радіоактивних матеріалів, обладнання для кожного етапу характеристики та супутні методологічні розробки. Система перш за все орієнтована на низько активні радіоактивні відходи. Набір технічних засобів, передбачений такою системою, забезпечує можливість визначення радіаційних характеристик на рівнях, достатніх для оцінки відповідності критеріям звільнення.*

***Annotation***

*The authors present the potential to conduct the radioactive materials' characterization for later release from regulatory control. We present our experience in appropriate instrumental and methodological developments. This experience is summarized in the proposal for the system for the potentially radioactive materials free release.*

*The system includes the materials' characterization logistics scheme, instrumentation for every step of the characterization and accompanying methodological developments. The system is primarily designed for low level radioactive wastes. This system provides for the possibility to measure the radiation parameters on the levels, which are enough for assessing the compliance with free release criteria.*

## **ПРОБЛЕМАТИКА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН І СТРАТЕГІЧНА ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДОКУМЕНТІВ ДЕРЖАВНОГО ПЛАНУВАННЯ**

*Коваленко Андрій, Сакаль Оксана,  
Державна установа «Інститут економіки  
природокористування та сталого розвитку Національної  
академії наук України», місто Київ  
A.Kovalenko@nas.gov.ua, o\_sakal@ukr.net*

Solving existing socio-economic problems and further development of the territory affected by the Chernobyl disaster is possible through the development and implementation of relevant national and regional planning documents. The reflection of climate change issues in state planning documents relating to the Chernobyl territories will contribute to a more comprehensive impact of such documents on local development, and the application of strategic environmental assessment procedures will allow verification of the completeness of the reflection of climate issues in state planning documents.

Розв'язання існуючих соціально-економічних проблем та подальший розвиток території, що постраждала від Чорнобильської катастрофи, можливе шляхом втілення крупного інфраструктурно-екологічного проекту під умовною назвою «Чорнобильські території: повернення до життя» (або «Чорнобильський проект») на основі розроблення та реалізації відповідних документів державного планування загальнодержавного і регіонального рівня. Виконання запланованих вищезазначеними документами конкретних заходів дозволило б вирішувати проблеми об'єкта «Укриття», його фінансування; зберігання і переробки відходів; управління землями зони відчуження та інших зон; повернення до господарського обігу і соціально-екологічної реабілітації чорнобильських територій.

Незважаючи на доручення, що містяться в кількох Указах Президента України, щодо схвалення Стратегії подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та відродження територій,

що зазнали радіоактивного забруднення [1] або затвердження стратегії розвитку територій в зоні відчуження і зоні безумовного (обов'язкового) відселення [2], подібна стратегія Кабінетом Міністрів України поки ще не затверджена, хоча її проект було своєчасно розроблено державними органами із поданням зауважень і пропозицій науковцями – зокрема, Державною установою «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України». Після затвердження такої стратегії доцільним є залучення до науково-експертного супроводу її реалізації наукових установ Відділення економіки НАН України.

Як відомо, однією з глобальних Цілей сталого розвитку, визначених Організацією Об'єднаних Націй, є ціль 13 «Вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками», шляхи та моніторинг досягнення якої повинні відображатися в документах державного планування, які, зокрема, стосуються і розвитку чорнобильських територій. Сприяти верифікації такого відображення має процедура стратегічної екологічної оцінки.

Стратегічна екологічна оцінка (СЕО) – відносно новий напрям для науки і практики (регулюючий її закон в Україні введено в дію лише в жовтні 2018 р.). Однак ця проблематика активно розробляється академічними і недержавними дослідницькими структурами, а експертні та консалтингові організації вже друге десятиліття розвивають і вдосконалюють правозастосування та практику проведення такої оцінки.

Як зазначається у виданні ОЕСР «Застосування Стратегічної екологічної оцінки: настанова з належної практики для співробітництва з метою розвитку» (2006 р.), СЕО належить до аналітичних і заснованих на участі підходів, спрямованих на інтеграцію екологічних питань у політику, плани й програми та оцінку взаємозв'язків з економічними і соціальними аспектами [3, с. 17]. А згідно з визначенням Керівництва ЄЕК ООН зі стратегічної екологічної оцінки (2014 р.), СЕО – це систематичний і попереджуючий процес, що використовується для аналізу екологічних наслідків пропонованих планів, програм та інших стратегічних документів, а також урахування отриманих результатів у процесі прийняття рішень [4, с. 11].

Мінприроди України наказом № 296 від 10.08.2018 р. затвердило Методичні рекомендації із здійснення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування [5]. Пізніше вже Мінекоенергетики України надало рекомендації щодо включення кліматичних питань до документів державного планування [6].

У рекомендаціях зазначається, що глобальні зміни клімату та їх місцеві прояви сьогодні є серед визначальних чинників, що безпосередньо впливають на екологічний стан територій, зміну характеру довкілля, здоров'я громадян, продовольчу безпеку, інфраструктуру, регіональний та місцевий розвиток. Тому прояви змін клімату, насамперед негативні, та їхні наслідки не можуть ігноруватися в процесі стратегічного планування розвитку регіонів та територіальних громад і потребують систематичного моніторингу і розробки системи заходів з пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до неї природних екосистем, господарства, зокрема сільського, енергетичного сектору, а також захисту громадського здоров'я та інфраструктури. Відтак рекомендується передбачати в зазначених документах практичні заходи та проекти, спрямовані на вирішення завдань кліматичної адаптації, розвитку природно-заповідної справи та посилення екологічної безпеки територій і населення [6].

При виконанні СЕО документів державного планування (ДДП) рекомендується враховувати специфіку розгляду питань впливу на клімат, яка відрізняється від впливу на інші компоненти довкілля. Так, розглядаючи вплив на клімат в якості компонента довкілля, окремо слід розглядати негативні та позитивні фактори впливу на викиди і поглинання парникових газів. Як додаткові джерела інформації, що мають бути розглянуті для належної оцінки впливу на клімат, для проведення СЕО по ДДП залучаються дані земельного кадастру, статистичної звітності щодо використаних видів енергії, палива та матеріалів, а також енергетичних, паливних та інших матеріальних балансів [6].

Підсумовуючи, зазначимо, що відображення проблематики кліматичних змін у документах державного планування, які стосуються чорнобильських територій, сприятиме більш комплексному впливу таких документів на місцевий розвиток, а

застосування процедур стратегічної екологічної оцінки дозволить верифікувати повноту відображення кліматичних питань у документах державного планування.

### **Література:**

1. Про додаткові заходи з відродження територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, із соціального захисту постраждалих осіб, безпечного поводження з радіоактивними відходами: Указ Президента України від 05.07.2018 № 196/2018. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/1962018-24446>

2. Про деякі питання розвитку територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Указ Президента України від 10.07.2019 № 512/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/512/2019>

3. Applying Strategic Environmental Assessment: Good Practice Guidance for Development Co-operation / OECD Publishing, 2006. 162 p.

4. Информационно-справочное руководство по применению Протокола ЕЭК ООН по стратегической экологической оценке / ЕЭК ООН, Нью-Йорк и Женева, 2014. 223 с.

5. Про затвердження Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування: наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.08.2018 р. № 296. URL: [https://menr.gov.ua/files/docs/nakazy/2018/nakaz\\_296.pdf](https://menr.gov.ua/files/docs/nakazy/2018/nakaz_296.pdf) (дата звернення: 26.08.2018).

6. Рекомендації щодо включення кліматичних питань до документів державного планування / Міністерство енергетики та захисту довкілля України. URL: <https://menr.gov.ua/news/34766.html>

### **Інформація про авторів:**

Коваленко Андрій – Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», місто Київ

e-mail: [A.Kovalenko@nas.gov.ua](mailto:A.Kovalenko@nas.gov.ua)

Сакаль Оксана – Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», місто Київ

e-mail: [o\\_sakal@ukr.net](mailto:o_sakal@ukr.net)

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ІОНІВ НА  
МІГРАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ  $^{90}\text{Sr}$  ЗА ДАНИМИ  
РАДІОГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГА  
КОМПЛЕКСУ НБК –ОУ**

*І. О. Коваленко, М. І. Панасюк, А. Д. Скорбун, І. П. Онищенко\**

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а,  
Чорнобиль, 07270, Україна, [nipanasjuk53@gmail.com](mailto:nipanasjuk53@gmail.com)*

*\*Науково-інженерний центр радіогідрогеоекологічних  
полігонних досліджень НАН України, вул. О. Гончара, 55б, Київ,  
01054, Україна*

Підвищення об'ємних активностей  $^{90}\text{Sr}$  в пробах підземних вод відбувається на фоні підвищення величин рН та концентрацій деяких основних іонів. Однак прямий розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона між цими величинами за допомогою програмного комплексу Excel, дав дані в інтервалі від 0 до 0,5 у більшості аналізованих випадків, що свідчить про відсутність кореляції. Такий результат отримується з ряду причин, основна з яких та, що коефіцієнт кореляції Пірсона, як і інші параметри класичної математичної статистики, розроблено для аналізу випадкових рядів, які є статистично однорідними, без «викидів» і мають певну функцію розподілу, у той час як наші моніторингові дані в своїй більшості такими не являються. Застосування методів комп'ютерної статистики, які ґрунтуються на використанні методів Монте-Карло, без використання формул теорії ймовірностей дозволило наблизитись до вирішення цього питання.

*Ключові слова:* Об'єкт «Укриття», проммайданчик ЧАЕС, підземні води, підвищена міграція радіонуклідів, основні іони, рН, міграція, кореляційні відношення.

За даними проведення радіогідрогеоекологічного моніторингу в районі Об'єкта «Укриття» з 1996 – по 2017 рр., підвищення в 200 – 500 разів міграційної здатності радіонуклідів у підземних водах пов'язане із формуванням сильнолужного середовища з рН більше 9.5. При високих значеннях рН в пробах підземних вод також підвищуються концентрації деяких основних іонів:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$  та інших. Визначення взаємного впливу величин об'ємних

активностей  $^{90}\text{Sr}$ , рН та концентрацій основних іонів в пробах підземних вод допомогло б з'ясувати механізми розповсюдження радіостронцію з підземними водами в довкіллі з високою швидкістю. Фактичні концентрації  $^{90}\text{Sr}$  в пробах підземних вод спостерігаються, в широких межах значень від допустимих рівнів для питної води 1 - 2 Бк/л до високих концентрацій 400 - 2100 Бк/л і вище. З графіків динаміки величин рН, концентрацій  $^{90}\text{Sr}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  та інших іонів видно, що підвищення концентрацій  $^{90}\text{Sr}$  відбувається на фоні зростання величини рН та вмісту іонів кальцію, натрію, а також калію. І навпаки, наприклад, зниження вмісту іонів кальцію призводить до зменшення об'ємної активності  $^{90}\text{Sr}$  в пробах води. Але прямий розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона за допомогою програмного комплексу Excel, дав дані в межах від 0 до 0,5 у більшості аналізованих випадків, що свідчить про відсутність кореляції. Такий результат отримується з ряду причин, основна з яких та, що коефіцієнт кореляції Пірсона, як і інші параметри класичної математичної статистики розроблено для аналізу випадкових рядів, які є статистично однорідними, без «викидів» і мають певну функцію розподілу, у той час як наші дані в своїй більшості такими не являються.

На сьогоднішній день для аналізу подібних даних розроблено так звані методи комп'ютерної статистики, в основі яких лежить підхід, що працювати треба з експериментальними даними, а не з формулами теорії, які їх апроксимують.

Методи комп'ютерної статистики оснований на використанні методів Монте-Карло, без використання формул теорії ймовірностей.

Застосування методів комп'ютерної статистики дозволило математично довести тісний зв'язок між об'ємними активностями  $^{90}\text{Sr}$ , значеннями рН та концентраціями  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  та  $\text{K}^+$  в пробах підземних вод з спостережних свердловин промайданчика ЧАЕС. В деяких випадках коефіцієнт кореляції між цими величинами досягає значення одиниці. Це відкриває шлях до визначення механізмів формування підвищеної міграційної здатності радіостронцію та інших радіонуклідів в довкіллі від джерел надходження до ділянок розвантаження радіоактивно забруднених підземних вод в русло р. Прип'ять, чи в залишкові озера на місці колишнього водоймища – охолоджувача.

## ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ВІД РАДІОАКТИВНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ОРГАНОФІЛІЗОВАНИМИ ГЛИНАМИ

*Ковальчук І.А.<sup>1,2</sup>, Корнілович Б.Ю.<sup>1,2</sup>, Тобілко В.Ю.<sup>2</sup>, Бащак О.Є.<sup>1</sup>, Спасьонова Л.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України,*

<sup>2</sup> *Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ,  
kowalchukiryna@gmail.com*

Промислові підприємства з виробництва та переробки уранової сировини порушують екологічну рівновагу в навколишньому середовищі, забруднюючи водний басейн і ґрунти значними кількостями твердих і рідких відходів [1]. При експлуатації хвостосховищ відбувається інфільтрація радіоактивних розчинів в підземні води. Для запобігання потрапляння радіоактивного забруднення у водоносні горизонти застосовують фізико-механічні (зменшення водопроникності ґрунтів) і хімічні (зв'язування токсикантів) методи. Для ремедіації забруднених сполуками урану ґрунтів використовують промивання ґрунтів розчинами поверхнево-активних речовин, комплексоутворювачів, кислот, мікробіологічні методи.

Низька сорбційна здатність дешевих і доступних неорганічних сорбентів на основі цеолітів і глин щодо аніонних форм неорганічних забруднювачів не дозволяє повноцінно їх використовувати. Модифікування поверхні з використанням поверхнево-активних речовин дозволяє істотно підвищити сорбційну здатність природних сорбентів по відношенню до різних типів органічних і неорганічних токсикантів. У природоохоронній практиці використовують метод органіфілізації глин з використанням катіонних ПАР для обробки глиновмісних шарів ґрунтів в місцях забруднення. При цьому розчин ПАР вноситься безпосередньо в ґрунт на шляху руху забруднених підземних вод з метою створення так званого проникного реакційного бар'єру, який перешкоджає подальшій міграції токсикантів за рахунок їх сорбції на органіфілізованих глинах.

Для дослідження використовували глинисті мінерали Черкаського родовища України - монтморилоніт і палигорськіт. Для отримання органіфілізованих зразків глинисті мінерали



обробляли сіллю чотиризаміщеного амонію - гексадецилтриметиламоній броміду [2]. Склад розчинів за основними аніонними компонентами відповідав складу для підземних мінералізованих вод біля сховища шламових відходів гідрометалургійної переробки уранових руд Східного гірничо-збагачувального комбінату (м.Жовті Води) [3], загальний солеміст становив 5280 мг/дм<sup>3</sup>, рН 7,2.

Для мінералізованих вод, навіть при досить високому вмісті в них урану, характерно його практично повне зв'язування в сульфатні комплекси в кислій області, а також в карбонатні комплекси в нейтральній і лужній області. Максимальні величини сорбції спостерігаються для зразків з високим ступенем покриття поверхні і утворенням на ній переважно подвійних шарів ПАР (при співвідношенні ПАР: КОС 5), для монтморилоніту ці величини складають 31 мг/г, для палигорськиту - 28 мг/г.

Таким чином, застосування методу органофілізації глин в природоохоронних технологіях, наприклад при створенні проникних реакційних бар'єрів в ґрунті для вилучення з підземних вод негативно заряджених карбонатних і сульфатних комплексів урану є найбільш ефективним при застосуванні значної кількості модифікатора і, відповідно, при високих ступенях модифікації поверхні. Такі умови призводять до утворення ділянок поверхні з нанесеними на них позитивно зарядженими подвійними шарами ПАР, сприяє підвищенням значенням сорбції на модифікованих глинах аніонних форм урану, які переважають в забруднених мінералізованих водах.

### **Література:**

1. Корнілович Б.Ю., Сорокін О.Г., Павленко В.М., Кошик Ю.Й. Природоохоронні технології в урановидобувній та переробній промисловості. – Київ. - 2011. – 156 стор.

2. Голембіовський А.О., Ковальчук І.А., Корнілович Б.Ю., Жданюк Н.В. Вилучення сполук U(VI) з вод з використанням органоглин // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». — 2011. — № 6. — С. 154–158.

3. Kornilovych B., Wireman M., Ubaldini S., Guglietta D., Koshik Yu., Caruso B., Kovalchuk I. Uranium Removal from Groundwater by Permeable Reactive Barrier with Zero-Valent Iron and Organic Carbon Mixtures: Laboratory and Field Studies. *Metals*. 2018. 8: 408.

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОЕКТІВ SMR І АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В УКРАЇНІ

*Корнева Ольга Андріївна, ТОВ «SoftServe», м Київ,  
olyakorneva09@gmail.com*

Метою цієї доповіді є огляд існуючих проектів SMR і аналіз перспектив їх використання в Україні.

Сьогодні в світі ведуться дискусії про заміщення великих блоків АЕС малими модульними реакторами (SMR - small modular reactor, англ.). Малі модульні реактори визначаються як вдосконалені реактори для виробництва електроенергії з потужністю модуля до 300 МВт (ел.) [Посилання на МАГАТЕ]. Ці реактори можуть використовуватися в складі одномодульних або багатомодульних станцій і проектуються для постачань в повній заводській готовності енергокомпаніям для подальшого монтажу в міру потреби.

Застосування в атомній енергетиці SMR має за мету підвищення економічності виробництва електроенергії і оптимізації повернення інвестицій за рахунок: зниження капітальних і експлуатаційних витрат шляхом серійного виготовлення модулів на заводі; скорочення термінів будівництва; поступового введення модулів в експлуатацію; можливість перевантаження палива в окремому модулі з мінімальним впливом на КВВП (коефіцієнт використання встановленої потужності). Все це в порівнянні з енергоблоками великої потужності.

Також серед цілей застосування SMR в атомній енергетиці слід розглядати: забезпечення високого рівня надійності і безпеки; нерозповсюдження, утилізація відходів; можливість наближення джерела енергії до споживачів, включаючи енергозабезпечення специфічних районів і територій зі складним географічним розташуванням; можливість роботи енергоблоків в маневреному режимі видачі електричної енергії.

Однак, це в певному сенсі теоретичні переваги, які повинні аналізуватися і підтверджуватися з урахуванням конкретних даних проектів SMR, а також умов енергосистеми конкретної країни.

В даний час розробки по SMR ведуться в багатьох країнах: Аргентині, Франції, Канаді, Індії, Китаї, Японії, Південній Африці, Великобританії, РФ, США, Данії, Південній Кореї та

інших. Діапазон еkleктичної потужності 50-300 мВт. Теплоносії, які використовуються: вода, газ, рідкий метал.

За наявними в офіційному доступі даними, в даний час на етапі будівництва знаходяться кілька проєктів: CAREM-25 в Аргентині, KLT-40S в РФ, HTR-PM в Китаї.

На етапі сертифікації або на заключній стадії проєктування знаходяться: SMART в Південній Кореї, RITM-200 в РФ, PRISM в США. Ще кілька проєктів перебувають на рівні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, серед таких і проєкт американської компанії Holtec International. Зараз Holtec опрацьовує пілотні проєкти для Канади, країн Близького Сходу, а також України. В кінці грудня 2018 року НАЕК «Енергоатом» підписав меморандум з американською інжиніринговою компанією Holtec International про співпрацю в сфері розвитку технологій малих модульних реакторів для того, щоб реалізувати пілотний проєкт з будівництва 6 реакторів типу SMR-160 (потужністю 160 МВт) на майданчику Рівненської АЕС.

Дійсно, енергоблоки №1 і №2 Рівненської АЕС є найбільш «старими» в атомній енергетиці України. Однак в даний час реалізуються рішення щодо продовження терміну експлуатації енергоблоків на 10 років (для енергоблоків №1 і №2 Рівненської АЕС - на 20 років) з видачею відповідних дозвільних документів. Відповідно до Енергетичної стратегії планується продовження експлуатації діючих енергоблоків з реакторною установкою ВВЕР-1000 на 20 років.

Орієнтовна вартість будівництва модульного реактора SMR-160 становить 1 млрд дол. Досить значна сума, враховуючи те, що для заміни одного блоку ВВЕР-1000 буде потрібно шість SMR-160. Немає підтверджених даних по вартості кіловат-години цих сучасних технологій, але вже зараз зрозуміло, що на першому етапі вона буде значно вище, ніж у реакторів великої потужності.

На мій погляд заслуговує на увагу проєкт використання SMR як підтримуюча генерація на майданчиках виведених з експлуатації АЕС. Система виведена АЕС плюс SMR має такі переваги: немає витрат на вибір і узгодження майданчика, на фізичну охорону і будівництво розподільчих мереж і систем, кваліфікацію персоналу. Немає удару по соціальній інфраструктурі. На таких майданчиках можна відпрацьовувати економіку і безпеку SMR.

Виведена з експлуатації ЧАЕС має висококваліфікований

персонал, великі і гарні майданчики з обладнанням і мережами, розвинену інфраструктуру в комплексі з супутньою інфраструктурою з виведення з обігу АЕС (управління РАО, установки з дезактивації матеріалів і виведення їх з регулюючого контролю). Тому, на мою думку, на сьогоднішній день оптимальним майданчиком для будівництва SMR в Україні є майданчик виведеної з експлуатації ЧАЕС. Але перш ніж приймати рішення про будівництво необхідно: розробити техніко-економічної доповідь та Техніко-економічного розрахунки.

У разі позитивного результату аналізів - розробити Техніко-економічний розрахунок за спрощеним варіантом створення заміщаючої потужності на майданчику ЧАЕС із застосуванням SMR, в тому числі, це може бути SMR-160 виробництва компанії Holtec International.

Чому саме реактор SMR-160 компанії Holtec?

По-перше, в перспективі розглядається можливість будівництва в Україні заводу з виробництва таких реакторів і їх експорт в інші країни.

По-друге, як відзначають в Holtec, їх технологія має ряд переваг: безпека і надійність за рахунок більш простої конструкції і використанню пасивних пристроїв; модульність конструкції, що знижує витрати і скорочує терміни будівництва (якщо введення в експлуатацію стандартного великого реактора АЕС займає близько десяти років, то тривалість будівництва SMR-160 близько двох років), термін експлуатації становить 80 років; можливість роботи в маневреному режимі.

Вибір даної технології є найбільш перспективним для України, так як їх технології та готовність нашої нормативної бази найбільш прийнятні.

При цьому треба зазначити, що через відсутність досвіду експлуатації такої установки поки неможливо довести задекларовані переваги.

На мій погляд також слід звернути увагу на модульні реактори Nuscale. Перевага NuScale в тому, що це найпоширеніший тип реакторів на легкій воді, (але на цьому схожість зі звичайними АЕС закінчуються). Ця принципово нова конструкція малого модульного реактора (ММР) має модуль NuScale Power Module повністю заводського виготовлення, здатний генерувати 60 МВт електроенергії при використанні більш надійної, більш мініатюрної і масштабованої версії технології водо-водяного реактора.

Масштабована конструкція NuScale - станція може вміщати до 12 окремих енергетичних модулів - дає переваги безвуглецевої енергії і скорочує фінансові зобов'язання, асоційовані з гігаватними ядерними об'єктами. Це модульний ядерний енергетичний реактор, в сто разів менше традиційних, і при цьому він забезпечує більшу безпеку і мобільність.

Для обґрунтування які технології SMR найбільш ефективні для ЧАЕС необхідно порівняти ці технології за обраними критеріями і факторами. На підставі аналізу визначити технології і проекти, які доцільно розглядати на наступних стадіях діяльності.

Використання сучасних технологій SMR, як підтримуючої генерації на виведених з експлуатації АЕС дозволять Україні стати по-справжньому енергетично незалежною. Це можливість стати одним зі світових лідерів по наближенню сучасного виду генерації до споживача. За малими модульними реакторами майбутнє української енергетики.

#### **Джерела:**

1. [http://atomicexpert.com/small\\_modular\\_reactors](http://atomicexpert.com/small_modular_reactors)
2. <https://www.iaea.org/ru/temy/malye-modulnye-reaktory>
3. <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2019/06/11/648675/>
4. <https://www.unian.net/economics/energetics/10612260-malye-reaktory-na-smenu-krupnym-aes-kak-ukraine-osedlat-volnu-globalnyh-izmeneniy-v-energetike.html>
5. <https://oilpoint.com.ua/ukraina-budet-stroit-malye-modulnye-reaktory-vmesto-bolshih-aes/>
6. <https://interfax.com.ua/news/economic/640041.html>
7. <https://strana.ua/news/248729-ukraina-otkazhetsja-ot-bolshikh-blokov-aes-v-polzu-malykh-modulnykh-reaktorov.html>
8. <https://www.uatom.org/ru/2018/01/15/modulnye-reaktory-maloj-moshhnosti-perspektiva-razvitiya-v-ukraine.html>
9. [https://elektrovesti.net/69571\\_yadernyy-regulyator-ssha-utverdil-proekt-nuscale-malykh-modulnykh-reaktorov](https://elektrovesti.net/69571_yadernyy-regulyator-ssha-utverdil-proekt-nuscale-malykh-modulnykh-reaktorov)
10. <https://npp.d3.ru/>
11. <https://www.atomic-energy.ru/news/2020/02/19/101532>
12. <https://interfax.com.ua/news/press-release/641645.html>

**АНАЛІЗ НЕОРГАНІЗОВАНОГО ПОВІТРООБМІНУ  
НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО  
КОНФАЙНМЕНТУ З ОТОЧУЮЧИМ СЕРЕДОВИЩЕМ  
(попередні результати моделювання за експлуатаційними  
даними)**

*Круковський Павло\*, Скляренко Дмитро\*, Дядюшко Євгеній\*,  
Кондратенко Сергій\*\**

*\*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ, вул.  
Желябова, 2а,*

*Ел.адреса: kruk\_2@ukr.net*

*\*\*ДСП Чорнобильська АЕС м. Славутич Київської області,  
Україна 07101*

*Ел.адреса: kondratenko@chnpp.gov.ua*

*1. **Annotation:** the purpose of the work is to develop and use the model of the hydraulic condition of the New Safe Confinement (NSC) for the analysis of unorganized air exchange of the annular space (AS) and the main volume (MV) with the environment (ENV) through leaky shells and places of leaks under the walls of the NSC, where the membranes are installed, as well as through possible leaks through building structures under these walls. The flow of unorganized air with radioactive aerosols (RA) outside the NSC depends on the pressure in the AS and MV supported by the ventilation units (VU), as well as the direction and speed of the wind flowing around the NSC, which directly determines the radiation effect of the NSC on the environment. The developed model allows us to determine these air flow rates by satisfying the balance of flow rates in the AS and the MV, as well as by satisfying the proximity of the calculated pressure differences between the AS and the MV, the MV and the environment measured during the operation of the NSC. The proximity criterion of the calculated and experimental pressure drops allows us to find the hydraulic conductivity of the model for the following calculation of flow rates. Such calibration of the model was carried out using a sample of pressure differential measurements between AS and MV, MV and environment transferred from the NSC in the time interval from January 17 to February 14, 2020. After determining the hydraulic conductivities of the model, the values of incoming and outgoing unorganized air flows through the western and eastern*

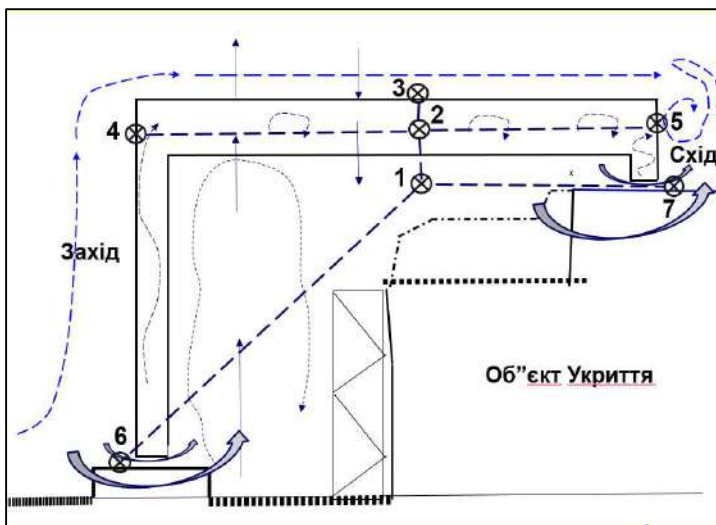
*places of leaks under the NSC walls were estimated for all wind directions during this period of time at speeds ranging from 0 to 7 m/s. Estimations of the maximum values of the air flow rates entering the OO were up to 14 m<sup>3</sup>/s through the places of the western leakages, and the outgoing flows up to 2 m<sup>3</sup>/s through the eastern ones.*

Новий Безпечний Конфайнмент (НБК) є захисною спорудою (рис. 1), що включає в себе обладнання для вилучення із зруйнованого 4-го енергоблоку ЧАЕС матеріалів, які містять ядерне паливо, забезпечення безпеки персоналу, населення і оточуючого середовища, а також перетворення зруйнованого енергоблоку в екологічно безпечну систему. Для забезпечення безпеки персоналу, населення та навколишнього середовища НБК має зовнішню і внутрішню оболонки (рис. 1), які не є повністю герметичними. Не повністю герметичними є також місця ущільнення західної та східної стінами НБК і поверхні будівельні конструкції, а також самі будівельні конструкції під цими стінами. Оскільки в кільцевому просторі (КП) НБК підтримується надлишковий тиск (близько 20 Па), в основному об'ємі (ОО) негативний тиск (близько -10 Па), то через зовнішню і внутрішню оболонки, а також стіни і зазори, мають місце протікання повітря назовні і всередину НБК (рис. 1).

Характер місць протікання під стінами НБК може бути двояким. Це можуть бути дрібні щілини, що залишились між герметизуючими мембранами (малі об'ємні стрілки на рис. 1) та щілини і нещільності в будівельних конструкціях під стінами НБК (великі об'ємні стрілки на рис. 1). Площі цих щілин встановити на сьогодні ще неможливо, проте в літературі, наприклад [1-3], є їх оцінки, побудовані на CFD-моделях або аналізі вимірених балансів витрат в ОО, перепадів тиску ОО-ОС і обраному виді гідравлічної провідності. Недоліком цих оцінок є наявність похибок вимірювання тиску ОО-ОС, використання класичної залежності виду гідравлічної провідності для гладких каналів і отворів, яка не підходить до наявних щілин, а також використання обмеженого числа вимірювань (4-10) для визначення цих площ.

У цій роботі ми пропонуємо відійти від оцінок площ протікання, а використовувати оцінки витрат повітря через західні і східні місця протікання під стінами НБК для різних напрямків і швидкостей вітру, оскільки саме аналіз неорганізованої витрати повітря (минаючи фільтри системи вентиляції) з різними концентраціями РА за межі НБК становить найбільший інтерес з точки зору радіаційного впливу НБК на оточуюче середовище, який неминуче буде мати місце при роботах з ОУ для його перетворення в екологічно безпечний об'єкт протягом всього 100-річного терміну експлуатації.

Для визначення витрат повітря через західні і східні місця протікань виникає необхідність аналізу гідравлічного стану НБК та побудови моделей розрахунку таких витрат по результатах вимірювання витрат ВУ і перепадів тиску між КП, ОО і ОС, що поступають безпосередньо з НБК.



*Рис.1 - Схема Нового Безпечного Конфайнменту та Об'єкту «Укриття» в поперечному перерізі. На рисунку: 1-7 вузли гідравлічної моделі НБК; 1 і 2 – основний і кільцевий об'єми НБК; малі об'ємні стрілки - протікання повітря в місцях ущільнення мембран, великі – крізь будівельні конструкції під західною та східною стінами НБК*



**Метою роботи** є розробка та використання моделі гідравлічного стану Нового Безпечного Конфайнменту для аналізу неорганізованого повітрообміну кільцевого простору та основного об'єму з оточуючим середовищем через негерметичні оболонки та місця протікань під стінами НБК.

Для визначення газодинамічного стану об'єкта дуже важливим є коректне урахування руху повітряних потоків всередину і назовні нього. Як було зазначено вище, в НБК існують як організовані, так і неорганізовані потоки повітря. Витрати організованих потоків повітря вимірюються і регулюються, коли як неорганізовані потоки, які становлять небезпеку для оточуючого середовища, залишаються невідомими. Для визначення витрат всередину і назовні НБК спочатку треба детальніше розглянути процес повітрообміну даного об'єкту (рис.1).

На основі наявних знань про газообмін НБК були виділені 3 основні учасники даного процесу: основний об'єм НБК (ОО), кільцевий простір НБК (КП), оточуюче середовище навколо НБК (ОС). З цими учасниками можна скласти 2-а зовнішніх зв'язки: КП-ОС, ОО-ОС; та 1 внутрішній: КП-ОО. З урахуванням геометрії об'єкту та відмінностей при обтіканні повітрям окремих складових НБК, зовнішні зв'язки були поділені згідно поверхням, на яких знаходяться припущені місця протікань. Для КП: циліндрична стіна (ЦС), західна стіна (ЗС), східна стіна (СС); для ОО: західний зазор (ЗЗ), східний зазор (СЗ).

Отже, провідності було вирішено визначати для 6 зв'язків: КП-ЦС, КП-ЗС, КП-СС, КП-ОО, ОО-ЗЗ, ОО-СЗ (пунктирні лінії на рис.1). Для цього була створена модель із зосередженими параметрами, яка розглядається нижче.

Далі з ЧАЕС був складений список вимірюваних параметрів, які необхідні для вирішення задачі, та періодичність їх зчитування (1 год.). З отриманої вибірки даних частина була використана для граничних умов моделі, інша – як порівняльна характеристика для зворотної задачі. Граничні умови моделі - це тиски повітря на поверхні НБК в місцях протічок неорганізованих потоків повітря, які взяті із експериментальних випробувань в аеродинамічній моделі зменшеної в 300 разів моделі НБК [4].

Зважаючи на те, що неорганізовані витрати визначаються здебільшого характеристиками набігаючого вітру, отримані параметри також були поділені на 4 напрямки вітру сектором по 90°: північний, східний, західний, південний.

В результаті розрахунку будуть отримані провідності для 4-х вибірок по вітру та виражені залежності кожної провідності від напрямку вітру. Для валідації отримані залежності перевіряються на інших вибірках вимірів. Після остаточного знаходження провідностей в місцях протікань, модель можна використовувати для прямого знаходження витрат неорганізованих витоків, або їх прогнозування.

Модель для визначення неорганізованих витоків повітря складається з 7-ми вузлів (рис. 1) із зосередженими параметрами: 5 зовнішніх (ЗС (вузол 4), ЦС (вузол 3), СС (вузол 5), ЗЗ (вузол 6), ВЗ (вузол 7)); 2 внутрішніх (КП (вузол 2), ОО (вузол 1)).

При цьому внутрішні вузли також були розрахунковими, а зовнішні – граничними. В граничних вузлах були задані абсолютні тиски з карт тисків [4], які були отримані з випробувань в аеродинамічній трубі. Враховувались також «організовані» витрати вентиляційних установок у внутрішніх вузлах, які використовувалися для розрахунку балансу витрат. Виміри були отримані з періодичністю в 1 годину, кожен з них окремо вводився в модель.

Гідравлічні провідності моделі знаходилися методом зворотної задачі. Для цього спеціальною підпрограмою шукалися такі провідності між вузлами, які максимально наближали модельні перепади тисків (ОО-ОС, КП-ОО, КП-ОС) кожного з вимірів до відповідних їм перепадів, отриманих з даних ЧАЕС та ГУ з даних НОВАРКА.

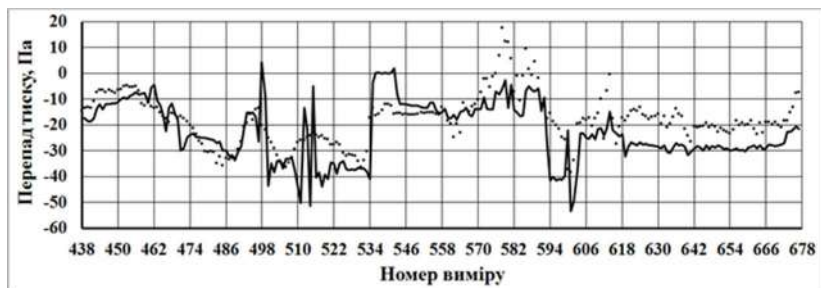
Отримані з великої вибірки вимірів провідності потім були використані для прямого обчислення неорганізованих витрат повітря в та із НБК.

Наявні дані вимірювань з 17.01.2020 по 14.02.2020 показують, що переважають західні і південні напрямки вітру зі швидкістю від 0 до 7 м/с. Загальна кількість вимірів становила 677. Для західного напрямку було використано 438 вимірів, для південного - 184, північного - 32, і для східного - 23. В цей же

час встановленими на НБК приладами паралельно проводяться вимірювання з кроком в одну годину перепади тиску КП-ОС, КП-ОО і ОО-ОС, зовнішні кінці цих 3-х датчиків виходять на західну стіну НБК, що дозволяє вимірювати перепади тиску тільки на західну сторону, чого не в повній мірі вистачає для опису гідравлічного стану такого складного об'єкту, як НБК ЧАЕС. Необхідно додати пару датчиків перепаду тиску ОО-ОС між основним об'ємом і східною стіною НБК.

Для моделювання гідравлічного стану НБК ми використовували в ГУ дані [4] вимірювань зовнішнього обтікання в аеродинамічній трубі проведені в 2009 році НОВАРКА для визначення розрахункових перепадів тиску ОО-ОС і КП-ОС.

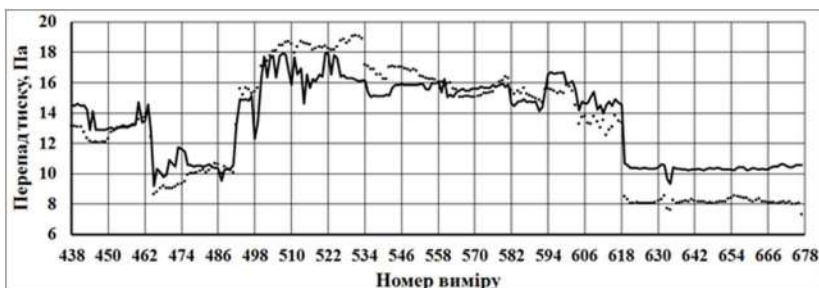
В результаті на рис. 2-3 представлені залежності вимірних і розрахункових перепадів тиску ОО-ОС і КП-ОО, відповідно.



*Рис. 2 - Зміна перепадів тиску на південному датчику ОО-ОС (RMS:RMS\_FSAL\_101\_UIT\_008W.IN.XI.C2.AVG\_WT0) від номера виміру: вимір 438 відповідає даті 2020.02.04 10:00; вимір 678 – даті 2020.02.14 10:00; точки – дані вимірювань, суцільна лінія – модель*

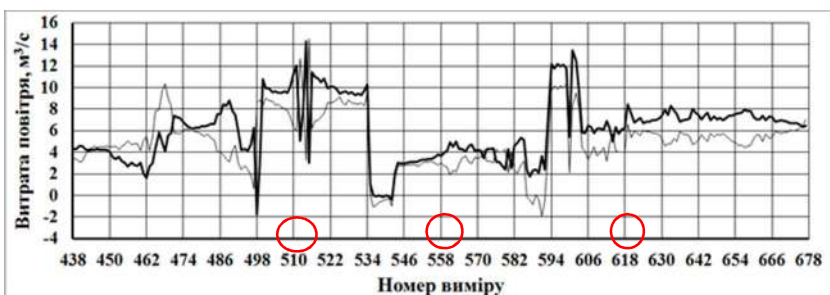
Відмінність результатів можна пояснити не точними даними [4], в яких не повністю враховувалась геометрія НБК, технологічної будівлі, а також будівель на проммайданчику ЧАЕС, які впливають на розподіл тиску по поверхні НБК, а також можливі відкриття воріт, які можуть додатково надати притік і відтік повітря з ОО та КП НБК. Надалі необхідно проводити роботи по уточненню карт тиску на зовнішній

оболонці НБК та будівлях ОУ за допомогою детальної гідродинамічної тривимірної моделі ІТТФ і враховувати стан воріт в НБК.



*Рис. 3 - Зміна перепадів тиску на датчику КП-ОО (RMS:RMS\_FSAL\_101\_UIT\_008P.IN.XI.C2.AVG\_WT0) від номера виміру: вимір 438 відповідає даті 2020.02.04 10:00; вимір 678 – 2020.02.14 10:00; точки – дані вимірювань, суцільна лінія – модель*

На рис. 4 представлені окремі розрахункові витрати через західний і східний зазори НБК від зміни номера вимірювання за період 4.02-14.02.2020р.



*Рис. 4 - Значення неорганізованих витрат повітря НБК через західний (суцільна товста лінія) та східний (суцільна тонка лінія) зазори від номеру виміру: 438 вимір - 2020.02.04 10:00; 678 вимір – 2020.02.14 10:00. Червоним колом означено часи виходу повітря із ОО в ОС.*

Після аналізу графіка витрат був зроблений висновок, що так як превалює західний і південний вітер, є моменти часу, коли присутній незначний вихід (до 2 м<sup>3</sup>/с) неорганізованої витрати через східний зазор НБК, тому, що, в результаті зовнішнього обтікання НБК зі східної сторони створюється більше розрядження тиску в можливих місцях протікань в навколишнє середовище. Але в цілому для всіх вимірювань в результаті керування вентиляцією НБК створюється такий гідравлічний стан НБК, при якому через місця протічок повітря з навколишнього середовища заходить в ОО з максимальним значенням витрати близько 14 м<sup>3</sup>/с через західний зазор. Зі збільшенням швидкості вітру ці витрати будуть збільшуватися внаслідок збільшення абсолютних значень і перепадів тиску на поверхнях НБК, що природно для будь-яких не герметичних промислових будівель.

### **Висновки**

1. запропоновано використання терміну *неорганізованого повітрообміну КП і ОО з навколишнім середовищем* поряд з організованим повітрообміном за допомогою ВУ, а також використання *значень витрат повітря* замість *площ протічок повітря* в місцях протікання під стінами НБК.

2. отримані експлуатаційні дані за 17.01.2020 по 14.02.2020 показують, що переважають західний і південний напрямки вітру зі швидкістю від 0 до 7 м/с.

3. розроблена і застосована модель гідравлічного стану НБК для аналізу неорганізованого повітрообміну кільцевого простору і основного об'єм з навколишнім середовищем через негерметичні оболонки і місця протікання під стінами НБК.

4. витрати повітря через місця протікання під стінами НБК залежать від підтримуваних за допомогою вентиляційних установок тисків в КП і ОО, а також від напрямку і швидкості вітру, що обтікає НБК, який безпосередньо визначає радіаційний вплив НБК на оточуюче середовище.

5. розроблена модель дозволяє визначати роздільні неорганізовані викиди повітря через західний і східний зазори шляхом моделювання балансу витрат в КП і ОО, а також

задоволення близькості розрахункових перепадів тиску між КП і ОО, ОО і ОС, вимірним в процесі експлуатації НБК.

б. оцінені величини вхідних і вихідних неорганізованих витрат повітря через західні і східні місця протікання під стінами НБК що мали місце в цей період для всіх напрямків вітру при швидкостях в діапазоні від 0-7 м/с. Оцінки максимальних величин витрат, що входять до ОО становили до 14 м<sup>3</sup>/с через західні місця протікання, а виходять витрат з ОО до 2 м<sup>3</sup>/с через східні.

### Література

1. Исследование режимов эксплуатации систем вентиляции основного объема и кольцевого пространства (Отчет) / СП НОВАРКА. – SIPNTM22B203\_RTE00300, 2017 г.

2. Круковский П.Г., Метель М.М., Полубинский А.С., Краснов В.А., Скляренко Д.И., Дейнеко А.И. Модель теплогазодинамического, влажностного и радиационного состояния нового безопасного конфайнмента и Объекта «Укрытие»// II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ СНЯТИЯ С ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ» INUDESCO, 25–27 апреля, 2017 г., г. Славутич, Украина. – с.347-350.

3. Круковский П.Г., Метель М.А., Скляренко Д.И., Краснов В.А., Сулимов В.П., Бороздин В.Г., Поклонский В.Г. Новый безопасный конфайнмент Чернобыльской АЭС (расчетно-экспериментальный анализ при проектировании и эксплуатации). // Институт технической теплофизики НАН Украины. – Киев: изд-во ООО «Франко Пак». – 2019. – 300с. (19 ум. друк. зн.). – 200 экз. – ISBN 978-966-97864-7-0.

4. Результаты испытаний в аэродинамической трубе (Отчет) / СП НОВАРКА. – SIP NTE22B102-RPT00101, 2009 г.

5. Т.М. Башта. Гидропривод и гидропневмоавтоматика // книга по требованию.– М: изд-во «ЁЁ Медиа». – 2012. – 317с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕЯКИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ МІГРАЦІЇ ТРИТІЮ В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Кряжич Ольга,<sup>1</sup> Коваленко Олександр<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Східноукраїнський національний університет імені Володимира  
Даля, м. Северодонецьк, Україна,*

<sup>2</sup> *Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна,  
econotconsult@gmail.com*

Техногенний тритій ( $^3\text{H}$ ) в навколишнє середовище потрапляє в процесі штатної роботи АЕС, підприємств ядерного синтезу, в результаті аварій на атомних об'єктах та підприємствах з переробки радіоактивних відходів, зносу споруд в місцях захоронення радіоактивних відходів. Найвідоміші катастрофи, пов'язані із радіоактивним забрудненням тритієм значних територій – Киштимська аварія на ВО «Маяк» в Челябінській області СРСР у 1957 р., Чорнобильська аварія (1986 р.) та забруднення океану в результаті проникнення води з великим вмістом тритію при аварії на Фукусимі (Японія) у 2011 р.

На сьогодні актуальною задачею є пошук шляхів мінімізації впливу техногенного  $^3\text{H}$  на екосистему, в тому числі – пошук та розробка адсорбентів [1], які дозволять зв'язати та вилучити небезпечний радіоізотоп з екосистеми або запобігти його подальшому розповсюдженню у вигляді бар'єрів [2], а також розробка нових методів та підходів дослідження міграції тритію в навколишньому середовищі з метою запобігання подальшого розповсюдження радіонукліду [3].

Було проведено ряд спостережень, які дозволили прослідкувати рух тритію в біогеоценозі на прикладі рослин – берези повислої та кульбаби лікарської, а також проведені лабораторні та натурні експерименти, які дозволили дослідити іонно-ізотопний обмін глинистих порід та їх бар'єрні і сорбційні особливості [4]. Останнє використовується для зменшення міграції радіоактивних елементів [3].

За результатами досліджень були отримані результати:

1) Математичні залежності міграції тритію за ланцюгом «тала вода снігового покриву – рослина» на основі обробки спостережень наявності тритію у соку берез за 10 років

дозволити довести базове твердження, що питома активність тритію у складі вільної води рослин може вважатися практично однаковою в усіх органах рослини лише за умови однакової його активності в атмосферній і ґрунтовій волозі, інакше спостерігаються істотні відмінності, обумовлені градієнтом концентрації  $^3\text{H}$  в системі атмосфера-рослина-ґрунт. Це було підтверджено і в результаті досліджень міграції тритію в біомасі рослин на прикладі кульбаби лікарської, а також виявлено, що різна активність тритію у складі вільної води рослин може бути обумовлена процесами життєдіяльності рослин з врахуванням погодних умов, складом ґрунту, на якому знаходиться рослина.

2) Підвищення гідравлічної проникності ряду досліджених глинистих порід, які можуть бути використані у якості потенційного адсорбенту, частково досягається випалюванням. При цьому більш вагомий результат адсорбування тритію глинистими породами проявляється після випалення зразків глини при  $500^\circ\text{C}$ . При зазначеній температурі випалювання було досягнуто часткове видалення структурно-зв'язаної води. Адсорбційні властивості випалених глинистих порід наростали активно протягом 30–40 діб і проявлялися весь період дослідження у поступовому зростанні адсорбції – 90 діб.

Практичне значення наведеного в роботі дозволило:

- розробити та автоматизувати спосіб опису забрудненої території з метою забезпечення живучості інформаційної системи та представлення релевантної інформації про подію забруднення і на цій основі створити комп'ютерну програму «Випадкова точка» з реалізації способу опису забрудненої території» («Random point»), яка призначена у якості робочого інструменту дослідника;

- визначити рослини, які можуть виступати природними маркерами забруднення навколишнього середовища техногенним тритієм та дослідити деякі фізико-технічні особливості адсорбування рослинами тритію;

- розпочати роботу над створенням веб-порталу проекту «Тритій на планеті Земля» як інформаційно-пошукової та інформаційно-довідкової системи для виконання задач наукового експерименту та спостереження, пов'язаних з міграцією тритію;



– продовжити роботу над глинистими породами та їх використанням у якості адсорбуючих матеріалів, створенням техніки донесення адсорбенту та бар'єрних речовин до забрудненого тритієм водного об'єкту.

### **Список використаної літератури:**

1. А. Пушкарев, И. Руденко, В. Скрипкин. *Адсорбция трития из водных растворов термически обработанными глинистыми минералами* // *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ: ВПЦ "Київський університет" (2015) Вип. 4 (71). – С. 43-48.

2. М.Н. Сабодина, С.Н. Калмыков, Ю.А. Сапожников. *Сорбционные свойства бентонитовых глин по отношению к некоторым радионуклидам* // *Вестник Отделения наук о земле*. (2004) № 1 (22) С. 78–81.

3. В.В. Долін, О.В. Пушкарьов, І.Ф. Шраменко та ін. *Тритій у біосфері*. (К.: Науково-виробниче підприємство «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012) 224 с.

4. Т.В. Дудар, С.П. Бугера, В.М. Кадошніков, Б.П. Злобенко. *Бар'єрні властивості природних глинистих мінералів* // *Вісник НАУ* (2009) №1 С. 56-60.

### **Анотація**

**О. Кряжич, О. Коваленко**

*Дослідження деяких особливостей міграції тритію в навколишньому середовищі*

В матеріалі наведено деякі результати, отримані при дослідженні особливостей міграції тритію в навколишньому середовищі. За результатами досліджень було проведено ряд вимірів, експериментів та спостережень. Це дозволило прослідкувати рух тритію в біогеоценозі на прикладі рослин – берези повислої та кульбаби лікарської. Досліджено іонно-ізотопний обмін глинистих порід та їх бар'єрні і сорбційні особливості.

Практичне значення наведеного в роботі націлене на створення бар'єрів для зменшення міграції радіоактивних елементів.

### **Resume**

**O. Kryazhych, O. Kovalenko**

#### *Research of some features of tritium migration in the environment*

The article presents some results obtained in the study of the features of tritium migration in the environment. A number of measurements, experiments and observations were made based on the results of the research. This allowed us to trace the movement of tritium in the biogeocenosis on the example of plants-hanging birch and dandelion medicinal. The ion-isotope exchange of clay rocks and their barrier and sorption features were studied.

The practical significance of this paper is aimed at creating barriers to reduce the migration of radioactive elements.

## ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОЙМИЩА-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧАЕС

*Ланських Федір Володимирович*

Зняття з експлуатації водоймища-охолоджувача ЧАЕС унікальний проект успішно реалізований на майданчику Чорнобильської АЕС у 2008-2019 роках.



Водоймище-охолоджувач ЧАЕС – штучний об’єкт, площею 12,7 км<sup>2</sup> і об’ємом води 151х10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>, створений для забезпечення технологічних потреб діючої АЕС.

Рівень дзеркала води ВО постійно підтримувався на 7 м вище рівня води в річці Прип’ять.

Внаслідок аварії 1986 року на 4 блоці ЧАЕС водоймище-охолоджувач зазнав радіоактивного забруднення.

Завдяки міжнародному досвіду, спільній співпраці з МАГАТЕ, Українських та міжнародних наукових фахівців установ та інститутів – персоналу ДСП ЧАЕС вдалось реалізувати проект та безпечно зняти з експлуатації водоймище-охолоджувач.

За результатами спостережень, що проводились при реалізації проекту встановлено досягнення природного стану на території колишнього водоймища-охолоджувача ЧАЕС. Радіаційний стан відповідає навколишнім територіям.

Отримано унікальний досвід по організації та проведенню

робіт на радіаційно забруднених територіях і величезну базу щодо майбутніх наукових досліджень.



Природній комплекс, що формується на місці колишнього водоймища-охолоджувача може використовуватись як полігон для наукових досліджень.

Персонал Чорнобильської АЕС отримав новий досвід, і ми відкриті до будь-яких пропозицій щодо взаємодії та співпраці, а також готові поділитися своїм досвідом та досягненнями.

**Автор:**

Ланських Федір Володимирович - державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС», місто Славутич, Київська область, 07101, а/с 11, [lanskih@chnpp.gov.ua](mailto:lanskih@chnpp.gov.ua)

# ANALYSIS OF SYSTEMS AND METHODS OF INTRUSION DETECTION

*Vitali Lytvynov,  
Chernihiv National University of Technology,  
v.v.lytvynov.dept@gmail.com*

*Alla Grebennik  
Chernihiv National University of Technology,  
grebennik.flla@gmail.com*

*Ivan Burmaka  
Chernihiv National University of Technology,  
Ivan.Bourmaka@stu.cn.ua*

## **Annotations**

Intrusion Detection System (IDS) is one of the mechanisms for analyzing the behavior of the computer network and serving as an important complement to the network security infrastructure. IDS serve as mechanisms for monitoring and observation of susceptible activity, conducting an analysis of network resources, conducting independent actions to identify abnormal events in the network - real violations and attempts of violations [1, 2]. The part [3] shows the structure of modern IDS, which includes the following subsystems:

- subsystem for collecting information about the system to be protected;
- analysis subsystem to search for attacks and intruders in the system;
- subsystem of the data presentation for system control in real time.

The subsystem of data collection receives data from stand-alone modules - software system sensors, host sensors, internetwork and network sensors, which are arranged according to the tasks of the network structure and the type of information to be analyzed.

## **1. Structure of Intrusion Detection Systems**

Hierarchically, the subsystem of analysis as input data uses information from the previous subsystem and includes a set of analyzers, arranged for the tasks of detecting intruders of a given type. The effectiveness of detecting intrusions depends on the parameters of the analyzers and their number.

The data presentation subsystem is oriented on various user groups that control certain network subsystems. Therefore, in such

IDS, use access control, group policies, permissions, etc.

Depending on the set of parameters for assessing the state of the system, modern IDS use two groups of methods. In the case of a fixed set of evaluation parameters and a fixed learning time, methods of supervised learning are used ("learning with a teacher"). If the set evaluation parameters can be changed within a specified time research and learning happens all the time, then the methods of unsupervised learning ("learning without a teacher") are used. Table 3.1-3.2 presents the characteristics of teaching methods [4].

Another area of analysis of systems - the detection of abuses - is the search for sequences of events that are determined by the security administrator or expert as stages of the implementation of the invasion. In this group of methods, only methods with controlled learning are allocated [4] (Table 3.3).

It should be noted that currently implemented in IDS methods are based on the general principles of the theory of pattern recognition. In order to identify an anomaly, the necessary condition is the formation of an image or a profile of normal

*Table 1. - Detection of anomalies by methods of controlled learning ("Learning with a teacher")*

Methods of detection	Systems	Characteristic of the method
Modeling rules	W&S	IDS during the learning process forms a set of rules for normal behavior of the system. When analyzing unauthorized actions, the system applies the received rules. In the case of unsatisfactory coincidence, the system signals anomaly detection
Descriptive statistics	IDES, NIDES, EMERLAND, JiNao, HayStack	The training consists in collecting descriptive statistics of a set of indicators of a system to be protected, in a special structure. To identify anomalies, calculate the "distance" between the vectors of indicators - current and saved. The condition of the system is considered abnormal if the distance exceeds a certain limit.
Neural Networks	Hyperview	Neural networks of different structure are used. The training is based on data that characterizes the normal behavior of the system. A trained network is used to evaluate the abnormality of the system The output of the neural network forms the conclusion of the presence of anomalies.

*Table 2. - Detection of anomalies by uncontrolled learning methods  
("Learning without a teacher")*

Methods of detection	Systems	Characteristic of the method
Modeling a set of states	DPEM, JANUS, Bro	The normal behavior of the system is described as a set of fixed states and transitions between them. The state of the system is a vector of certain values of system parameters.
Descriptive statistics	MIDAS, NADIR, Haystack, NSM	Analogically to controlled teaching methods

Formation of a profile or image in the IDS is carried out using the following approaches:

- accumulation of statistical information for each evaluation parameter;
- training neural networks using the values of evaluation parameters;
- multiple event description.
- Based on the ways of forming a network profile and methods for detecting anomalies, two classes of tasks can be defined:
  - selection of the optimal set of evaluation parameters;
  - definition of total abnormality rate.

*Table 3 - Detection of abuse by controlled learning methods  
("Learning with a teacher")*

Methods of detection	Systems	Characteristic of the method
Modeling states	USTAT, IDIOT	An invasion is defined as a sequence of states. State - the vector of values of the parameters of the evaluation system, which is subject to protection. Necessary and sufficient condition for the invasion - the presence of the specified sequence. Ways to present invasion scenarios: sequence of events, use of Petri nets in which nodes are events.
Expert Systems	NIDES, EMERLAND, MIDAS, DIDS	The intrusion process is presented in the form of a different set of rules. Production systems are also used.
Modeling rules	NADIR, HayStack, JiNao, ASAX, Bro	Simplified version of expert systems
Parsing	NSM	The MDS performs parsing to detect a certain combination of characters that are transmitted between subsystems and systems of objects under protection

The difficulty in choosing the optimal set of parameters is its dependence on the types of intrusions and, accordingly, on the adequacy of the defined sets to different types of intrusions. One of the solutions to the problem is the dynamic formation of a set of evaluation parameters in the process of work. But this field of search exponentially depends on the cardinality of the initial set of parameters. Therefore, it's unacceptable to use of brute-force algorithms to determine the required subsets of parameters. One of the possible solutions is the use of the genetic algorithm [5].

The question of determining a single estimate of anomalies for today is virtually unresolved due to the ambiguity of the solution of the previous problem of forming the optimal set of parameters. Possible methods for evaluation abnormalities are the use of Bayesian statistics and the use of covariance matrices[6].

## **2 Ways to obtain an integral assessment of the system's protection status**

Let's consider a system described by a plurality of events (an event)  $E = (E_1, E_2, \dots, E_n)$  that will be used to determine the invasion. The element of the set  $E_i$  is a separate evaluation event and accepts two values: 1 (true) – the event is abnormal, 0 (false) – isn't.

If the  $I$ -hypothesis determines that there is an intrusion in the system, the validity and sensitivity of the event  $E_i$  on the set  $E = (E_1, E_2, \dots, E_n)$ , will be determined by conditional probabilities  $P(E_i / I)$  and  $P(E_i / \bar{I})$ . The probability of intrusion in a system based on the analysis of a plurality of events can be calculated by Bayes' theorem:

$$P(I/E) = P(I/E_1, E_2, \dots, E_n) = \frac{P(I) \cdot P(I/E_1, E_2, \dots, E_n)}{P(I/E_1, E_2, \dots, E_n)}. \quad (1)$$

Since the number of conditional probabilities exponentially depends on the cardinality of the set of events  $E$ , we simplify the calculation by introducing the hypothesis that each event  $E$  depends



only on  $I$  and conditionally does not depend on other events  $E_j$  where  $i \neq j$ . Conditional probabilities determined as:

$$P(E/I) = P(E_1, E_2, \dots, E_n / I) = \prod_{i=1}^n P(E_i / I) \quad (2)$$

$$P(E/\bar{I}) = P(E_1, E_2, \dots, E_n / \bar{I}) = \prod_{i=1}^n P(E_i / \bar{I}). \quad (3)$$

Then by Bayes' formula:

$$P(I/E) = P(I/E_1, E_2, \dots, E_n) = \frac{P(I) \cdot \prod_{i=1}^n P(E_i / I)}{P(E_1, E_2, \dots, E_n)} = \frac{P(I) \cdot \prod_{i=1}^n P(E_i / I)}{P(I) \cdot \prod_{i=1}^n P(E_i / I) + P(\bar{I}) \cdot \prod_{i=1}^n P(E_i / \bar{I})} \quad (4)$$

Using (4), you can determine the probability of an invasion based on the assessment of events and the probability of event occurrence identified or observed earlier in invasions.

Increasing the accuracy or gaining more credibility of the evaluation  $P(I/E_1, E_2, \dots, E_n)$  is possible if the relationships between the elements of the set  $E$  are taken into account on the basis of the analysis of the covariance matrices.

Given that the set of events  $E = (E_1, E_2, \dots, E_n)$  is a vector and the relationships between elements of the vector can be described by a covariance matrix  $C = (\text{cov}(E_i, E_j))$ , the integral estimate of the invasion into the system can be defined as:

$$A^{\text{int}} = E^T C^{-1} E, \quad (5)$$

### 3 Methods of forming the image (profile) of the normal behavior of the information system

The methods of forming the image of IS include the following:

- creating a system profile;

- using of neural networks;
- pattern generation.

Creating a system profile is the accumulation of measurement values of the evaluation parameters. The main requirements for the structure of the profile: the minimum final size; minimum update time.

The profile uses several types of measurements. The following indicators are given in [3]:

- Activity indicator - the value, above which the activity of the system is assessed as that which is rapidly progressing. An example is the average number of audit records that are processed per unit of time. Used to detect abnormalities due to sharp acceleration in operation. Distribution of activity in audit records - any action in the system: access to files, input-output operations.

- Category measurement - the distribution of specific activities by category. An example is the relative frequency of registration in the system for each physical location.

- Ordinal measurements - evaluation of activity in the form of numerical values, calculation of the overall statistics of the values of a particular activity An example is the number of I / O operations from each user.

Anomaly detection using a profile is made on the basis of statistical evaluation methods [7]. At the same time, the current values of the profile measurements  $PM^c = (PM_1^c, PM_2^c, \dots, PM_n^c)$

comparing with stored  $PM^s = (PM_1^s, PM_2^s, \dots, PM_n^s)$ .

The result of the comparison is an indicator of anomaly in these calculations  $A_i = PM_i^c - PM_i^s$ . The overall anomaly indicator can be calculated as a function of the anomaly indicator values in each profile calculation, for example, a weighted multiplicative form:

$$A^\Sigma = \sum_{i=1}^n w_i A_i^2 = w_1 A_1^2 + w_2 A_2^2 + \dots + w_n A_n^2 \quad (6)$$

where  $w_i$  - the relative weight of the metric  $PM_i$

The advantages of the method include the use of well-known statistical methods.

About disadvantages:

- insensitivity to the sequence of similar events;
- the ability of the malefactor to learn the system in which the abnormal behavior will be considered normal;
- the difficulty of determining the threshold beyond which anomalies are considered as an invasion. Reducing the threshold leads to errors of the first kind (false positive), and overestimation to errors of the second kind (false negative);
- Restrictions on the use of statistical methods to identify anomalies, it is necessary to assume that the input data comes from a quasistatic process.

The use of neural networks to form a profile of the normal behavior of a system consists in training a network based on a sequence of information units. The input to a neural network consists of current and past commands. After training, the network is a “image” of normal behavior. The process of identifying anomalies is the definition of an indicator of incorrectly predicted commands, differences in the behavior of an object.

About advantages:

- independence from the nature of the source data;
- automatic accounting of links between different measurements;
- performance when working with data that have a significant level of noise.

About disadvantages:

- creating an adequate topology and determining weights is made on the basis of a large period of study;
- selection of the optimal size of the data “window” for training for sufficient system performance.

The system profile representation using pattern generation is based on the assumption that the current values of the evaluation parameters can be associated with the current state of the system and the functioning of the system can be represented as a sequence of events or states. In [8], the proposed rules that characterize the totality of the values of the evaluation parameters — the pattern — normal operation.

These rules are formed inductively; in the process of learning,

they dynamically change “better”, which have a greater likelihood of their occurrence and a greater level of uniqueness for the system to be protected.

The set of rules that is created inductively during observation makes up the profile of the system. An anomaly is registered in the case when the sequence of events corresponds to the rules that were derived earlier, and the letters in the system differ significantly from those that should have occurred according to the rule.

The advantages of the method includes:

- taking into account dependencies between events and their sequence;
- processing of results with a significant scope of behavior, but with a clear sequence of patterns;
- selection of observations of certain important security events throughout the entire suspicious session;
- sensitiveness to the violation detection with processes' semantics, that allows detecting re-engineering the system for purpose of intruders.

The main drawback of the method is patterns' unrecognized behavior, that may not be taken as abnormal, because of mismatches to the left parts of the formed rules.

#### **4 Methods of exposure of abuses**

Most IDSs also use the detecting abuses technology for the complete network security analysis and detecting anomalies. The methods are based on the prognostic detection of attacks and monitoring of their occurrence [9]. The abuse detection uses an image or profile to represent an intruder's actions as a signature of the intruders, that determine the system states and the sequence of events when breaking into the system or other abuses happens. Also, the signatures can be useful for detecting attempts to commit illegal actions, when a partial coincidence of signatures means an attempt to invade the system.

To detect abuse, you can use:

- production / expert systems;
- analysis of condition changes;
- keeping track of keystrokes;
- behavioral modeling techniques.

Information about the invasion in production systems is encoded in the form of rules like "*if ... reason than ... solution*"; the "reason" reflects the event, which recorded by the information gathering IDS system; the "*if*" part reflects the attack conditions. The action of the right part is performed when all conditions on the left side of the rule are satisfied. [10].

There is an opportunity to divide causes and solutions by using production systems to detect intrusions. But in addition to the advantages of production systems, the main disadvantages include the lack of efficiency when working with large data sets and accounting the dependencies of the estimation parameters.

The disadvantages of systems:

- no processing of sequences in the analyzed data;
- integrated expert examination is effective, if the administrator's skill sare not contradictory;
- only known vulnerabilities can be detected;
- deleting or adding the rules changes the entire set of rules;
- the combination of different measurements of intrusions and the creation of a coherent picture of the invasion leads to the fact that partial causes become indeterminate.

The method for state change analysis is described and implemented in [11] and [12], respectively. Intrusion Signature is represented as a sequence of transitions between the states of the system to be protected. The attack patterns are some system states with associated logical function. If attack happened, the system supposed to change its state to specified. All subsequent states are combined with current lines, which are the necessary events for subsequent transitions. Types of possible events are embedded in the model and reflects the value of the evaluation parameters on a "one-to-one" principle [11, 12].

Attack patterns can only specify a sequence of events therefore, a more complicated way of detecting events is not supported. The basic statement of keystroke monitoring method is click sequence sets the pattern of attack.

The disadvantage of this approach is the lack of a sufficiently reliable mechanism for intercepting the operation of the keyboard without the support of operating system, as well as the large number of possible variants of the same attack. Also, without a semantic push

button analyzer, nicknames of commands easily make technology ineffective. And automated attacks based on the execution of programs cannot be detected.

One of the methods based on behavioral modeling is a method of combining an abusive model with obvious reasons [13].

The essence of the method is as follows: the database of attack scripts contains the sequence of behaviors that reflects the attack. At any given time, there is a possibility that one of these subsets of attack scenarios is present in the system. So there is a test to prove or disapprove the assumptions about their presence by searching malicious sequences in audit records. The search result is enough number of facts to confirm or refute the hypothesis. Verification runs in one process - an anticipator. The anticipator, based on the current active model, forms the next possible set of behavior that should be checked in the audit records and passes them to the scheduler. The scheduler determines reflecting of predicted behavior in the audit records and transforms them into a system-based audit-dependent expression [14]. The structure of these expressions should be easy to search for in the audit records and have a high probability of occurrence in the audit records.

Changing the suspicion probabilities of abuse for scenarios (increasing or decreasing them) results in decreasing of activity models list. The calculation of causes is embedded in the system and allows to update the occurrence probabilities of attack scenarios in the list of activity models.

The advantages of the method:

- the opportunity to reduce the number of treatments for one audit record by ranking the importance of events and further more accurate processing of events with high probability;
- ensuring the scheduler independence from the form of audit data.

The disadvantages:

- additional burden on the person creating the invasion detection model, related to the definition of the array of meaningful and accurate quantitative characteristics for the various parts of the graphical representation of the model;
- the effectiveness of such an approach is not confirmed by the creation of a software prototype;
- this approach complements but does not replace the anomaly detection subsystem.

## 5 Disadvantages of Existing Intrusion Detection Systems

The disadvantages of modern detection systems include two groups of problems: the disadvantages are related to the structure of the IDS and the disadvantages of the realized methods of detection. Characteristics of the disadvantages of structures are presented in Table 4.

*Table 4 - Disadvantages of Intrusion Detection System Structures*

Problem	Causes
Lack of general construction methodology	New research direction. The inadequacy of general rules and concepts of the formation of terminology
Efficiency	Target detection of all types of attacks; substantial consumption of resources; the orientation of command interpreters to their own set of rules; the set of rules allows only indirect dependence of the sequence of relationships between events
Portability	Orienteering IDS for use on specific equipment, for specific tasks. The complexity of the reorientation of IDS for work in other systems and tasks.
Updates	The complexity of updating existing systems with new technologies. Difficulties in ensuring interoperability of new subsystems with the whole system
Installation of IDS	Need for additional skills, knowledge of new expert systems
Productivity and auxiliary tests	Difficulty in assessing the performance of the IDS in real conditions. There is no set of rules for testing IDS, on the basis of which the expediency of using the system under given conditions is evaluated.
Testing	Lack of effective testing methods

The disadvantages of intrusion detection methods include:

- unacceptably high level of errors of the first and second kind;
- Weaknesses in detecting new types of attacks;
- impossibility to detect most of the intruders at the initial stages;
- Extraordinary difficulties with the identification of the purpose of the attack and the attacker;
- lack of estimates of the accuracy and adequacy of the results of work;
- impossibility to detect known attacks with new strategies;
- the complexity of detecting intrusions in real time with the

necessary completeness in high-speed networks;

- weak ability to automatically detect complex coordinated attacks;

- significant overload of systems that use IDS in real time.

### **Conclusions**

In practical terms, considerable experience has been gained in solving intrusion detection problems. Intrusion detection systems that are used today are largely based on the empirical patterns of the intrusion detection process. Therefore, analyzing the structures of the IDS, the methods used, their advantages and disadvantages, we can say that the further directions of the development of IDS are related to the introduction of the theory and practice of methods and models of the general theory of systems, the methods of analysis and synthesis of information systems, the detail of the apparatus of the theory of pattern recognition, etc.

For example, from the point of view of the theory of systems IDS is not described as a subsystem of the information system: the elements of the IDS are not defined, its structure, links with the information system, the general summary indicator of the IDS is not defined.

Due to the presence of a large number of factors of different nature, the functioning of the information system and the IDS has a probabilistic character. Therefore, there is an actual substantiation of the probabilistic laws of specific parameters of functioning.

In addition, it is necessary to allocate the task of justification of the loss function of the information system, which is set in accordance with its target function and in the area of the parameters of the system's operation. In this case, the target function must be determined not only at the expert level, but also in accordance with the set of parameters of the functioning of the entire information system and its tasks. Then, the summary IDS quality indicator will be defined as one of the parameters that maximally influences the target function, and its valid values are the permissible values of the loss function.

At the next stage, the problem of obtaining formalized methods of the optimal structure of the IDS in the form of a set of mathematical models (operations). Thus, the task of synthesizing the structure of the IDS can be solved. On the basis of the obtained



mathematical models and operations, it will be possible to calculate the dependencies of the indicators of the quality of the functioning of the information system on the parameters of its functioning.

The complexity of using the formalized apparatus for analyzing and synthesizing information systems in the IDS is that the real information system and the IDS as its subsystem consist of heterogeneous elements. Which can be described by different sections of the theory of systems - mass-servicing systems, finite automata, probability theory, pattern recognition, etc. In this case, the research object is aggregate. Therefore, mathematical models in this case can be obtained only for individual parts of the IDS, which makes it difficult to analyze and synthesize the IDS in general. But further specification of the use of the formalized analysis and synthesis apparatus will allow to optimize IDS.

### **References for chapter 3**

1. В.В. Литвинов, В.В. Казимир, І.В. Стеценко, І.С. Скітер, О.В.Трунова, та ін.. Моделювання та аналіз безпеки розподілених інформаційних систем. Монографія. Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет. – 2017, 206 с.

2. В.В. Литвинов, В.В. Казимир, І.В. Стеценко, І.С. Скітер, О.В.Трунова, та ін.. Методи аналізу та моделювання безпеки розподілених інформаційних систем. Навчальний посібник. Чернігів: ЧНТУ. – 2016, 254 с.

3. D. Denning, An Intrusion Detection Model.// IEEE Transactions on Software Engineering, v. SE-13, № I, 1987, pp. 222-232

4. А.А. Корниенко,, И.М. Слюсаренко системы обнаружения вторжений: современное состояние и направления совершенствования.

[http://citforum.ru/security/internet/ids\\_overview](http://citforum.ru/security/internet/ids_overview)

5. І.В. Калініна, О.І. Лісовиченко Використання генетичних алгоритмів в задачах оптимізації // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління», 2015, № 1(26), с.48-61

6. D. Anderson et al. Next Generation Intrusion Detection Expert System (NIDES).// Software Design, Product Specification and

Version Description Document, Project 3131, SRI International, July 11, 1994.

7. В.В.Литвинов, І.С.Скітер, О.В.Трунова, Е.П.Сідін. Модифікація методики вейвлет-аналізу для виявлення аномалій у трафіку комп'ютерної мережі // Технічні науки та технології. – 2017. – № 2 (8). – С. 99-109.

8. В.С.Мутилин. Паттерны проектирования тестовых сценариев. Труды Института системного программирования РАН, т.9., 2006, с.97-128.

9. В.Н.Лаптев, О.В.Сидельников, В.А.Шарай. Применение метода индуктивного прогнозирования состояний для обнаружения компьютерных атак в информационно-телекоммуникационных системах. Научный журнал КубГАУ, №72(08), 2011, С.3-13.

10. Ленков С.В., Перегудов Д.А., Хорошко В.А. Методы и средства защиты информации / Под ред. В.А. Хорошко. — К.: Арий, 2010. — Т. 1. Несанкционированное получение информации. — 464 с.

11. K. Ilgun, R.A. Kemmerer, P.A. Porras, State Transition Analysis: A Rule-Based Intrusion Detection System// IEEE Trans. Software Eng. vol. 21, no. 3, Mar. 1995.

12. K. Ilgun, USTAT: A Real-time Intrusion Detection System for UNIX// Proceeding of the IEEE Symposium on Research in Security and Privacy.

13. А. В. Борисов, А. В. Карпучин, Л. И. Маркова. Использование симулятора ns-3 для моделирования поведения сетевых протоколов. Вісник Харківського національного університету №926, 2010, с.53-59

14. Л.О.Кириченко, Т.А.Радивилова, А.В.Стороженко. Алгоритм предупреждения перегрузки компьютерной сети путем прогнозирования средней длины очереди. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, випуск 3(15), 2007, с.84-97.

## МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

*Литвинов В.В., Трунова О.В., Гребенник А.Г.*

*Литвинов В.В., завідуючий кафедрою інформаційних технологій та програмної інженерії Чернігівського національного технологічного університету, м. Чернігів, Україна, v.v.lytvunov.dept@gmail.com*

*Трунова О.В., Доцент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії Чернігівського національного технологічного університету, м. Чернігів, Україна, trunova@gmail.com*

*Гребенник А.Г., аспірант інституту проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна, grebennik.alla@gmail.com*

Діяльності будь-якої компанії в сучасному інформаційному суспільстві не можлива без надійної корпоративної мережі. Разом з тим, територіально розподілена мережа, покликана забезпечувати надійний рівень комунікації для відділів, працівників, клієнтів, партнерів компанії без прив'язки до їх місцезнаходження, безперервно потребує рішень щодо забезпечення інформаційної безпеки та захищеності мережі.

Зростаюча цифровізація усіх галузей економіки та базових сфер життєдіяльності, обумовлена Концепцією розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки, призводить до необхідності протистояти все більшій кількості викликів і загроз в кіберпросторі [1].

Попри існування великої різноманітності сучасних засобів мережевої безпеки, комп'ютерні мережі все одно піддаються впливам загроз, нові види яких породжують нові кібератаки на їх ресурси.

В таких умовах неможливо говорити про гарантований захист – раз і назавжди. Тому актуальною в діяльності корпоративних мереж є постійна цілеспрямована робота на упередження загроз, а не уповільнене реагування на шкідливу подію.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання в системах виявлення атак (СВА) налаштовуваних (адаптивних)

алгоритмів розпізнавання, які наближують область можливостей розпізнавання до характеристик поточного стану загроз зовнішнього середовища, тобто використання принципів адаптивного управління безпекою корпоративної мережі.

Для реалізації такого підходу в аналізаторах СВА, на нашу думку, пріоритетним є використання алгоритмів розпізнавання атак та нестандартної поведінки, що будуються на базі нейронних та імунних систем, параметричні алгоритми продукційного типу з чіткими й нечіткими правилами, алгоритми розпізнавання на базі генетичних підходів. Усе це потребує залучення до аналізу стану безпеки широкого кола інформації з зовнішнього оточення корпоративної мережі  $S$  і її підмереж, загального глобальномережевого рівня, з метою прогнозування стану загроз.

Відмітимо, що загалом, адаптивне управління безпекою корпоративної мережі включає:

- прогнозування стану загроз на заданому інтервалі часу  $t$ , для якого можливо зібрати необхідну апріорну інформацію та розрахувати параметри налаштувань модулів аналізаторів СВА, найбільш прийнятні для даного стану загроз;

- виключення (вилучення) з оперативного управління систем захисту процедур налаштування алгоритмів розпізнавання;

- розподіл процесу аналізу на аналіз для налаштувань аналізаторів і аналіз для оперативного виявлення атак і нестандартної поведінки, з виділенням для цього різних обчислювальних потужностей.

При здійсненні прогнозів подій проведення атак доречно використання інформації як з лог-журналів корпоративної мережі  $S$ , так і з національних та міжнародних центрів з безпеки, з подальшим проєкціонуванням даної інформації на корпоративну мережу  $S$ .

Результатом прогнозування є аналітичні вирази прогнозу стану загроз зовнішнього середовища для корпоративної мережі  $S$ , що являє собою вектор типів атак і прогнозованих частот їх впливу на мережу в наступному інтервалі часу  $\Delta t$ .

Якщо  $U_S = \{u_{1S}, u_{2S}, \dots, u_{kS}\}$  – множина типів вразливостей корпоративної мережі  $S$ , то  $U_S(t) = \langle u_{1S}(t), u_{2S}(t), \dots, u_{kS}(t) \rangle$  – стан уразливості корпоративної мережі  $S$  в момент часу  $t$ , що

розглядається як вектор індикаторів вразливостей мережі на поточний момент часу  $t$ . Величина  $u_{is}(t) \in \{0,1\}$  – індикатор  $i$ -ої уразливості в момент часу  $t$  для корпоративної мережі  $S$ , який вказує на наявність або відсутність в мережі в поточний момент часу заданого типу вразливості. Впорядкування елементів вектору  $U_s(t)$  за спаданням значень індикаторів, виявляє атаки, за якими слід посилити захист комп'ютерної мережі [2].

Наступним кроком адаптивного управління є налагодження аналізаторів СВА, виконуване засобами штучного інтелекту. При наявності прогнозного вектору стану загроз можна заздалегідь навчити дубль нейронної мережі аналізатора, а потім в основній нейронній мережі замінити налаштування (ваги нейронних елементів) на отримані в результаті налагодження дубліката. При цьому попереджувальне налагодження повинне проводитися на обчислювальній потужності, відмінній від потужності аналізатора. Інтервал попередження залежить від точності прогнозу, а розбіжності між поточним станом загроз зовнішнього середовища і прогнозованим станом може служити сигналом зворотного зв'язку.

Модель адаптивного управління безпекою в загальному вигляді представлена на рисунку 1.

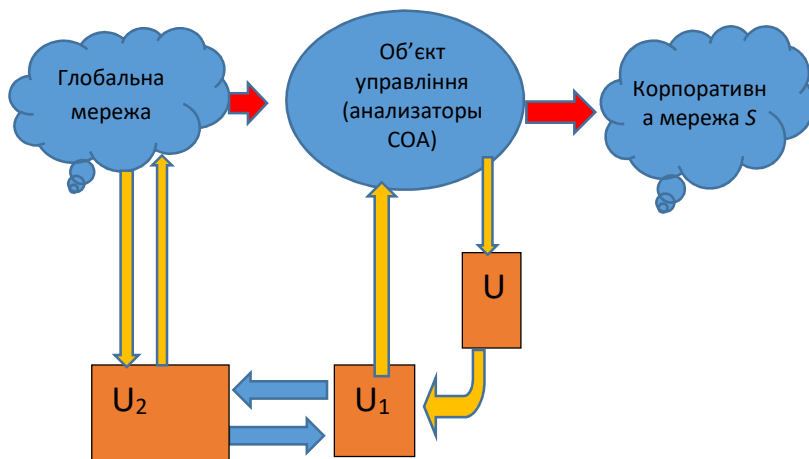


Рисунок 1 – Модель адаптивного управління безпекою корпоративної мережі

Власне, управління здійснюється за рахунок як коригування типів атак, що розпізнаються аналізаторами СВА, так і за рахунок зміни вразливостей, що використовуються атакою.

Це дозволяє домогтися адаптивного управління можливостями розпізнавання аналізаторів СВА, оскільки наявність такої моделі надасть можливість, ґрунтуючись на прогнозованих даних, провести випереджаюче навчання аналізаторів СВА збільшивши їх можливості розпізнавання до рівня, відповідного стану безпеки оточуючого середовища на прогнозований момент часу.

### **Література:**

1. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження КМУ від 17 січня 2018 р. № 67-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-p>.

2. Corporate networks protection against attacks using content-analysis of global information space / Lytvynov V., Stoianov N., Skiter I., Trunova H., Hrebennyk A. // Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – № 1 (11). – С.115-128.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ І СИСТЕМИ АНАЛІТИЧНОЇ ОБРОБКИ МНОЖИННИХ ДАНИХ

*Антон Максимов, Олександр Новосад*

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси  
tonyamaximov.pp@gmail.com*

*Науковий керівник – А.А. Тимченко, доктор технічних наук,  
професор кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу*

В доповіді надані результати системного аналізу класу інформаційно-аналітичних систем. Однією із складових є система підтримки прийняття рішень, причому існує так званий тест FASMI (Fast Analysis of Shared Multidimensional Information), який включає основні принципи технології обробки даних.

Функціональна схема інформаційних перетворень надана в наступному вигляді:

<джерела даних> → <сховище даних> → <деталізовані оперативні закономірності>, причому ключовим є сховище даних, логічною моделлю якого є багатовимірний гіперкуб, який дозволяє зменшити час реакції системи на складні запити [1].

Фізична реалізація сховища відбувається з використанням таких спеціалізованих багатовимірних структур даних на базі операцій розрізу, обертання, консолідації, спуску, розбивки. Концепція сховища даних визначає процеси збору, відсіювання, попередньої обробки та накопичення даних з метою оперативного аналізу та довготривалого збереження.

Така технологія комплексного багатовимірного аналізу даних, накопичених в сховищі, визначається як концепція OLAP (On-Line Analytical Processing)[2].

Інтелектуальна обробка з метою пошуку закономірностей відбувається методами інтелектуального аналізу даних – Data Mining, з метою пошуку функціональних закономірностей побудови моделей і методик пояснення знайдених аномалій та прогнозу розвитку актуальних процесів.

З технічної точки зору можливо виділити програмну систему типу «Deductor» [3], яка орієнтована на розв'язання широкого спектру задач аналізу – від створення систем звітності до

розв'язання задач Data Mining, і має функціональну структуру:

<робоче місце аналітика> → <клієнт доступу до аналітичного серверу> → <аналітичний сервер> → <сховище даних> → <робоче місце кінцевого користувача>.

При цьому можливо реалізувати всі етапи побудови аналітичної системи:

<створення сховища даних> → <побудови та автоматичного вибору моделей процесів> → <візуалізація отриманих результатів>.

Модель сховища даних включає:

<гіперкуб> → <вимір> → <мітка> → <комірка> → <міра>.

В програмі «Deductor» під *обробкою* мається на увазі будь-яка дія, пов'язана з перетворенням даних, що може бути використана на ЧАЕС:

– Очищення: редагування аномалій, заповнення пропусків, спектральний аналіз, усунення незначних факторів тощо;

– Трансформація: перетворення даних, ковзне вікно, дискретизація, заміно-злиття та інші;

– Побудова моделей: нейронні мережі, дерева рішень, самоорганізуючі карти, асоціативні правила, лінійні регресії тощо.

### Список використаної літератури

1. Сахнюк П.А. Интеллектуальные системы и технологии, М., 2012, с. 230;

2. Белов В.С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения, М., 2005, с. 111;

3. BaseGroup Labs / Deductor [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://basegroup.ru/deductor/description>. – 15.03.2020. – Назва з екрану.

### **Abstract. Maksimov A., Novosad O. Information technology and systems for analytical processing of multiple data.**

The authors' report using the system approach presents the results of the system analysis of the class of information-analytical systems. One of the components of the system is the use of decision support systems with the FASMI test, which incorporates the basic principles



of data processing technology. Also, the report provides a functional plan of information transformations and a data warehouse model, which are built on multidimensional data analysis technology using the OLAP concept, including the use of a hypercube. Using this system configuration, it is possible to implement all the stages of building an analytical system. From a technical point of view, the “Deductor” program was highlighted, which is focused on solving a wide range of analysis problems - from creating reporting systems to solving Data Mining problems, which can be solved on Chernobyl Nuclear Power Plant. As example of information processing are given the tasks of cleaning, transforming, and analyzing information, with forthcoming model building.

**Keywords:** *Decision Support System, Fast Analysis of Shared Multidimensional Information, On-Line Analytical Processing, Deductor, Data Mining.*

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ КАРСТОВО-СУФЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ ТА СПОРУДИ РАЕС

*Мамчич Юлія Русланівна  
tatciculia41@gmail.com*

*Магістрант 1 курсу*

*Теплоенергетичного і Хіміко-технічного факультетів  
університету України «Київський політехнічний інститут імені  
Ігоря Сікорського»*

**Анотація.** *Основна мета статті полягає в аналізі складних геологічних та гідрогеологічних умов промислового майданчика Рівненської атомної електричної станції і їх змін у результаті техногенного впливу. Оцінка стану території АЕС необхідна для передбачення подій і впровадження заходів, що знизять ризик виникнення можливих аварійних ситуацій та покращить екологічний стан довкілля. У статті обґрунтовано комплекс заходів для оцінки стану небезпечних геологічних процесів (карст, суфозія) на територіях розміщення енергетичних об'єктів; проаналізовано стан небезпечних геологічних процесів на території Рівненської АЕС. Виконано аналіз причин зміни геологічних та гідрогеологічних умов промислового майданчика за час експлуатації атомної станції та вплив цих змін на стан споруд досліджуваного об'єкта, спрогнозовано можливий розвиток зони спостереження РАЕС.*

**Ключові слова.** *карстові явища, суфозія, геологічні та гідрогеологічні умови, крейдяні товщі, ґрунтові води.*

**Вступ.** Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ країна, на території якої розташовані об'єкти підвищеної небезпеки, зобов'язана проводити повний комплекс досліджень, включаючи моніторингові. В Україні експлуатують атомні електростанції (АЕС) «радянського періоду», що були запроектовані без достатньо детального врахування геолого-геофізичних характеристик територій їх розташування.

Під час проектування першої черги Рівненської АЕС не були враховані карстово-суфозійні процеси, недооцінені деякі особливості ґрунтів та порід у фундаменті реакторного відділення Південно-Української АЕС, що призвело до їх нерівномірного просідання тощо.

В зв'язку з цим особливу актуальність набуває питання забезпечення надійної експлуатації потенційно небезпечних енергетичних об'єктів у складних інженерно–геологічних, гідрогеологічних і сейсмічних умовах.

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день, у час виникнення екологічної небезпеки зі сторони атомної енергетики, прикладом якої є недавня аварія на Чорнобильській АЕС, питання прогностичної оцінки розвитку території АЕС, розміщення споруд і об'єктів в залежності від природних умов, набули великої актуальності.

Складні геологічні та гідрогеологічні умови промислового майданчика Рівненської атомної електричної станції, їх зміна у результаті техногенного впливу призвели до прояву таких негативних процесів і явищ, як карст та суфозія.

Прогнозна оцінка стану території АЕС необхідна для передбачення подій і впровадження заходів, що знизять ризик виникнення можливих аварійних ситуацій та покращить екологічний стан довкілля.

**Задачі досліджень:**

- дослідження причин зміни геологічних та гідрогеологічних умов промислового майданчика за час експлуатації атомної станції та вплив цих змін на стан споруд досліджуваного об'єкта;

- прогнозна оцінка розвитку зони спостереження Рівненської АЕС за умов невизначеності.

**Об'єктом дослідження** є – природно-техногенна система промислового майданчика атомної електричної станції та зони спостереження.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати дослідження наочно показують недоліки розташування промислового майданчика РАЕС та дають оцінку сучасному стану території з точки зору небезпечності виникнення аварійних ситуацій.

Карстові явища (карст) – це сукупність процесів розчинення та розмивання водою гірських порід (кам'яної солі, гіпсу, ангідриду, вапняку, доломіту, мергелю) та утворення в них пустот.

Суфозія – механічне винесення дрібних часток ґрунту потоком підземних вод. Внаслідок винесення дрібних часток

грунту він стає більш проникним для води, тому швидкість фільтрації зростає і фільтраційний потік виносить частки більшого розміру. В дальшому цей процес приводить до осідання мас ґрунту і може спричинити руйнування основи і аварію споруди.

Розвиток карстово-суфозійних процесів обумовлений наявністю карстующих крейдяних порід, покритих товщею водонасичених піщаних ґрунтів, здатних під впливом руху підземних вод заповнювати порожнечі і тріщини в крейді, розчинятися і утворювати на поверхні осідання і провали. Про це свідчать два значні провали на ділянці гуртожитку ПТУ і механічних майстерень спецкорпусу блоку №3, а також в районі градирні №1.

Потенційно небезпечними з точки зору розвитку карстово-суфозійного процесу є, в основному, наступні фактори:

- порожнечі крейдяної товщі;
- наявність текучої пластичної крейди;
- широке розповсюдження тріщинуватої крейди.

Крім того небезпечними є також техногенні фактори, а саме:

- будівельне освоєння території зі збільшенням статичних навантажень на ґрунти;
- водозниження і довготривале відкачування підземних вод;
- підтоплення території;
- утворення воронки в ґрунтах в місцях витоку води з комунікацій.

Програма розвитку національної енергетики до 2010 року передбачає активне будівництво нових енергетичних об'єктів на території України.

Основну небезпеку для функціонування РАЕС становить сучасний стан крейдяної товщі та дисперсних порід а також ґрунти, що їх перекривають. На підставі багаторічних спостережень визначено, що густина скелету крейди менше  $1,25103 \text{ кг/м}^3$ , вона текучої консистенції, що характерно для зон розвитку суфозійно-карстових процесів.

На ослаблених ділянках крейдової товщі можливе утворення зон розущільнення. А зони підвищеної циркуляції підземних вод і активізації карстово-суфозійних процесів часто співпадають із ділянками підвищеної тріщинуватості базальтів.

Зони розущільнення можуть мати зв'язок із гідрогеологічними горизонтами, стан яких пов'язаний з природними (атмосферні опади) та техногенними чинниками (порушення комунікацій, природного стану поверхневих стоків).

**Характеристика досліджень та їх аналіз для території та об'єктів АЕС.** Територія розміщення Рівненської атомної електричної станції визначена, як карстоно небезпечна (Рис 1) 30 років тому ступінь вивчення крейдового карсту був незначним. Тому при виборі майданчика для будівництва РАЕС враховувались, в основному, два фактори: велика глибина залягання крейди та відсутність блюдець осідання на донній поверхні в природних умовах. В даний час геологічна та гідрогеологічна обстановка на території Рівненської АЕС детально вивчається.

Буріння свердловин проводилось до товщі базальтів, а опорні свердловини - до глибини 100м. Було здійснено моделювання гідрогеологічних умов ділянки забудови і промислового майданчика з врахуванням техногенного підтоплення і впливу водозаборів, організований інженерно - геологічний і гідрогеологічний моніторинг. На основі досліджень побудовано систему геологічних розрізів, які дають змогу оцінити територію АЕС з геологічної точки зору.

Гідрогеологічні дослідження входять у комплекс інженерно - геологічних і до них відноситься:

- з'ясування умов залягання, живлення і стікання ґрунтових вод, а також вивчення їх режиму;
- вивчення хімічного складу ґрунтових вод і засоленості ґрунтів;
- вивчення фільтраційних властивостей ґрунту.

Геодезичні спостереження ведуться також за осіданням будівель та споруд, які знаходяться довгий час в експлуатації, і в них виявлені нестабільні процеси деформацій. Результати спостережень необхідні для розробки заходів з укріплення основ і фундаментів.

Розрізняють два види осідання споруд - рівномірне та нерівномірне. Рівномірне осідання може відбутися лише в тому випадку, коли тиск, викликаний вагою споруди, і стиснення ґрунту у всіх частинах основи під фундаментом буде однаковим.

Нерівномірне осідання відбувається передусім у результаті різного тиску частин споруди і неоднакового стиснення ґрунту під фундаментом, що в свою чергу викликає різного роду переміщення і деформації в надфундаментних конструкціях споруд. Причинами нерівномірного осідання на досліджуваній території є неоднорідність геологічної будови як у вертикальному, так і у горизонтальному напрямку, наявність порід, які за своїми фізичними характеристиками є поганою основою для фундаментів, а також значне коливання рівня ґрунтових вод на території промислового майданчика РАЕС.

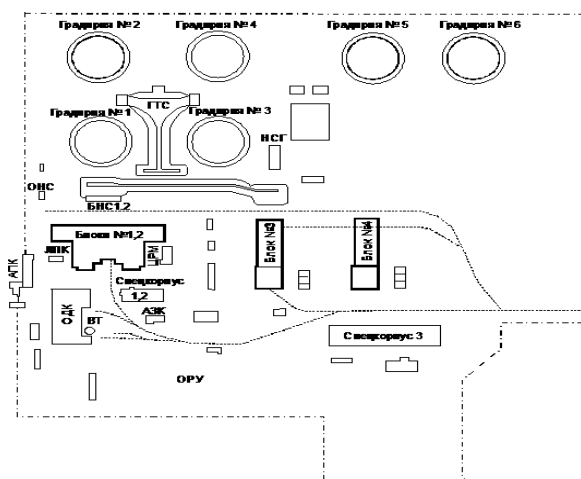


Рис.1 Схема промислового майданчик Рівненської АЕС

**Аналіз впливу гідрогеологічних факторів на стан території та споруд Рівненської АЕС.** Для розміщення АЕС до несприятливих відносяться території з високим рівнем підземних вод (менше 3 м від поверхні), із значною товщею (більше 10 м) добре фільтруючих ґрунтів (коефіцієнт фільтрації -  $k_f > 10$  м/добу), а також з сильно шпаруватими і крупно уламковими ґрунтами.

При пошуках ділянок під будівництво Рівненської АЕС геологічні та гідрогеологічні умови будівельного майданчика були дослідженні недостатньо. Глибина свердловин не

перевищувала 30м, не були відкриті деякі закарстовані нестійкі породи, а саме - писальна крейда. У зв'язку з цим усі споруди були зведені на природній основі без врахування небезпеки розвитку карсту чи карстово-суфозійних явищ, що тісно пов'язано з гідрогеологічними умовами промислового майданчика.

Під час будівництва та на початку експлуатації, коли були заповнені водою гідротехнічні споруди, режим ґрунтових вод був порушений. Наслідком цього було значне підтоплення територій з протіканням ґрунтових вод у водоносний горизонт крейדיаних відкладів, активний розвиток карстово-суфозійних процесів, деформація споруд, що будуються, та підвищене осідання деяких існуючих споруд РАЕС. Як відомо, підтоплення промислових майданчиків та функціонуючих виробничих будинків і споруд може привести до виключення з технологічного ланцюжка окремих ланок і аварійної зупинки всього виробництва. При високих рівнях ґрунтових вод знижується також і сейсмічна стійкість споруд.

Атомні електричні станції мають не тільки значне водоспоживання (290,1 тис. куб. м/добу для блоку мільйонника в літній час), але і величезні втрати виробничих вод. Вони значно змінюють природний рівень ґрунтових вод, гідрогеологічні й інженерно - геологічні умови майданчика

Взаємодія теплових, хімічних виробничих факторів і реагентів на технічну воду для виробничих потреб з наступним її витіканням обумовлюють зміну температури, хімічного складу і агресивності ґрунтових вод.

Хімічний склад ґрунтових вод РАЕС характеризується великим вмістом сульфатів. Їх величини за 2019 рік приведені в табл.1.

*Таблиця 1 - Вміст сульфатів у ґрунтових водах промислового майданчика РАЕС (район градирні №1), мг/кг*

Час спостережень	Вміст сульфатів (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/кг
Січень, 2019 р.	218,7
Квітень, 2019 р.	179,5
Липень, 2019 р.	202,2
Жовтень, 2019 р.	180,6

Підземні води на території промислового майданчика містять сполуки, які агресивно впливають на бетон та залізо. Як зазначалось вище, ґрунтові води мають в собі велику кількість сульфатів, за допомогою яких відбувається кристалізація в бетоні нових сполук (гіпсу і сульфоалюмінату кальцію), утворення яких супроводжується збільшенням об'єму, що і призводить до кришення бетону і осіданню споруд. (Рис 2).

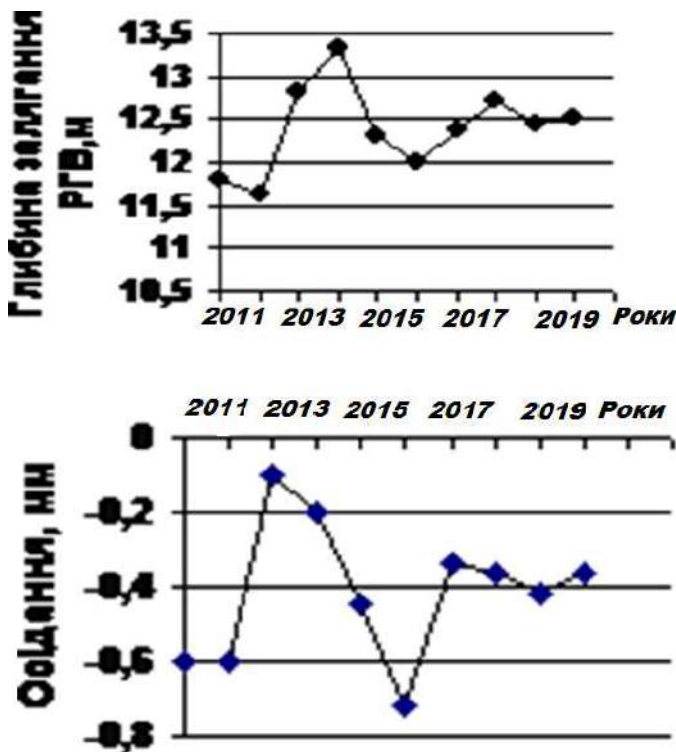


Рис.2 Глибина залягання РГВ, (м) та осідання споруди, мм.

Глибину залягання рівня ґрунтових вод обчислено за матеріалами стаціонарних спостережень режиму підземних вод на території Рівненської АЕС, згідно графікам, на гідрологічному (р. Стир) метеопості.



Аналіз графіків підтверджує залежність величини осідання фундаменту споруди від глибини залягання рівня ґрунтових вод (РГВ). Таким чином, гідрогеологічні умови району є одними з домінуючих факторів, що впливає на осідання споруд АЕС. Великі об'єми водяних мас, які потрапили в ґрунтові води, змінюють їх режим, температуру і хімічний склад, внаслідок чого змінюються характеристики міцності ґрунтових основ і виникають деформації фундаментів і споруд.

Крім підвищення РГВ нерідко спостерігається формування верховодки чи постійного водоносного горизонту в приповерхневих відкладах. Цьому сприяють такі фактори, як значна потужність зони аерації, наявність негативних техногенних форм рельєфу (котловини, канали, траншеї), присутність в розрізі зони аерації прошарків і лінз ґрунтів з низькими фільтраційними властивостями (глинисті ґрунти) і т. п.

На фоні загального пониження рівня ґрунтових вод з початку експлуатації АЕС, за останні роки проявляється тенденція до його підвищення (рис. 3).

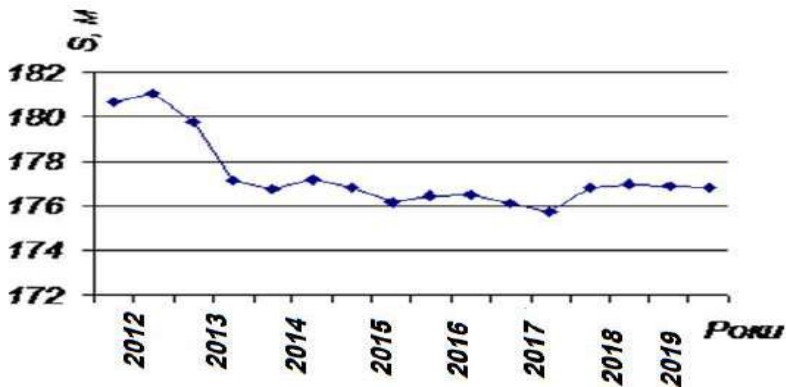
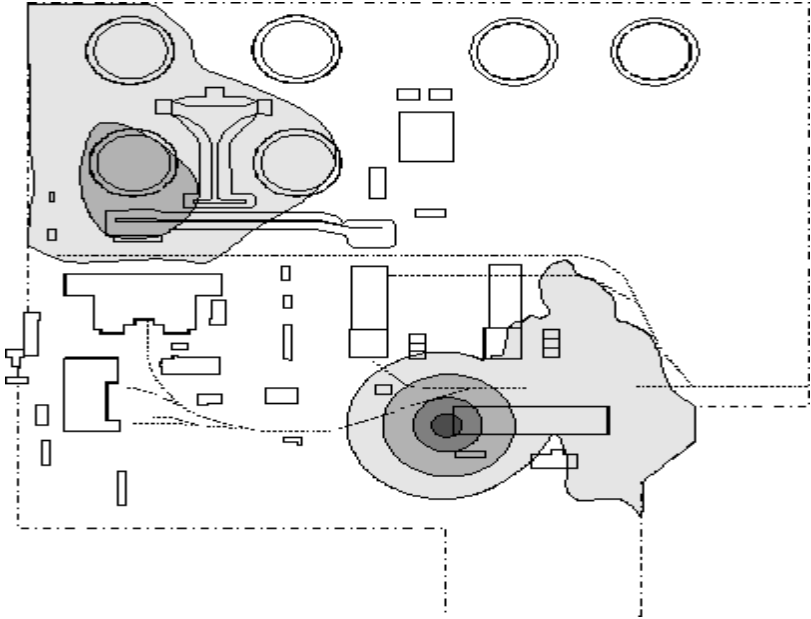


Рис. 3 Рівень ґрунтових вод (2012-2019 рр.)

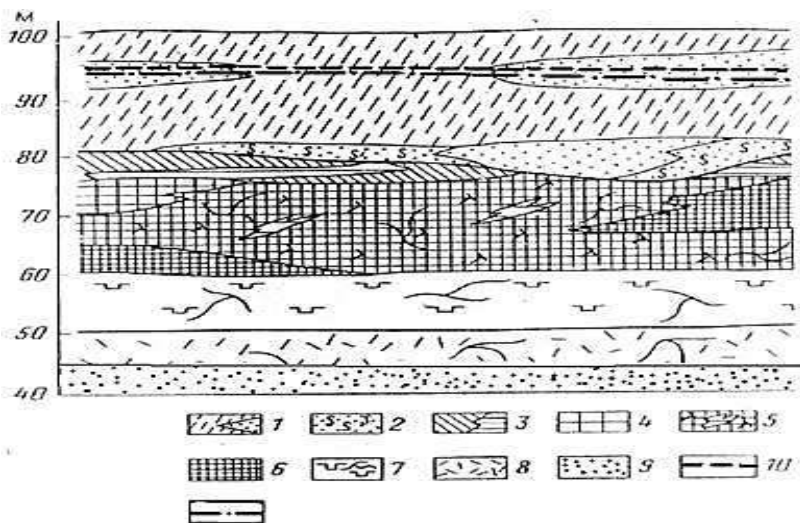
Коливання рівня ґрунтових вод, має негативний вплив на геологічну будову промислового майданчика. Утворення купола ґрунтових вод призвело до утворення на території атомної станції суфозійно-карстово небезпечних зон. (рис. 4).



*Рис. 4 Карстово небезпечні зони на території Рівненської АЕС.*

**Геологічні умови промислового майданчика та їх вплив на стан території і споруд Рівненської АЕС.** Рівненська атомна електрична станція, як і більшість АЕС України, зведена на території з дуже різними, неоднорідними геологічними умовами, в районі залягання карбонатних порід (писальної крейди), що визначає широке коло проблем, які виникають у процесі проектування, будівництва й експлуатації даного об'єкта. Більшість її споруд побудовані на осадових породах, за винятком блоку №4, розміщеного на базальтах.

РАЕС знаходиться в області льодовикової акумуляції. В геологічній будові цього об'єкта беруть участь всі основні генетичні типи льодовикових відкладів (моренні, водно- й озерно-льодовикові) раньо-, середньо- і пізньочетвертинного періоду (рис. 5).



- 1 - сунісок; 2 - піски пилюваті; 3 - суглинки, глини; 4 - біла писальна крейда поточної або поточно пластичної консистенції;  
 5 - біла писальна крейда з тріщинами, подекуди закарстована;  
 6 - біла писальна крейда масивна; 7 - базальти вивітрені та з тріщинами; 8 - туфи вивітрені; 9 – теригенні відклади нижнього Ванду горбаішівської свити (водоносний напірний горизонт);  
 10 - рівень ґрунтових вод; 11 – п'єзометричний рівень напірних вод в товщі писальної крейди.

Рис .5 Схематичний геологічний розріз промислового майданчика Рівненської АЕС

Особливістю тут є наявність льодовикової товщі з характерним заляганням порід різного складу, вклинюванням, зміною потужності і т. д.

Якість ґрунтів як будівельних матеріалів і основ інженерних конструкцій у значній мірі залежить від фізичних властивостей ґрунтів, тому приведемо загальну характеристику ґрунтів, які знаходяться на території АЕС:

- піщані ґрунти у сухому стані – сипкі і не мають зв'язності, відзначаються доброю водопроникністю і малою капілярністю, при зволоженні набувають незначної зв'язності;

- супіскові ґрунти у сухому стані мають достатню зв'язність, мало пластичні або непластичні. Водопроникність значно менша, ніж у піщаних ґрунтів. Відзначаються добрим опором навантаження, як у сухому, так і у зволоженому стані;

- суглинкові ґрунти відзначаються зв'язністю і незначною водопроникністю. Пластичність, липкість, набухання і капілярні властивості із збільшенням вмісту глинистих часток зростають;

- глини в сухому стані мають дуже високу зв'язність, погано вбирають воду, практично водонепроникні, дуже важко піддаються обробці. При переході із сухого стану у вологий дуже набухають, а при висиханні дають велику усадку. У вологому стані вони є пластичними, липкими, опірність із навантаженням знижується.

Як видно з геологічного розрізу (див. Рис.1.5) під товщею рихлих відкладів четвертинного періоду і палеогену залягає пласт писальної крейди значної потужності, підстеленої базальтами і туфами Ванда.

Тектоніка ділянки будівництва визначається положенням її у вузлі глибинних розломів, що обумовило утворення чисельних розривів не тільки в кристалічному фундаменті, але й у породах, що перекриваються.

На території відмічено рухи за тектонічними розломами з інтенсивністю 2-4 мм у рік. Наявність тектонічної тріщинуватості сприяє розвитку в товщі писальної крейди карстових процесів.

Район відносно спокійний щодо сейсмічних проявів і не характеризується розвитком катастрофічних екзогенних явищ.

Фонова сейсмічність району АЕС складає 5 балів.

В геологічній будові ділянки беруть участь верхньопротерозойські, верхньокрейдяні, верхньопалеогенові і середньочетвертинні утворення.

Верхньопротерозойські утворення з поверхні представлені базальтами і туфами берестовецької свити, які ускладнені тектонічними порушеннями різного порядку. Завдяки тектонічним порушенням в масиві базальтів розвинута густа сітка тріщин, різних розломів і орієнтування.

Верхньокрейдяні відклади виражені писальною крейдою туринського ярусу, в основі якого місцями залягає тонкий шар

базальтного конгломерату нижнього сеноману. Вони залягають в інтервалі глибини біля 25-40м. Характеризуються значною розчленованістю рельєфу покрівлі, неоднорідною будовою. На ділянках блоків №1,2, градирень №1-4, головного корпусу блоку №3 товщина крейди середньокарстована, на ділянках мехмайстерень, спецкорпусу, вентруби і естакади брудних стоків блоку №3 – сильнокарстована.

Верхньопалеогенові і середньочетвертинні відклади представляють товщу, виражену супісками і дрібними пісками, рідко суглинками і середніми пісками. Із-за обводнення значно понизились їх структурна стійкість і фізико - механічні властивості, в зв'язку з чим серед супісків виділяються менш щільні різновиди, а серед пісків - рихлі різновиди.

На основі приведеної характеристики можна стверджувати, що велика мінливість, якою відрізняється загальна потужність льодовикової товщі за міцністю, деформаційними і фільтраційними властивостями порід, створює можливість появи небезпечного нерівномірного осідання споруд РАЕС.

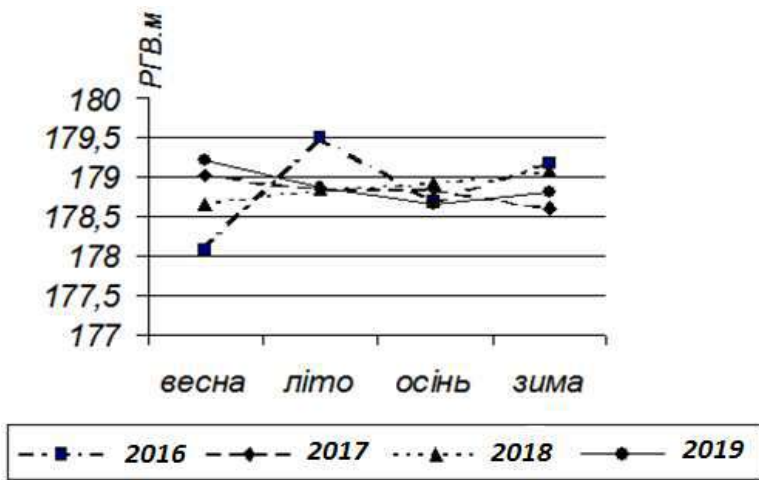
**Вплив експлуатації АЕС на гідрогеологічні та геологічні умови території.** В попередніх даних досліджено вплив зміни природних умов на стан території та споруд АЕС, але значне техногенне навантаження території з боку АЕС і є причиною цих зміни, які ускладнюють виробничий процес і роблять можливим виникнення аварійних ситуацій.

Зміна гідрогеологічних умов на майданчику АЕС проявляється в динаміці РГВ, хімічного складу, газової складової, ступеня мінералізації і температури ґрунтових вод. Наслідком цього є підтоплення території, підвищення агресивності підземних вод і руйнації ґрунтів, погіршення їх деформаційних властивостей, розвиток несприятливих геологічних процесів (набухання ґрунтів, усадка, суфозія та ін.).

Найбільш негативним проявом цих зміни є поява на території РАЕС карстово небезпечних зон. Отже зміна гідрогеології є головною причиною зміни геологічних умов промислового майданчика.

Вона може бути викликана: влаштуванням будівельних котлованів; роботою систем технічного водопостачання; витоком виробничих вод із комунікацій (рис. 6); блокування

потоків ґрунтових вод польовими основами чи фундаментами глибокого закладення; порушенням поверхневого стоку; зниженням випаровування внаслідок вирубки лісів і забудови території та ін.



*Рис. 6 Положення рівня ґрунтових вод у період витоку води з гідротехнічних споруд.*

В процесі будівництва може спостерігатись, як зниження, так і підвищення РГВ, в процесі ж експлуатації, як правило, проходить його підвищення. Його інтенсивність залежить, з одного боку, від правильності прийнятих проєктних рішень і якості будівництва, а з іншого боку - від геоморфологічного місцезоташування майданчика, його геологічної будови, гідрогеологічних умов і властивостей ґрунтів.

**Оцінка стану території Рівненської АЕС.** Будівництво атомних електричних станцій неможливе без попередньо правильної прогнозувальної оцінки території, на якій будуть зведені споруди та будівлі даного об'єкту. Одним з найголовніших завдань на цьому етапі є передбачення змін природних умов у наслідок функціонування АЕС, які можуть привести до виникнення аварійних ситуацій.

Вибір ділянки під будівництво споруд такого плану як атомна електрична станція є досить складним завданням, яке передбачає вивчення цілого комплексу природних умов даної території, що мають безпосередній вплив на зведення та експлуатацію інженерних споруд. З цією метою проводяться геодезичні, гідрометеорологічні, геологічні, гідрогеологічні та інші дослідження. Вони повинні бути надійною основою при прийнятті рішення як при розташуванні атомної електричної станції на обраній території загалом, так при розміщенні та компонуванні споруд на її промисловому майданчику.

На мій погляд питанню прогнозової оцінки на етапі проектування РАЕС **не було приділено** достатньої уваги, тому проведено оцінку територію даного об'єкту і знайдено причини появи негативних явищ за час експлуатації АЕС.

При дослідженні були вивчені такі явища: геологічна будова ділянки, гідрогеологічні умови, фізико - механічні властивості ґрунтів, геологічні процеси і явища та можливі їх зміни після спорудження об'єктів АЕС.

Геологічна будова промислового майданчика Рівненської АЕС досить різноманітна, але загалом її можна розділити на чотири товщі: 1) насипний ґрунт, пісок; 2) супісок, глина, суглинок; 3) крейда; 4) скельна порода. Небезпеку становлять друга та, особливо, третя товщі. У ґрунтах третього групи має місце утворення карстових пустот.

На основі вивчення даних системного моніторингу за станом небезпечних природних процесів на території РАЕС, що проводився в районі будівництва, запропоновано районування території за геологічними та гідрогеологічними особливостями. Це районування переслідує мету вибору ділянки під будівництво з найбільш сприятливими умовами для будівництва та експлуатації АЕС. За рівнем ґрунтових вод, потужністю того чи іншого пласту, глибиною залягання його від поверхні на території промислового майданчика було виділено чотири ділянки, однорідних щодо природних умов (рис. 7)

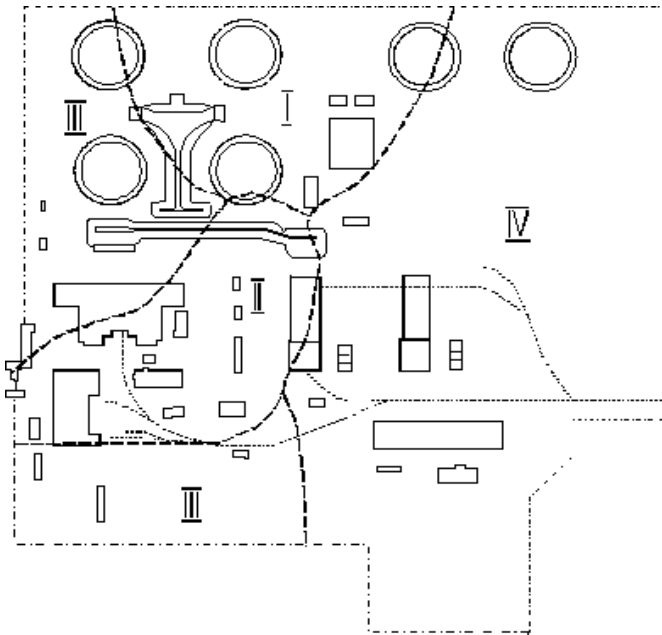
- перша ділянка характеризується високим рівнем підземних вод і є досить однорідною з геологічної точки зору за будовою, також значним пластом насипного ґрунту (до 15м);

- друга ділянка є неоднорідною у своїй будові з прошарками

слабких порід, що може привести до нерівномірного просідання будівель та споруд. Тут значне поширення мають глинисті породи туго пластичної та пластичної консистенції. Як відомо, ущільнені глини – матеріал з поверхневим зміщенням. Він практично водонепровідний і характеризується пониженим опором зсуву, що, відповідно, є потенційною зоною для деформацій і природнім екраном для руху підземних вод;

- третя ділянка характеризується значною товщею супісків середньочетвертинних з неглибоким заляганням їх від поверхні (0,0 -2,5 м) та найпотужнішим пластом крейди на території промислового майданчика;

- четверта ділянка є досить однорідною у своїй геологічній будові з середніми показниками щодо потужності та глибини залягання порід без наявності глин. Дзеркало ґрунтових вод має пологу поверхню.



*Рис. 7 Поділ території промислового майданчика характерні ділянки дослідження на початку експлуатації Рівненської АЕС.*



**Засоби ліквідації наслідків техногенних факторів на території і спорудах РАЕС.** Боротьба з карстовими та суфозійними явищами дуже важка і не завжди дає позитивні результати.

Застосовують такі заходи боротьби з карстом:

- виходи карстуючих порід перекривають водонепроникними покриттями (глиною, бетоном), виключаючи тим самим проникнення води у карстові пустоти, що приводить до припинення карстового процесу;

- підземні пустоти засипають крупним піском, щебенем, закладають сухою кладкою, заливають бетоном або асфальтом;

- невеликі тріщини в породах при будівництві гідротехнічних споруд заповнюють цементним тістом або розчином і бітумом;

- поверхневі і підземні води відводять у бік від карстових воронок і пустот.

При будівництві всіх споруд у районах поширення карсту необхідні детальні інженерно-геологічні дослідження, щоб розробити методи боротьби з карстовими явищами, чого не було досягнуто при пошуках ділянки під будівництво Рівненської АЕС. Ґрунти даної території є досить нестійкими щодо навантаження і територія їх поширення є карстово небезпечною.

Для забезпечення експлуатаційної надійності ряду об'єктів РАЕС був прийнятий спосіб посилення ґрунтів основ цементацією карстуючих крейд четвертинних відкладів.

Метою цементації в даних геологічних та гідрогеологічних умовах є ліквідація (ущільнення) під об'єктами і за їх зовнішнім контуром окремих великих пустот в тріщинуватих та закарстованих крейдах, в контактних зонах крейди з четвертинними відкладами і базальтами.

Цементації крейдяної товщі вирішуються такі задачі:

- максимальне зниження можливості карстоутворення в крейді;

- ліквідація можливості проникнення в крейду вищележачих супіщаних верхньочетвертинних відкладів і, як наслідок - припинення процесу їх подальшого розщільнення за межами основи об'єкту.

Цементація передбачає:

1. Буріння з глинистою промивкою і обсадкою трубами товщі четвертинних відкладів з заглибленням в крейду на 1м.
2. Заливання затрубного простору з подальшим розбуренням цементного каменю в обсадних трубах.
3. Буріння та цементация крейдяної товщі і контакту з базальтами інтервалом 5-7м.

Це дозволяє надійно стабілізувати карстово-суфозійні процеси на території проммайданчика РАЕС.

### **Висновки.**

Використавши сучасні дані природного і техногенного впливу на стан території і споруд РАЕС, можна зробити висновок, що небезпека появи і подальший розвиток карстово-суфозійних процесів на майданчику Рівненської АЕС можуть бути повністю усунуті або різко знижені шляхом відновлення і підтримання на даній території природного рівня та режиму ґрунтових вод.

Тому експлуатація енергоблоків № 1,2,3 і будівництво нових за умов виконання вимог існуючих на даний момент, можуть бути продовжені.

### **Література**

1. Амписов В. Е. Формирование и прогноз режима ґрунтовых вод на застраеваемых территориях.- М.: Недра, 1984.- 90с.

## ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАБІЛІТАЦІЇ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ САМОДЕЗАКТИВАЦІЇ

*Машиністов В.Є.<sup>1</sup>, Балакін В.Ф.<sup>1</sup>, Коверя А.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Національна металургійна академія України, просп. Гагаріна,  
4, 49600, м. Дніпро, mashvic@i.ua;*

<sup>2</sup> *Національний технічний університет «Дніпровська  
політехніка», просп. Д. Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро,  
nakover13@gmail.com*

**Анотація:** *В статті запропонований підхід, який дозволяє повернути в промислове виробництво, в якості вторинної сировини, техногенні об'єкти, поверхня яких забруднена радіоактивними речовинами. Основою підходу є демонтаж таких об'єктів з наступним роздробленням фрагментів, що утворилися. В результаті об'єкт, як поверхнєве джерело гамма-випромінювання, перетворюється в об'ємне з рівномірним розподілом елементарних випромінювачів в ньому. При цьому створюються умови для отримання радіаційно безпечної сировини, оскільки гамма-випромінювання значної частини радіонуклідів поглинається в речовині джерела, тобто має місце ефект, названий «самодезактивацією».*

**Ключові слова:** *гамма-випромінювання, опромінення, радіоактивно забруднений об'єкт, утилізація, самодезактивація.*

**Вступ.** Існує багато ситуацій, які можуть викликати додаткове до природного радіаційного фону опромінення людей іонізуючою радіацією. Наприклад, це випромінювання від природних радіонуклідів, що надходять в біосферу разом з корисними копалинами, джерелами іонізуючого випромінювання (ІВ) штучного походження, що утворюються в результаті виробничої діяльності або після аварій, які супроводжуються викидом у навколишнє середовище радіоактивних речовин. Перевищення показників забруднення поверхні житлових, адміністративних, виробничих будівель і споруд, транспортних засобів, технологічного обладнання та техніки, яку застосовували при ліквідації наслідків аварій, тощо, вище допустимого рівня унеможливає їх подальше використання за прямим призначенням. Також виведення об'єктів з обігу потребує вирішення низки питань для організації їх зберігання,

захоронення, а також забезпечення радіаційної безпеки населення та персоналу об'єктів, недопущення додаткового радіаційного забруднення природного середовища в місцях їх знаходження. Все це пов'язане зі значними матеріальними і фінансовими витратами.

Тому особливої актуальності набуває завдання повернення в господарський обіг матеріалів з підвищеним рівнем ІВ і реабілітації зайнятих ними територій. Також необхідно враховувати і негативний соціально-психологічний аспект зазначеної проблеми, який багато в чому перешкоджає подальшому розвитку ядерної енергетики. В даний час завдання забезпечення можливості повторного застосування забруднених радіонуклідами об'єктів і матеріалів в будь-якому стані і якості, вирішується, переважно, шляхом дезактивації поверхонь об'єктів і територій, на яких знаходяться забруднюючі їх радіонукліди.

Низька ефективність відомих методів знешкодження забруднених радіонуклідами поверхонь вимагає пошуку нових підходів до вирішення даної проблеми.

У цій роботі представлений розроблений його авторами варіант вирішення зазначеної проблеми, який базується на використанні ефекту самодезактивації [1].

**Основний матеріал.** Предметом дослідження є окремі забруднені радіонуклідами території та техногенні об'єкти, які знаходяться поза організмом людини. Як показано в [2], в цьому випадку внесок у зовнішню складову ефективної дози вносить лише гамма-випромінення, що надходить від поверхні цих об'єктів.

Іонізуюча радіація є невід'ємною складовою існування життя на планеті Земля. В результаті антропогенної діяльності її рівень постійно підвищується а, отже, підвищується ризик опромінення, що призводить до необхідності вживання заходів щодо зменшення рівня негативного впливу ІВ на людей.

Гамма-випромінення, як один з видів електромагнітного випромінення, має корпускулярно-хвильову природу, тобто одночасно має властивості як безперервних електромагнітних хвиль, так і корпускул (квантів). Використання хвильових властивостей гамма-квантів дозволяє при оцінці і прогнозуванні радіаційної обстановки не розглядати первинні джерела, випромінення яких здатне впливати на людину, а обмежитися дослідженням створених ними вторинних джерел. Наприклад, окремих об'єкт з об'ємним розподілом радіонуклідів в ньому є

первинним джерелом, а його поверхня – вторинним, характеристики якого можуть бути виміряні або розраховані і застосовані як вихідні данні для оцінки радіаційної обстановки, створеної цим об'єктом. При цьому відпадає необхідність аналізувати склад гамма-випромінюючих радіонуклідів первинного джерела.

Енергія гамма-квантів, що випромінюються радіоізотопами знаходиться в інтервалі 50 кеВ – 3 МеВ. При поширенні гамма-випромінення через речовину має місце ослаблення його інтенсивності за рахунок взаємодії з речовиною за експоненціальним законом, що означає неможливість його повного обмеження. На практиці для забезпечення радіаційної безпеки достатньо зменшити потужність гамма-випромінення до рівня, співрозмірного з фоновим.

Таким чином, корпускулярні і хвильові властивості гамма-випромінення, взаємно доповнюючи один одне, дозволяють вичерпно описати закономірності його поширення та взаємодії з речовиною, результатом якої є іонізація і збудження його атомів і молекул. Якщо ці процеси відбуваються в неживій матерії, то вони не призводять до зміни її властивостей. При впливі ІВ на біологічну тканину, в ній виникають первинні процеси, які запускають складні і взаємопов'язані зміни, що підкоряються біологічним законам і порушують функціонування живого організму [3].

Основною кількісною оцінкою шкідливого впливу іонізуючого випромінення на людину є індивідуальна річна ефективна доза зовнішнього опромінення [4]. Діючі в даний час міжнародні та національні документи з питань радіаційної безпеки містять ключове припущення про лінійну залежність доза – біологічний ефект [5, 6]. Так, при збільшенні ефективної дози опромінення прямопропорційно збільшується рівень біологічної дії радіаційних факторів. Такий підхід є основою як для підсумовування доз від сукупності зовнішніх джерел, так і для визначення доз, які формуються окремими джерелами. Ефективні дози розраховуються для «умовної людини», яка володіє набором стандартних параметрів тіла [5].

Доза в точці формується гамма-випроміненням, що надходить до неї з усіх напрямків, і з різних відстаней, від суміші радіонуклідів, що містяться у всіх елементах навколишнього середовища. Так як на результуюче гамма-поле в точці впливає велика кількість чинників, то воно практично не

може бути розраховане, і контролюється за допомогою приладів, що вимірюють дозиметричні характеристики цього поля.

Оскільки дозиметричні величини безпосередньо не можуть бути виміряні, то їх значення визначаються за допомогою операційних величин, які можна виміряти і які є їх консервативною оцінкою [5].

На практиці для визначення потужності ефективної дози зовнішнього опромінення  $\dot{E}^{\text{зовн}}$  за допомогою дозиметра, шкала якого градуйована в одиницях мкЗв/год, вимірюють потужність еквівалентної дози. Значення цієї операційної величини є оцінкою потужності дози в точці вимірювання  $\dot{E}^{\text{зовн}}$ . Для оцінки ефективної дози, яку отримала би людина, що знаходиться в точці вимірювання, показання дозиметра множаться на час перебування людини в даній точці поля випромінювання.

Людина, яка знаходиться на поверхні Землі, також як і інші живі організми, постійно знаходиться під впливом природного радіаційного фону, створеного гамма-випромінюючими радіонуклідами.

Природні радіонукліди, які є елементарними джерелами гамма-випромінювання, розсіяні по всіх об'єктах навколишнього середовища. Механізм формування індивідуальної ефективної дози ілюструється за допомогою рисунка, на якому показаний вертикальний розріз фрагменту простору, що складається з двох напівнескінчених випромінюючих просторів: атмосферного повітря  $S_a$  і ґрунту  $S_n$  з рівномірним розподілом активності в них.

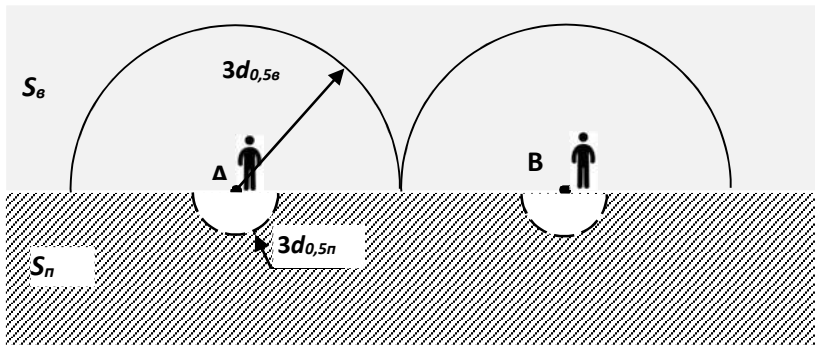


Рисунок. Навколишнє середовище, як джерело зовнішнього опромінення людини

На земній поверхні розташовані точки спостереження А і В, в яких контролюється потужність еквівалентної ефективної дози  $\dot{E}_e$  і  $\dot{E}_n$ . Повна потужність дози опромінення людини, що знаходиться, наприклад, в точці А є сумою зазначених окремих доз:

$$\dot{E}_A = \dot{E}_e + \dot{E}_n.$$

Здатність послаблювати гамма-випромінення кожної з цих складових характеризується своїм значенням товщини шару половинного ослаблення  $d_{0,5e}$  і  $d_{0,5n}$ , значення яких визначаються щільністю відповідного середовища поширення. В умовах, коли склад  $\gamma$ -випромінюючих радіонуклідів і їх кількісні співвідношення невідомі, то середні значення товщини шару половинного ослаблення кожної з розглянутих складових навколишнього середовища можуть бути визначені виключно експериментальним шляхом.

Таким чином, навколишнє середовище з об'ємним розподілом радіонуклідів  $\epsilon$ , з одного боку, джерелом гамма-випромінення, а з іншого – поглинаючим середовищем для цього випромінення. Як видно з рисунку, чим далі від точки А знаходиться гамма-випромінюючий радіонуклід, тим менший внесок він вносить в потужність дози, що формується в цій точці, через збільшення довжини шляху поширення гамма-квантів в поглинаючому середовищі. Експериментально встановлено, що практично не змінюють значення потужності дози, яка реєструється в точці А, радіонукліди, які знаходяться від неї на відстані, що перевищує потрібне значення шару половинного ослаблення речовини середовища поширення. Практично це означає, що з усіх радіонуклідів, присутніх у середовищі існування, індивідуальну ефективну дозу в точці формують лише ті з них, які знаходяться на відстанях від людини, що не перевищують потрібного значення шару половинного ослаблення. В атмосфері ця відстань складає сотні метрів, а в ґрунті – 0,3-0,5 м [7]. Необхідно відзначити, що будівлі та інші об'єкти, які знаходяться на поверхні Землі, з одного боку, служать джерелами додаткового опромінення, а з іншого – послаблюють випромінення, що проходить через них.

Отже, людина, що знаходиться в точці В, опромінюється абсолютно іншою сукупністю радіонуклідів, ніж індивідуум, що знаходиться в точці А, віддаленій від точки В більш ніж на шість шарів половинного ослаблення середовища між цими точками [7].

Завдяки інтенсивній діяльності людини постійно зростає рівень ІВ від природних радіонуклідів, що потрапляють у навколишнє середовище разом з корисними копалинами, продуктами спалення палива тощо. Також утворюється штучний радіаційний фон, обумовлений відходами підприємств ядерної енергетики, аваріями з викидом радіоактивних речовин в навколишнє середовище та ін. В результаті аварій на АЕС, ядерних реакторах тощо, з викидом в атмосферу радіоактивних речовин, утворюється хмара, при переміщенні якої забруднюються великі території радіоактивними речовинами, що випадають на поверхню Землі. Наземний радіоактивний слід має плямистий характер з великими перепадами рівнів радіації. На забрудненій території в результаті атмосферних явищ відбувається безперервний вторинний перерозподіл радіоактивності. Окремі ділянки з розташованими на них техногенними об'єктами можуть бути сильно забрудненими, і перебувати поруч з практично «чистими». Об'єкти з підвищеним рівнем забруднення поверхні радіонуклідами можуть створювати ситуації існуючого небезпечного хронічного опромінення населення.

Оскільки гамма-випромінення при поширенні послаблюється, то потужність індивідуальної ефективної дози має найбільше значення біля випромінюючої поверхні джерела. Вочевидь, що в один і той же момент часу з усіх людей, які знаходяться в зоні дії випромінення, що випускається окремим джерелом, найбільшому впливу будуть піддаватися ті з них, які знаходяться безпосередньо у його поверхні. Звідси виходить, що якщо забезпечити їх безпеку, то в безпеці будуть знаходитися і всі інші особи. Таким чином, умовою повернення забруднених об'єктів в господарський обіг є зниження рівня гамма-випромінення з їх поверхні до допустимого. Відповідно до [4], цей підхід відноситься до ситуації втручання, що передбачає вживання заходів для забезпечення радіаційної безпеки об'єкта. В даному випадку таким втручанням є дезактивація будівель,



споруд та ін. до рівня, що забезпечує значення річної індивідуальної дози опромінення  $E_{\text{гр}}^{\text{зовн}}$ , яке не перевищує величини 1 мЗв. Однак, оскільки це розрахункова величина, то на практиці як кількісний критерій безпеки джерела гамма-випромінення встановлюється такий похідний норматив, як усереднена за рік потужність ефективної дози  $\dot{E}_{\text{гр}}^{\text{зовн}}$ , розрахована зі значення  $E_{\text{гр}}^{\text{зовн}}$  [4]. У підсумку, для того, щоб зовнішнє джерело було безпечним для людини, яка знаходиться в зоні дії створюваного ним ІВ, необхідно забезпечити умови, за яких потужність ефективної дози випромінення з його поверхні не перевищувала встановленого граничного допустимого рівня  $\dot{E}_{\text{гр}}^{\text{зовн}} = 0,3$  мкЗв/год [4].

Викладене вище справедливо не лише для точкового ізотропного випромінювача, а й для протяжливих з безперервним спектром джерел як природного, так і штучного походження, з різними фізичними та хімічними характеристиками. На практиці для вживання заходів забезпечення радіаційної безпеки конкретного об'єкта, за допомогою дозиметра визначається потужність дози випромінення в точці, віддаленій від його поверхні на 0,1 м. Якщо ця величина перевищує гранично допустиму потужність дози  $\dot{E}_{\text{гр}}^{\text{зовн}}$ , що є критерієм радіаційної безпеки об'єкта, то необхідно вживати заходів для забезпечення його безпеки.

Рівень фонового опромінення людини визначається розподілом джерел гамма-випромінення в об'ємі середовища проживання, а також варіаціями в просторі і в часі створеного ними радіаційного поля. Флуктуації цього поля мають циклічні складові (добові, сезонні, річні і т.д.), а також пов'язані з кліматичними факторами.

Кількісно рівень небезпеки радіаційного фону, також як і будь-якого гамма-випромінення, оцінюють таким умовним показником як річна індивідуальна ефективна доза. Оскільки розподіл дози, яка змінюється протягом року, не регламентується [4], то вона є усередненою за рік величиною.

На земній кулі є окремі території, на яких ефективна доза до десятка разів перевищує усереднене значення по світу. Ці більш високі значення дози обумовлені підвищеним рівнем концентрації радіонуклідів в земній корі. Ретельно проведені

дослідження не встановили наявності зв'язку між підвищенням рівня радіаційного фону і зростанням біологічних порушень в організмі людини. Це можна пояснити тим, що всі живі організми здатні існувати при широкому діапазоні значень, діючих на них факторів навколишнього середовища, в тому числі і радіаційного фону, завдяки наявності ефективних механізмів адаптації.

З викладеного вище випливає, що для того, щоб новоутворені джерела як природного, так і штучного походження, були безпечні, необхідно забезпечити, щоб рівень створюваного ними ІВ був порівняний з рівнем природного радіаційного фону. Отже, природний радіаційний фон є критерієм радіаційної безпеки в існуючій ситуації впливу як техногенних, так і природних джерел випромінювання на людей.

У багатьох випадках вибір граничного значення потужності ефективної дози, за яким оцінюється радіаційна обстановка, залежить від конкретної ситуації існуючого опромінення. Наприклад, в Україні, а також у багатьох інших країнах, допустимий рівень потужності поглиненої дози в приміщеннях житлових і промислових будівель встановлюється рівним 0,26 мкЗв/год і 0,44 мкЗв/год, відповідно, причому з урахуванням природного фону [4]. Директивою 2013/59 EURATOM [6] визначено, що для обладнання, яке має в своєму складі закрите джерело, цей рівень дорівнює 1 мкЗв/год на відстані 0,1 м від його найближчої поверхні. В «Основних санітарних правилах України» [8] встановлено, що тверді матеріали з невідомим радіонуклідним складом і невідомою питомою активністю не належать до радіоактивних відходів, якщо потужність поглиненої дози, що визначена на відстані 0,1 м від їх поверхні, не перевищує значення 1 мкГр/год.

Як показано в [1], забезпечити радіаційну безпеку джерела ІВ, що знаходиться за межами організму людини, можна не тільки шляхом зменшення кількості радіонуклідів на його поверхні, що випромінює, але і зміною умов розповсюдження до людини ІВ. Оскільки кінцевим результатом цих обох дій є зменшення потужності ефективної дози опромінення людини, то їх можна об'єднати одним поняттям «деактивація». Окремим випадком цього поняття є термін «самодеактивація», під яким

розуміється ефект поглинання ІВ радіонуклідів, що знаходяться в об'ємі джерела випромінювання, речовиною цього ж джерела. За своїми наслідками така дія еквівалентна зменшенню кількості радіонуклідів на поверхні об'єкта, що випромінює. Природно, що це призводить до зменшення рівня випромінювання і, як наслідок, зменшення рівня його небезпеки. Застосування в широкому сенсі єдиного поняття «дезактивація», дозволяє використовувати його в цілях отримання об'єктивної оцінки кількісного внеску різних факторів в сумарну потужність дози зовнішнього опромінення людини, створеної окремим джерелом.

Наочною ілюстрацією ролі ефекту самодезактивації в забезпеченні радіаційної безпеки є сам факт існування життя на планеті Земля, в корі якої міститься велика кількість радіонуклідів. Якби не було поглинання ІВ в земній речовині, то під дією критично високого рівня радіації, створеного всіма цими елементарними випромінювачами, людина, що знаходиться на земній поверхні, не змогла б вижити.

Таким чином, явище поглинання ІВ в матеріалі джерела може бути ефективно використано для отримання з об'єктів і матеріалів з забрудненою радіонуклідами поверхнею безпечної в радіаційному відношенні сировини. Для цього достатньо знижувати випромінювання до рівня природного радіаційного фону з забрудненої поверхні шляхом переведення радіонуклідів в об'єм об'єкта. Отже, ефект самодезактивації є основоположним чинником у вирішенні проблеми утилізації радіоактивно забруднених техногенних об'єктів.

Утилізація об'єктів, що знаходяться, наприклад, в зоні відчуження Чорнобильської АЕС, можлива шляхом їх демонтажу або знесення, з подальшим подрібненням фрагментів до розмірів щебню або гравію, їх перемішуванні, і подальшому використанні отриманої маси для виготовлення бетонних блоків, проведення бетонних робіт безпосередньо на будмайданчиках, греблях, як відсіпка полотен автомобільних і залізничних магістралей та ін. Принципова можливість реалізації такого способу забезпечується перетворенням поверхневого забруднення цих об'єктів в рівномірний розподіл радіонуклідів по всьому об'єму створюваного при дробленні матеріалу.

Найбільш прийнятним способом знесення будівель і споруд є їх руйнування за допомогою направленого вибуху. Подальше подрібнення отриманих фрагментів здійснюється за допомогою спеціальних пересувних млинів, каменедробарок або на стаціонарному аналогічному обладнанні. На різних етапах робіт з утилізації забруднених радіонуклідами будівель може підніматися пил. Однак він не буде підвищувати рівень небезпеки для персоналу, оскільки його питома активність така ж, як і середня питома активність речовин, з яких складається середовище на ділянці робіт з утилізації. Всі роботи, пов'язані зі знесенням радіоактивно забруднених будівель, сортуванням отриманих фрагментів за типом матеріалу, їх подрібненням відносяться до робіт з низькоактивними відходами та повинні виконуватися персоналом, що має відповідну підготовку. Безпека персоналу забезпечується звичайними технічними, медико-санітарними і організаційними заходами.

З метою реабілітації територій, поверхня яких забруднена радіонуклідами, часто пропонується видаляти верхній шар ґрунту. Більш ефективним підходом тут може бути переорювання або перемішування приповерхневого шару ґрунту товщиною близько 30 см. Попередні оцінки показують, що при цьому рівень гамма-випромінення з поверхні ґрунту зменшується не менш ніж в три рази.

Однією з переваг запропонованого способу утилізації радіоактивно забруднених будівель і споруд та реабілітації територій є те, що при цьому не виникає додаткового забруднення навколишнього середовища радіонуклідами, які видаляються з поверхні забрудненого об'єкта в процесі його дезактивації. Фактично радіонукліди не видаляються, а переводяться в інший вид розподілу (з поверхневого в об'ємний), і їх кількість в забрудненому об'єкті залишається незмінною. При цьому, як було показано вище, інтенсивність ІВ з поверхні переробленого матеріалу багаторазово знижується, чим створюються умови для отримання матеріалів з рівнем випромінення з їх поверхні, що не перевищує допустимий. З часом рівень радіації буде знижуватися за рахунок розпаду радіонуклідів, що містяться в цих матеріалах. Застосування даного підходу може бути прикладом успішного повернення забруднених матеріалів і великих територій в екологічно

безпечний стан, що буде сприяти підвищенню довіри суспільства до ядерних технологій.

Крім того, вироби, виготовлені з подрібнених фрагментів радіоактивно забруднених об'єктів, є джерелами ІВ закритого типу, оскільки радіонукліди в їх масі знаходяться у зв'язаному жорстко фіксованому стані і не можуть природним шляхом мігрувати в навколишнє середовище, призводячи до його додаткового забруднення і, відповідно, бути в подальшому причиною внутрішнього ураження людей.

Експериментальні дослідження розглянутого підходу і оцінку радіаційної обстановки, що складається при його застосуванні, можна проводити на невеликих об'ємах матеріалів з невисоким рівнем забруднення. Такий експеримент не потребує великих фінансових і матеріальних витрат і дозволить за короткий час відпрацювати прийнятну для промислового застосування технологію утилізації матеріалів з підвищеним рівнем забруднення їх поверхні радіонуклідами.

**Висновки.** В статті показана принципова можливість повернення в господарський обіг, як вторинної сировини для промислового виробництва, техногенних об'єктів, поверхня яких забруднена радіонуклідами. Основою розглянутого підходу є демонтаж таких об'єктів з наступним подрібненням фрагментів, що утворилися, до невеликих розмірів. При цьому радіонукліди з забруднених поверхонь переводяться в об'єм отриманої маси і розподіляються в ньому рівномірно. В результаті техногенний об'єкт, як джерело ІВ з поверхневим забрудненням радіонуклідами, перетворюється в джерело з рівномірним розподілом елементарних випромінювачів в його об'ємі. Це створює умови для отримання радіаційно безпечної сировини, оскільки гамма-випромінення значної частини радіонуклідів поглинається в об'ємі джерела, тобто має місце ефект, названий «самодезактивацією».

Експериментальні дослідження запропонованого підходу і відпрацювання технології його реалізації можуть бути проведені на невеликих об'ємах матеріалів, що мають відносно невисокий рівень забруднення і, відповідно, не потребуватимуть великих фінансових і матеріальних витрат.

Застосування даного підходу дозволить повернути в промисловість великі об'єми радіоактивно забруднених

матеріалів і сприяти істотному покращенню екологічної обстановки, а також створить в суспільстві сприятливий соціально-психологічний клімат, який сприятиме подальшому ефективному розвитку ядерної енергетики.

### Список літератури

1. Машинистов В.Е., Балакин В.Ф., Коверя А.С. Решение проблемы утилизации радиоактивно загрязненных объектов на основе эффекта самодезактивации // Екологічні науки. 2020. № 28.

2. Бекман И.Н. Радиохимия: Учебное пособие в 7 т. Том 6. Экологическая радиохимия и радиоэкология. – М.: Издатель Маркотин П.Ю., 2015. – 400 с.

3. Радиационная гигиена / Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 384 с.

4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. – К.: 1998. – 135 с.

5. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер. с англ. под ред. М.Ф. Киселева и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 344 с.

6. Директива Ради 2013/59/EURATOM від 5 грудня 2013 року про встановлення основних норм безпеки для захисту від загроз, зумовлених впливом іонізуючого випромінювання, і скасування директив 89/618/Євратом, 90/641/Євратом, 96/29/Євратом, 97/43/Євратом і 2003/122/Євратом. Європейська комісія, Брюссель. 2013. – 89 с.

7. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 252 с.

8. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України № 54 від 02.02.2005 р.

## PRACTICAL ASPECTS OF REMEDIATION OF CONTAMINATED TERRITORIES BASED ON THE SELF- DECONTAMINATION EFFECT

*Mashinistov Victor, Balakin Valerii, Koveria Andrii*

**Abstract:** The paper proposes an approach that allows you to recycle a by-product objects whose surface is contaminated with radioactive substances as a secondary raw material. The basis of the

approach is to dismantle the objects with their subsequent crushing. As a result, the object as a surface source of gamma radiation is converted into a volumetric source with a uniform distribution of radiation elements. This creates the conditions for obtaining radiation-safe raw materials, since the gamma radiation of a large part of the radionuclides is absorbed into the source material and there is an effect of “self-decontamination”.

**Key words:** gamma radiation, irradiation, radioactive contaminated object, utilisation, self-decontamination.

#### **Інформація про авторів**

**Машністов Віктор Єгорович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологічного проектування ім. В.М. Друяна, Національна металургійна академія України. mashvic@i.ua

**Балакін Валерій Федорович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологічного проектування ім. В.М. Друяна, Національна металургійна академія України. balakinvf@gmail.com

**Коверя Андрій Сергійович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». koverya.a.s@nmu.one

# ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Нехай Валентин*

*Чернігівський національний технологічний університет  
Вул. Шевченка, 95, Чернігів, Україна*

## FEATURES OF AUTOMATION OF THE SYSTEM OF OPERATIONAL MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

*Valentin Nekhai*

*Chernihiv National University of Technology  
95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine*

**Annotation.** The features of automation of the control system of technological processes in agriculture are investigated. It is determined that the use of information technologies in the operational management of agricultural enterprises has certain features, due not only to the technical and technological conditions of agricultural production, but also to a large number of technical and technological solutions. All this does not allow the use of engineering solutions of automated process control systems of industrial enterprises.

It is noted that the limiting factors for the large-scale development and implementation of management information systems in crop production are environmental variability, dynamic change of information about the state of the control object, lack of specialists with in-depth knowledge in the field agriculture, and in the field of information technology, the high cost of developing software products and devices for monitoring and transmitting information.

Suggested. The production and economic processes of agricultural enterprises can be represented in the form of an ordered sequence (network) of integrated technologies and their products, which implies the coordination of technology, machinery and equipment, organized labor and management systems and systems.

**Keywords:** automated control systems, Agriculture, modeling, complex system, management of organizational systemsю



Автоматизація управління технологічними процесами в сільському господарстві має певні особливості, що зумовлені не лише технічними та технологічними умовами виробництва продукції сільського господарства, але й великою множиною техніко-технологічних рішень, що не дозволяє типізувати інжинірингові рішення автоматизованих систем управління (АСУ) технологічними процесами промислових підприємств.

Технологічні процеси у сільському господарстві характеризуються дискретним режимом роботи обладнання особливо в рослинництві. Отже, для ефективного розвитку АПК України необхідно забезпечити поєднання використання сучасних технологій та обладнання з надійною, функціонально насиченою гнучкою АСУ технологічними процесами виробництва продукції сільського господарства.

Стримуючими чинниками масштабного розроблення та впровадження глобальних управлінських інформаційних систем у рослинництві є мінливість навколишнього середовища, у якому здійснюються відповідні технологічні процеси, динамічна зміна інформації щодо стану об'єкта управління, відсутність фахівців, які володіють глибокими знаннями як у галузі сільського господарства, так і у галузі інформаційних технологій, високою вартістю розроблення програмних продуктів та пристроїв для моніторингу і передачі інформації.

У процесі створення інформаційних систем виникають проблеми, пов'язані з формальним – математичним і алгоритмічним описом розв'язуваних задач. Від рівня формалізації проблеми залежать ефективність роботи всієї системи і рівень автоматизації, який визначається ступенем участі людини в ухваленні рішення на основі отриманої інформації. Чим точніший математичний опис задачі, тим вищі можливості комп'ютерної обробки даних і тим менший ступінь участі людини в процесі прийняття рішення.

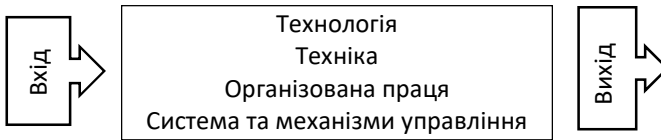
Сформувати алгоритмічне забезпечення, не вдаючись до моделювання, можна лише на основі тривалих і затратних експериментів, що зазвичай призводить до корекції як засобів, так і методів керування. Тому вибір та обґрунтування єдиного математичного апарату моделювання дозволить уніфікувати процедуру проектування, тестування та впровадження результатів досліджень АСУ [1].

Теоретичні дослідження і практичний досвід доводять, що принципи управління, які застосовуються у складних системах, а отже і у виробничих, ґрунтуються на ієрархічній послідовності використання принципів відтворення керуючого впливу, принципів прийняття керуючих рішень та принципів організації управління. Кожний наступний рівень в ієрархії вміщує в собі попередній. Таким чином, базовими для АСУ є принципи ситуаційного, адаптивного та багатоагентного управління, які стосуються саме організації управління і визначають його стратегію [2].

Вчені США одними з перших виявили та сформулювали непрогресивність роздільного розвитку технології, техніки та систем керування, коли виявилися системні проблеми в управлінні великим машинним виробництвом: телефонними мережами, електростанціями, розподільними мережами та споживачами електроенергії, поточно-конвеєрних виробництвом автомобілів з урахуванням індивідуальних вимог споживачів і ін.

Ці проблеми не могли бути вирішені на основі зміни якої-небудь однієї компоненти: нової технології, вдосконалення техніки і устаткування, поліпшення організації праці та підвищення кваліфікації виконавців і ін. Тому на початку 60-х років виникла нова наукова галузь – великі системи. Надалі, в 70-і роки з посиленням ролі людського фактора та його впливу на ефективність функціонування складних, великих технічних систем сформувалася нова наукова дисципліна – управління організаційними системами, в яких значне місце займають конфлікти інтересів, індивідуальні переваги, змінна інтенсивність праці і т. д. Об'єднуючою ознакою «великих систем» і організаційного управління є поняття комплексної, або організованої технології. Під комплексною розуміється технічно оснащений і організаційно узгоджений спосіб переміщення продукту (вектора продуктів) з вихідного стану в наступний, більш завершений з точки зору перетворених первинних ресурсів, енергії і праці в корисні продукти, товари і послуги.

Відмінні риси комплексної технології – наявність самостійних складових частин (компонент) (рис. 1); узгодженість власне технології, техніки та устаткування, організованої праці; система і механізми управління.



*Рисунок 1 – Системні складові комплексної технології*

Ступінь узгодженості визначається втратами виробничого потенціалу, що виникають при неузгодженості компонент, а найбільша узгодженість досягається при відсутності втрат (при нульових втратах). Послідовність узгодження така, що сама технологія як спосіб перетворення продуктів з меншого в більш завершений стан має перевагу перед іншими компонентами.

Змістовний висновок при такій послідовності полягає в тому, що межа виробничого потенціалу задається можливостями технології, які можуть бути реалізовані повністю (або частково) за допомогою деякого складу обладнання та техніки. Погоджений потенціал технології і техніки в свою чергу реалізується повністю (або частково) організованою працею, а потенціал узгодженої технології, техніки і праці – механізмом управління. Для комплексних технологій характерно, що, з одного боку, величина втрат через неузгодженість компонент невелика.

Враховуючи вищенаведене, виробничо-економічні процеси сільськогосподарських підприємств можуть бути представлені у вигляді впорядкованої послідовності (мережі) комплексних технологій та їх продуктів.

### **Список використаних джерел:**

1. Діордієв В.Т., Кашкар'єв А.О. Автоматизована система керування технологічними комплексами з дискретним режимом роботи виконавчих механізмів в умовах господарств АПК / В.Т. Діордієв, А. О. Кашкар'єв // Системні дослідження та інформаційні технології, 2013, № 2 с.27-38.
2. Литвинов В.В., Казимир В.В. Модельно-ориентированное управление как стратегия функционирования интеллектуальных производственных систем / В.В. Литвинов, В.В. Казимир // Математичні машини і систе-ми.– 2004.– №4.– С.143–156.

# ОЦІНКА ШВИДКОСТІ ОСАДЖЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ДАНИМИ, ОТРИМАНИМИ ПІСЛЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ

Новіков Андрій Миколайович

Інститут проблем безпеки АЕС НАН Україна, вул. Лисогірська,  
12, 03028, Київ,  
e-mail: andreyn@ua.fm

Проведено аналіз архівних експериментальних даних вимірювань об'ємної активності та щільності випадінь на планшети Cs-137, накопичених під час моніторингу, науково-прикладних, оперативних (спеціалізованих) робіт щодо дослідження та подолання наслідків Чорнобильської аварії за період 1986 - 2018 рр. для Києва та Чорнобиля. Спостерігається сильна позитивна кореляційна залежність між середньорічними значеннями об'ємної активності та потоком щільності випадінь як у межах однієї площадки, так і між площадками Києва та Чорнобиля. Це надає можливість додатково підтверджувати коректність даних експериментальних вимірювань, які проводились, а також виконати оцінки швидкості загального осадження  $V_{total}$  радіоактивних аерозолів з використанням співвідношення між потоком щільності випадінь  $F$  та об'ємною активністю  $C_{air}$  —  $F = V_{total} \cdot C_{air}$ .

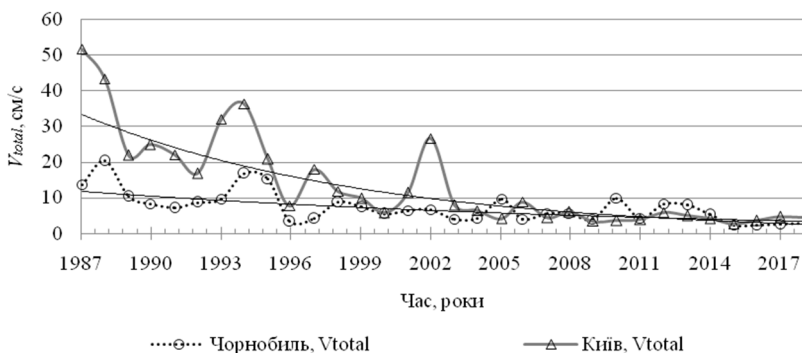


Рис. Оцінені значення швидкості загального осадження  $V_{total}$   $^{137}\text{Cs}$ : ○ – у Чорнобилі, △ – у Києві.

Спадаючі тренди середньорічних значень загальної швидкості осадження для Києва та Чорнобиля та від'ємні кореляційні залежності між часом та  $V_{total}$  можуть свідчити про загальну тенденцію щодо зменшення аеродинамічних розмірів частинок аерозолів - носіїв  $^{137}\text{Cs}$ .

У цілому оцінені значення швидкості загального осадження близькі до значень, отриманих у незалежних дослідженнях (1 - 30 см/с).

© А. М. Новіков, 2020

## **ESTIMATION OF THE DEPOSITION RATE OF $^{137}\text{CS}$ FROM EXPERIMENTAL DATA OBTAINED AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT.**

*Novikov Andriy Mykolayovych  
the Institute for Safety Problems of NPP of the National Academy of  
Sciences of Ukraine, Lisogirska str., 12, Kyiv, Ukraine, e-mail:  
andreyn@ua.fm*

### **Abstract**

From the analyzed experimental data of the measurements obtained after the Chernobyl accident for Kyiv and Chernobyl, in the years 1986 -2018 (over a 32-year period), it appears that there is generally a strong positive correlation between the average annual volume activity values and the  $^{137}\text{Cs}$  fallout flux density. This, to a certain extent, makes it possible to further confirm the validity of the experimental measurements taken and to estimate the total deposition velocity ( $V_{total}$ ) of radioactive aerosols using the ratio between the volume activity and depositional fluxes  $F = V_{total} \cdot C_{air}$ .

The declining trends in annual average values of the total deposition rate for Kyiv and Chernobyl and the negative correlation between time and  $V_{total}$  may indicate a general trend towards a decrease in the aerodynamic size of aerosol particles -  $^{137}\text{Cs}$  carriers.

Overall, the estimated values of total deposition are close to those obtained in independent studies (1 - 30 cm / s).

© А. М. Novikov, 2020

**ПРИНЦИПИ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕРЕЖІ  
СПОСТЕРЕЖНИХ СВЕРДЛОВИН  
РАДІОГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДІЛЯНОК  
РОЗМІЩЕННЯ СВЯП-2 ТА НБК – ОУ  
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС**

*М. І. Панасюк, Н. В. Сосонна, Г. В. Левін, П. А. Люшня,  
В. Е. Іванова, І. П. Онищенко\**

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а,  
Чорнобиль, 07270, Україна, [nipanasyuk53@gmail.com](mailto:nipanasyuk53@gmail.com)  
\*Науково-інженерний центр радіогідроекологічних  
полігонних досліджень НАН України, вул. О. Гончара, 55б, Київ,  
01054, Україна*

Якість виконання радіогідроекологічного моніторингу в повній мірі залежить від придатності свердловин до спостережень. Придатність спостережних свердловин визначається в ході виконання комплексу польових обстежень власне самої свердловини. А також аналізу радіогідроекологічних та гідродинамічних умов водоносного горизонту та характеристик реальних чи потенційних джерел радіоактивного забруднення довкілля. Комплекс робіт з оцінки придатності спостережних свердловин був виконаний на промайданчику Сховища відпрацьованого ядерного палива (СВЯП -2) та районі розміщення комплексу НБК – ОУ. Ряд свердловин були визнані непридатними до спостережень і були замінені на нові. Конструкції та місця розміщення нових спостережних свердловин були розроблені з урахуванням фільтраційної неоднорідності ґрунтів водоносного горизонту, досвіду виконання спостережень, аналізу результатів проведення радіогідроекологічного моніторингу, аналізу умов потенційних та реальних джерел радіоактивного забруднення довкілля, математичного моделювання змін радіогідроекологічної ситуації ділянок розміщення пунктів спостережень. В результаті створена мережа свердловин, що

відповідає цілям та задачам радіогідроекологічного моніторингу.

*Ключові слова:* радіогідроекологічний моніторинг, промайданчик ЧАЕС, аналіз результатів спостережень, математичне моделювання, вдосконалення мережі спостережних свердловин,

Спостережні свердловини є об'єктом для контролю параметрів, важливих для забезпечення екологічної, радіаційної та загально будівельної безпеки. Мережа спостережень радіогідроекологічного моніторингу постійно потребує змін та удосконалення в залежності від змін радіоекологічних умов, технічного стану свердловин та діяльності по спорудженню, експлуатації та виводу з експлуатації об'єктів Чорнобильської АЕС. Наприклад, зняття з експлуатації водоймища-охолоджувача та зниження рівнів води в відповідному каналі призвело до зниження рівнів підземних вод та зміни напрямків їх руху. Таким чином, за даними обстеження 2019 р., з 13 існуючих свердловин, які були розташовані на промайданчику СВЯП-2, придатними до подальших режимних спостережень виявилися тільки 3.

Аналіз гідрогеологічних умов, ділянок розміщення потенційних джерел забруднення і можливих витоків технологічних вод у довкілля, а також технічного стану існуючих спостережних свердловин дозволив обґрунтувати буріння та обладнання 10-ти нових свердловин замість непридатних. Таким чином, мережу спостереження було приведено в стан адекватний цілям і задачам радіогідроекологічного моніторингу СВЯП-2. Для забезпечення якості робіт в процесі створення нових пунктів спостережень за замовленням ДСП «ЧАЕС» виконувався науково-інженерний супровід буріння та обладнання свердловин. Комплекс робіт включав:

- документація керну, процесів буріння та встановлення фільтрових колон;
- уточнення конструкцій свердловин в процесі буріння;
- виконання гамма-каротажу свердловин в процесі буріння для забезпечення нерозповсюдження радіоактивних матеріалів по стволу при улаштуванні пунктів спостережень;
- оцінка придатності новостворених свердловин для спостережень;

- прокачка свердловин, відбір проб для визначення повного хімічного складу та об'ємної активності радіонуклідів;
- лабораторні визначення концентрації хімічних елементів, сполук та радіонуклідів;
- розробка паспортів новостворених спостережних свердловин.

В результаті була створена мережа свердловин, яка придатна для контролю хімічного, або радіоактивного забруднення підземних вод на етапах вводу та експлуатації СВЯП-2. По даним новим свердловинам були створені необхідні гідрогеологічні карти та базові карти розповсюдження радіонуклідів.

Аналогічний комплекс робіт виконувався на промайданчику ЧАЕС на ділянці розміщення комплексу НБК – ОУ.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСАДЖЕННЯ ГАРЯЧИХ ЧАСТОК НА ПОВЕРХНІ ЛИСТЯ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН, ЩО ВИРОСЛИ В МЕЖАХ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА

*Паскевич С.А., Шинкаренко В.К., Меньшенін Є.А.  
Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, м. Чорнобиль  
serpua@gmail.com; shynkarenko.viktor@gmail.com*

На теперішній час водоймище-охолоджувач на території ЧАЕС є найбільшим радіаційно-небезпечним об'єктом (РНО) з неконтрольованими радіаційними впливами на навколишнє середовище. На його території було депоновано порядку  $7 \cdot 10^{13}$  Бк  $^{90}\text{Sr}$  та біля  $2 \cdot 10^{14}$  Бк  $^{137}\text{Cs}$  [1]. Аналіз форм знаходження радіонуклідів підтвердив, що понад 97%  $^{137}\text{Cs}$  і 99,6%  $^{90}\text{Sr}$  в мулових відкладеннях знаходяться в необмінній формі.  $^{90}\text{Sr}$  входить до складу гарячих частинок (ГЧ). Особливості фізико-хімічної поведінки  $^{137}\text{Cs}$  вказують на те, що його фіксація може бути обумовлена також селективною сорбцією глинистими мінералами [2].

В процесі осушення водоймища відбувалось перенесення мулистих часток з мілководдя до більш глибоких ділянок. Внаслідок такого процесу відбувся перерозподіл ГЧ по шарах мулу з виносом в його верхні шари ГЧ, що до цього часу були перекриті більш пізніми післяаварійними шарами мулу. Оскільки верхній шар радіоактивно-забрудненого ґрунту на осушених ділянках днища водоймища є найбільш схильним до водної та вітрової ерозії, висušена поверхня мулу є потенційним джерелом вторинної міграції радіоактивного забруднення на суміжні території. Особливу загрозу при вітровій ерозії несуть саме дрібні ГЧ, які можуть бути перенесені на значні відстані.

Найбільш дієвим заходом запобігання ерозії верхнього шару ґрунтів осушених ділянок водоймища є утворення штучного рослинного покриву, на потенційну успішність якого вказує розвиток природної рослинності на цих ділянках. Так, на осушених прибережних ділянках, які знаходяться біля самого урізу води, формуються найбільш сприятливі умови для швидкого утворення рослинного покриву з високими показниками проективного покриття поверхні. На них

формується рослинні асоціації, де висота рослин досягає від 1,5 до 1,8 м, а продуктивність рослинних угруповань становить від 1,5 до 1,6 кг/м<sup>2</sup> повітряно-сухої маси. Таким чином буде створюватись природний бар'єр на шляху вторинної міграції аварійних радіоактивних випадінь за межі ділянки водоймища.

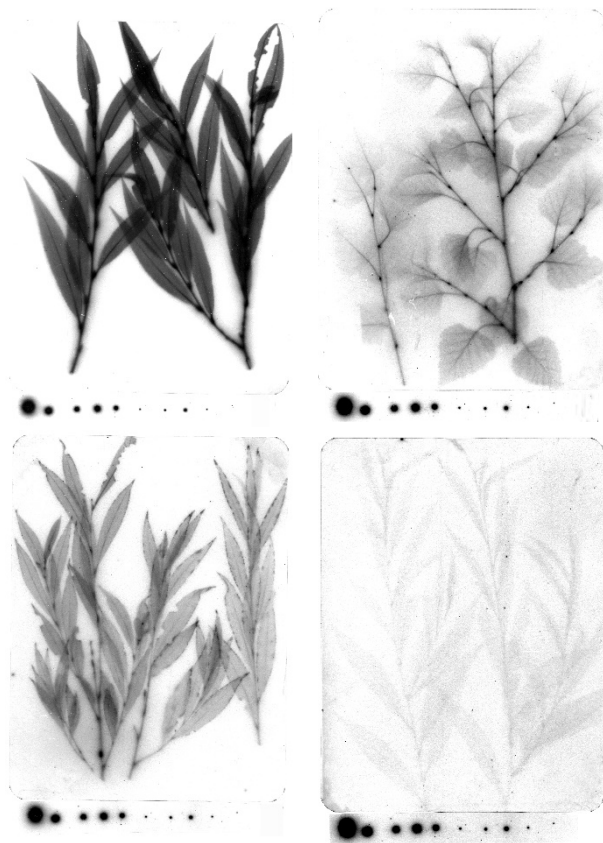
Основним механізмом зменшення вітрової ерозії під впливом рослинності є зниження швидкості вітру безпосередньо біля забрудненої поверхні. Крім того, листя рослин здатне захоплювати аерозольні частки, перешкоджаючи тим самим їх подальшому перенесенню.

З метою оцінки осадження ГЧ на листя деревовидних рослин в умовах поблизу водойми охолоджувача були відібрані дві серії зразків листя (гілочок) верби гостролистої (*Salix acutifolia*) та берези повислої (*Betula pendula* Roth.). Для уникнення втрат ГЧ з поверхні листя гілочки на місці відбору відразу закріплювали на картонних підкладках та накривали захисним покриттям з тонкого конденсаторного паперу. Це запобігало втраті ГЧ з зразка. Звісно, в процесі маніпуляцій з зразком ГЧ могли бути струшеними з поверхні листків, але в будь-якому випадку вони повинні були лишитися під захисним папером. Підготовані зразки вкладали в гербарний прес і перекладали шарами сухого гербарного паперу. Папір щодня змінювали на сухий, до повного висихання листя.

Авторадіографічні дослідження згідно [3,4] проводили з використанням медичної рентгенівської плівки фірми Carastream. Цифрові денситограми авторадіографічних плям отримували шляхом сканування в режимі відбивання. Визначення параметрів радіографічних плям проводили за допомогою пакета обробки зображень Image-Pro Plus 6.0. Лінійка часток з відомою активністю була складена з вирубаних раніше кружечків повітряних фільтрів, які містили окремі ГЧ і мали низький рівень стороннього фону. Визначення параметрів калібрувальних кривих і статистична обробка результатів були проведені в середовищі пакета Statistica-10 [4].

З метою підвищення чутливості і зменшення мінімальних активностей ГЧ, які буде можливо зареєструвати для одержання авторадіограм листя була застосована тривала експозиція в 48 діб. На рис. 1 наведені авторадіограми деяких зразків.

Рівномірне забруднення бета-активними випромінювачами листя окремих зразків, а також більш інтенсивно виражене забруднення стебел, розгалужень та точок росту свідчать на користь гіпотези про кореневий шлях забруднення. Активності виявлених поодиноких ГЧ суттєво менші і не мають відчутного впливу на загальну активність. Остаточні порівняння можна буде зробити після спалювання зразків та проведення радіохімічного аналізу по визначенню основних бета-випромінювачів  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .



*Рис. 1. Авторадіограми зразків листя.  
Внизу – авторадіограми лінійки ГЧ з відомою активністю.*

Згідно проведеного *t*-тесту даних по максимальній поверхневій активності з достовірністю  $p > 0.84$  зразки відібрані на висоті до 1 м виявилися більш забрудненими, ніж зразки відібрані вище 2м.

### **Abstract**

Autoradiographic studies of the deposition of hot particles on the surface of leaves of tree plants growing on the drained territory of the reservoir-cooler were carried out. Uniform contamination with beta-active isotopes of the leaf surface, as well as a more pronounced contamination of the stems, branches and growth points, indicates the root path of radionuclides entering the plants. The activity of lonely hot particles found on the leaf surface is significantly lower. Their contribution to the overall activity of plants is negligible.

### **Перелік посилань**

1. *Bulgakov A., Konoplev A., Smith J., Laptev G., Voitsekhovich O.* Fuel particles in the Chernobyl cooling pond: current state and prediction for remediation options. // *Journal of Environmental Radioactivity* 100 (2009) P.329–332

2. *Пурнач Л. С.* Радиоактивное загрязнение донных отложений водоема-охладителя ЧАЭС. II. Распределение  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в твердой фазе грунта. // *Ядерна фізика та енергетика* 2011 т. 12 № 4, С.385-393.

3. *Шинкаренко В. К.* К определению активности “горячих” частиц радиографическим методом // *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля.* - 2008. - Вип. 9. - С.130 - 139.

4. *Шинкаренко В. К.* К вопросу о погрешностях определения  $\beta$ -активности горячих частиц методом автордиографии // *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля.* – 2018. – Вип. 30. – С. 109–118.

## РЕЗУЛЬТАТИ 30-РІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ У МЕШКАНЦІВ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ТЕРИТОРІЙ, СУМІЖНИХ ІЗ ЧОРНОБИЛЕМ

<sup>1</sup>А.Є.Присяжнюк, <sup>1</sup>Д.А.Базика, <sup>1</sup>Н.А.Гудзенко, <sup>1</sup>М.М.Фузік,  
<sup>1</sup>Н.К.Троцюк, <sup>2</sup>З.П.Федоренко, <sup>2</sup>Л.О.Гулак, <sup>3</sup>А.Ю.Рижов, <sup>1</sup>  
Н.Г.Бабкіна, <sup>1</sup>О.М.Хухрянська, <sup>2</sup>Є.Л.Горох, <sup>1</sup>С.А.Даневич

<sup>1</sup>ДУ «Національний Науковий центр радіаційної медицини  
НАМНУ», 53, вул. Ілленка, Київ 04050, Україна

<sup>2</sup>Національний інститут раку МОЗ України, 33/43 вул.  
Ломоносова, Київ, 03022, Україна

<sup>3</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
60, вул. Володимирська, м. Київ, 01033, Україна

**Мета дослідження:** узагальнити та проаналізувати результати 30-річного моніторингу реалізації ризиків виникнення злоякісних новоутворень у мешканців суміжних із Чорнобилем районів Київської та Житомирської областей, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС.

**Матеріали та методи.** Дослідження охоплювало населення Бородянського, Іванківського, Поліського районів Київської області, Лугинського, Народицького, Овруцького районів Житомирської області. Всього – 175,1 тис. мешканців. Період спостереження – 1980–2017 рр.

Досліджувалась захворюваність на усі форми злоякісних новоутворень, а також окремі їх нозологічні форми, виникнення яких може бути асоційовано з дією іонізуючої радіації (рак щитоподібної, рак молочної залози, новоутворення кровотворної та лімфоїдної системи). Використовувались методи варіаційної статистики, дескриптивної та екологічної епідеміології.

**Отримані результати.** Питання щодо можливого виникнення надлишкових радіаційно-асоційованих випадків злоякісних новоутворень впливає з того факту, що середні сумарні ефективні дози опромінення всього тіла за рахунок радіоцезію впродовж тривалого часу (1986-2005 рр.) у мешканців районів (7,6–45,8 мЗв), перевищують рівні середніх по Житомирській (5,9 мЗв), Київській

(4,9 мЗв) областям і України в цілому (2,48 мЗв) та інших районів північних областей України.

Середні поглинуті щитоподібною залозою дози внутрішнього опромінення (161-1559 мГр) найбільш вразливої групи дітей та підлітків (0-18 років) цих районів, отримані за короткий після аварійний період, суттєво перевищують показники Житомирської (87 мГр), Київської (81 мГр) областей, а також по Україні в цілому (19 мГр). Показники опромінення дорослих мешканців цих територій були нижчими, але значно перевищували середні дози, отримані населенням України та великих територіальних одиниць.

Захворюваність на усі форми злоякісних новоутворень населення 6 районів до і після аварії в цілому була нижчою національного рівня та показників Київської області, а також істотно не відрізнялась від показників Житомирської області. Разом з тим частота раку щитоподібної залози істотно перевищила показники доаварійного періоду та Житомирської області. Щодо захворюваності мешканців зазначених районів на лімфому та лейкомії, то, за винятком помітного «сплеску» показників у перші післяаварійні роки (1986-1990), вона не перевищує національний рівень і не має тенденції до зростання. Аналіз показників захворюваності мешканок радіоактивно забруднених територій на рак молочної залози свідчить про те, що, незважаючи на зростання частоти цієї патології, її показники тривалий час залишались нижчими за національний рівень. При цьому слід зважати на ту обставину, що рівень захворюваності на цю патологію на цих територіях і до аварії на ЧАЕС був одним з найнижчих в Україні.

**Висновки.** Отримані результати свідчать про необхідність продовження подальшого моніторингу злоякісних новоутворень у населення територій, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, враховуючи місцеві екологічні умови та відповідно ймовірність реалізації ризиків виникнення випадків радіаційно-асоційованих захворювань у віддалений післяаварійний період.

**Ключові слова:** аварія на ЧАЕС, радіаційне опромінення, злоякісні новоутворення, мешканці забруднених радіонуклідами територій.

## ВПЛИВ СКЛАДУ ГЕОПОЛІМЕРІВ НА МІЦНІСТЬ КОМПАУНДІВ ПРИ ЦЕМЕНТУВАННІ РРВ

*Розко А.М.\*, Федоренко Ю.Г.\*\**

*\* Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім.  
Семененка М.П. НАН України*

*\*\* - ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН  
України»*

Геобетони мають суттєві переваги перед бетонами, отриманими на портландцементі. Серед найважливіших це можливість вбудовувати радіонукліди у матрицю компаундів, поступове збільшення міцності компаундів з часом, застосування дешевих компонентів – золи виносу та шлаків і т.д.

Означені переваги спонукають до пошуку шляхів залучення геобетонів (геополімерів) для цементування рідких радіоактивних відходів (РРВ), при цьому певна увага надається борвміщуючим високоактивним РРВ.

Відомо, що для цементуваних РРВ існує перелік характеристик, значення яких нормуються відповідними документами. Серед них однією з найважливіх характеристик є межа міцності компаундів при одновісному стиску. З цією характеристикою пов'язані – механічна стійкість при навантаженні і після перебування у воді – водостійкість, стійкість при багаторазовому заморожуванні та відтаненні – морозостійкість, стійкість при опроміненні – радіаційна стійкість.

У даному повідомленні розглядається вивчення межі міцності компаундів, виготовлених шляхом цементування імітату борвміщуючих РРВ геополімерними зв'язуючими.

При виготовленні зразків компаундів було встановлено: – додавання до імітату 10% цеоліту зменшує розміри кристалів мераборату натрію при охолодженні, кількості лугів у імітаті для утворення міцних геополімерів не вистачає і потрібно їх збільшувати додаванням КОН та рідкого скла; пластичність сумішей компонентів компаундів збільшується при внесенні крім рідкого скла золи виносу фр. < 140 мкм.

Для проведення факторного експерименту з багатьох

експериментальних зразків був встановлений склад базового зразка, відносно якого виконувалося варіювання маси компонентів. Склад базового зразка становив: імітат, шлак та зола виносу у співвідношенні 1:1, рідке скло, КОН; при варіюванні кількість імітату та цеоліту були незмінними, маса останніх компонентів змінювалась на  $\pm 17\%$ . У всіх виготовлених зразках співвідношення між компонентами не повторювалося.

Встановлено, що застосування геополімерних зв'язуючих, до складу яких входять: зола, шлак, луи (КОН), рідке скло та цеоліт, при цементуванні імітату борвміщуючих РРВ з концентрацією солей до  $750 \text{ г/дм}^3$ , дозволяє отримати компаунди, які мають середню межу міцності на стиск  $9.6 \pm 1.5 \text{ МПа}$ , що задовольняє вимогам нормативних документів.

Досліджено факторним експериментом складні взаємні зв'язки між компонентами (факторами) і їх вплив на характеристики компаундів:

- рідке скло в інтервалі від 13,4% до 20,7% зменшує міцність зразків, але збільшує тривалість періоду тужавлення;
- суміш золи із шлаком в інтервалі від 39,3% до 50,4% збільшує межу міцності на стиск, але одночасно збільшує відношення об'єму геополімеру до об'єму імітату, яке у досліджах складало  $2.9 \pm 0,22$ ;
- кількість додаткових лугів (КОН) може бути зменшена, а КОН замінений на NaOH.

Всі характеристики пов'язані між собою складом та способом виготовлення компаундів. Зміна складу для поліпшення певної характеристики одночасно змінює інші, тому важливим є вивчення кожної характеристики геополімерних компаундів і її залежності від складу та способу їх виготовлення.



## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ З ПУНКТІВ ТИМЧАСОВОЇ ЛОКАЛІЗАЦІЇ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ

*Рубан Ю. В.*

**Анотація:** *Можливості та перспективи використання мікроорганізмів з пунктів локалізації радіоактивних відходів для застосування в галузях пов'язаних з ліквідацією забруднення навколишнього середовища.*

**Ключові слова:** *Чорнобиль, біота, Фукусіма, ПТЛРВ, біоремедіація*

При порівнянні контрзаходів під час ліквідації аварій на АЕС Чорнобиля та Фукусіми слід виділити різницю у формуванні пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ). Чорнобильські ПТЛРВ це траншеї та бурти загальною площею близько 10 км в той час, як місця зберігання радіоактивних відходів зони Фукусіма – спеціально створені ділянки.

В траншеях та буртах ПТЛРВ Зони Відчуження ЧАЕС локалізовано об'єкти, забруднені внаслідок аварійного викиду: будівельні конструкції, побутові речі, верхній шар ґрунту тощо. Це середовище утворює специфічні умови, що сприяють утворенню мікробного угруповання с підвищеним редуруючим потенціалом. При дослідженні мікрофлори забруднених радіонуклідами ґрунтів було виявлено потенційні штами здатні змінювати коефіцієнти переходу радіоактивного цезію [1]. Слушним буде вважати, базуючись на попередні дані, що ПТЛРВ мають у своєму складі специфічні штами.

У випадку з місцями тимчасового зберігання радіоактивних відходів АЕС Фукусіма – вони представлені сортованими та запакованими у поліетиленові мішки групами відходів: ґрунт, гілки та рослинні рештки, вода [2, 3]. Кожна утворена група, під впливом забруднення та умов закритої екосистеми, сформує мікробні угруповання орієнтовані на використання різних джерел живлення.

Щодо ПТЛРВ Зони Відчуження, то дані екосистеми є напівзакритого типу та мають доступ до природніх джерел

живлення. Місця тимчасового зберігання Фукусіми за таких умов сформують штами орієнтовані на використання пластику, як джерело живлення.

Отже, незважаючи на небезпечність ПТЛРВ, специфічні умови, що сформувалися на цих об'єктах, можуть слугувати в якості селективного фактору та можуть використовуватися для отримання нових штамів зі специфічними але перспективними властивостями. Отримані штами можуть бути використані в якості деструкторів неорганічних відходів, таких як: специфічні типи пластмас, будівельна бетонна крихта з підвищеним вмістом оксидів заліза тощо. Штами з місця тимчасового зберігання Фукусіми, в перспективі, можливо використовувати для розкладання пластикових відходів та біоремедіації.

### **Література**

[1] Паренюк О.Ю., Ілленко В.В., Гудков І.М. Мікрофлора забруднених радіонуклідами ґрунтів. – К.: НУБІП України, 2018. – 211 с.

[2] MOE. FY2014 Decontamination Report / 2015.

[3] Evrard, O., Patrick Laceby, J., Nakao, A. Effectiveness of landscape decontamination following the fukushima nuclear accident: A review. *Soil*. 2019. Vol. 5, No. 2. С. 333–350.

### **Інформація про авторів:**

*Рубан Ю.В. – Національний університет біоресурсів і природокористування України;  
e-mail: yuliyaruban24@gmail.com*

### **Annex for papers written in Ukrainian and Russian**

## **PROSPECTS OF USE OF MICROORGANISMS FROM THE RADIOACTIVE WASTE LOCALIZATION SITES**

Ruban Y.V.

***Abstract:** The possibilities and prospects of using microorganisms from radioactive waste localization sites for use in industries related to the elimination of environmental pollution.*

***Keywords:** Chernobyl, biota, Fukushima, RWLS, bioremediation.*

## ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ НАД ОБЪЕКТОМ «УКРЫТИЕ» ПОСЛЕ СДАЧИ НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙМЕНТА

*М. В. Савельев, В. А. Краснов, А. Евстигнеев, М. А. Пантин*

***Аннотация:** Описан эксперимент по измерению мощности экспозиционной дозы над Объектом «Укрытие» после завершения строительства Нового Безопасного Конфаймента. Приведена картограмма распределения гамма поля на уровне движения тележек системы основных кранов НБК.*

***Ключевые слова:** Объект Укрытие, картографирование радиационной обстановки.*

### **Введение**

В связи с завершением строительства и мероприятий по вводу в эксплуатацию Нового Безопасного Конфаймента (НБК) перед Украиной встает задача по реализации фазы 3 – непосредственно преобразование Объекта «Укрытие» (ОУ). Данные работы будут выполняться в сложнейших радиационных условиях по мощности экспозиционной дозы гамма излучения (МЭД).

С целью недопущения переоблучения персонала и исходя из необходимости минимизации коллективной дозы в ходе работ реализации фазы 3 преобразования ОУ, на всем жизненном цикле НБК будет оставаться актуальной задача эффективного планирования работ исходя из текущей радиационной обстановки на ОУ.

К настоящему времени, наиболее актуальные опубликованные исследования распределения МЭД на кровлях ОУ датируются 2002г. [1]. Отсутствие более актуальных данных обусловлено высокими дозовыми нагрузками на персонал, требуемый для выполнения данных работ, а также отсутствием апробированной технологии дистанционного измерения.

Завершение проекта НБК с вводом в эксплуатацию СОК, совместно с фактом создания в Украине прибора-аналога измерительного устройства МЭД типа Mirion GIM204 (функционально совместимого с СРК НБК) [2] открыло возможности по размещению такого прибора непосредственно на СОК и выполнению дистанционных измерений распределения экспозиционной дозы над ОУ.

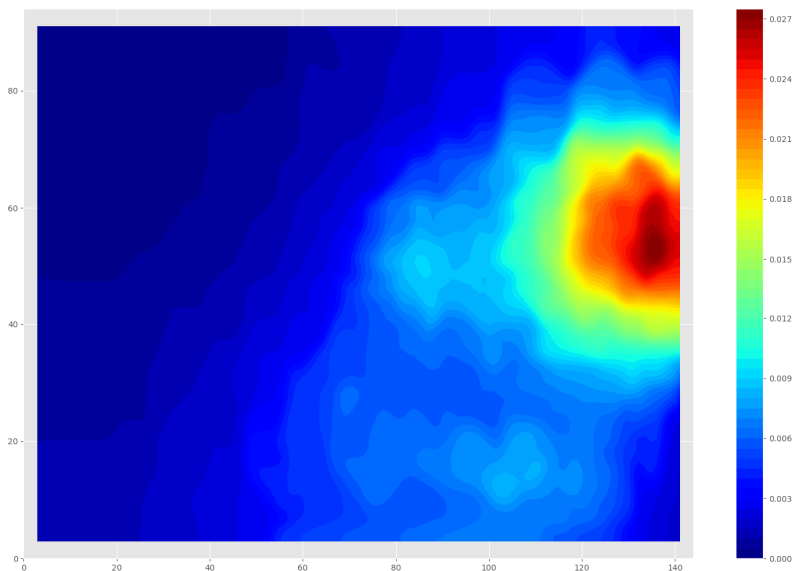
В результате ГСП ЧАЭС, совместно с ИПБ АЭС НАНУ разработали Решение № 0500/14-04 ЦРБ [3] о проведении таких измерений параллельно с испытаниями по вводу в эксплуатацию СОК. Результаты работ по проведению данных измерений представлены в настоящем докладе.

#### **Ход исследования и методы**

Детектор прибора был размещен на «безопасной тележке» СОК с незначительным смещением от центра оси ее движения, с «северной» стороны тележки под ее полом на уровне нижней плоскости движения СОК, так что сверху детектор экранирует конструктивные элементы СОК.

Было выполнено несколько серий измерений. Во всех случаях перемещение тележки и показания МЭД регистрировались ИСУ НБК и архивировались на историческом сервере.

На основе полученных данных был разработан программный модуль на языке Python, который позволил построить «тепловую карту» распределения плотности МЭД над ОУ. Непосредственно визуализация выполнялась с помощью модуля Seaborn.



*Рис.1. Картограмма распределения МЭД над ОУ после  
движки НБК.*

### **Предложения и выводы**

Полученные результаты данной работы планируется положить в основу создания системы технического зрения для определения радиационного и технического состояния Объекта Укрытие при планировании и проведении работ по демонтажу его нестабильных конструкций.

### **Литература**

[1] Боровой Велихов Опыт Чернобыля Часть 4. – М.: НИЦ , 2015 138с

[2] Истомина Н., Пантин М., Савельев М. Пример импортозамещения в автоматизированном радиационном контроле. Материалы конференции INIDECO 2019, Чернігів ЧНТУ 2019, стр.102

[3] Технічне рішення № 0500/14-04 ЦРБ «Щодо проведення робіт з оцінки радіаційного стану над покрівлею ОУ» 12.02.2020

### **Информация об авторах**

**М.В. Савельев** – *Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина; e-mail: mcsim@sitex.com.ua*

**В.А. Краснов** – *Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль, Украина*

**А. Евстигнеев** – *ГСП «Чернобыльская АЭС», Чернобыль, Украина*

**М. Пантин** – *ООО «Диджитал Дата Про», Славутич, Украина*

**Annex for papers written in Ukrainian and Russian**

### **MEASUREMENT OF THE EXPOSURE DOSE RATE OVER THE SHELTER OBJECT AFTER THE COMPLETION OF THE CONSTRUCTION OF THE NEW SAFE CONFINEMENT**

Maxim Saveliev, Viktor Krasnov, Alexey Evstigneev, Maxim Pantin

**Abstract:** *An experiment of measurement of the exposure dose rate over the Shelter Object after the completion of the construction of the New Safe Confinement is described. A heat map of gamma field over the Object Shelter is provided.*

**Keywords:** *Object Shelter, radiation mapping.*

# ВІД ЧОРНОБИЛЯ ДО МАРСА: ВИКОРИСТАННЯ БІОТИ ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ЧЗВ ДЛЯ КОЛОНІЗАЦІЇ МАРСУ

Сіненко Б.В., Ілленко В.В.

***Анотація:** Розглядається можливість використання біоти Чорнобильської Зони Відчуження (ЧЗВ), пристосованої до умов підвищеного радіаційного фону, як потенційних агентів формування протоекосистем для процесів тераформування Марсу.*

***Ключові слова:** Чорнобиль, біота, Марс, колонізація*

Аварія на Чорнобильській АЕС, безперечно, одна з найбільших техногенних катастроф ХХ сторіччя. За офіційними даними від  $1,85 \cdot 10^{18}$  Бк ( $5 \cdot 10^7$  Кі) до  $13 \cdot 10^{18}$  Бк ( $351 \cdot 10^7$  Кі) ядерних матеріалів було викинуто у навколишнє середовище [1]. Загальна площа територій країн Західної Європи, забруднення яких було вище  $20$  кБк/м<sup>2</sup>, склала близько  $280$  тис. км<sup>2</sup> [1].

Це створило на території ЧЗВ унікальне середовище для існування біоти. Території, що мають різну щільність забруднення, але схожий геологічний та видовий склад є чудовим полігоном для дослідження впливу різних доз іонізуючого випромінювання на живі організми та цілі екологічні ніші. А також – цінним джерелом видів, пристосованих до життя в умовах підвищеного радіаційного фону, що можуть бути використані для майбутньої космічної колонізації та тераформування планет земного типу.

Однією з пріоритетних цілей майбутньої експансії є Марс. Але підвищений радіаційний фон на поверхні, головну частку якого складає космічне випромінювання, створює особливі умови для життя організмів на поверхні. За даними досліджень Марсу (Hassler at al.) поглинута доза на поверхні складає близько  $8,75$  мкГр/год, у той час, як еквівалентна доза відповідає  $26,67$  мкЗв/год, що перевищує дозу, отриману за звичайних умов на Землі у  $0,1-0,2$  мкЗв/год [2].

Ефективним заходом щодо забезпечення радіаційного захисту є використання насипів та валів з реголіту (рихлого

матеріалу поверхні Марсу) – 3 метри цього матеріалу дають змогу зменшити отриману еквівалентну дозу у 80 разів, до 2,9 мЗв/рік, лише на 32% більше ніж на Землі (2,2 мЗв/рік) [1, 2]. Ця стратегія є досить ефективною щодо забезпечення протирадіаційного захисту житлових відсіків, але не відповідає головним цілям: створенню мережі теплиць, як дешевих генераторів їжі та кисню, а також тераформуванню поверхні.

Першим кроком на шляху перетворення реголіту на родючий ґрунт та зміни складу атмосфери є формування у приповерхневому кам'яно-пиловому шарі сталої екосистеми мікроорганізмів-хемотрофів, стійких до іонізуючого випромінювання.

За даними досліджень, мікроорганізми забруднених радіонуклідами територій є стійкішими до дії іонізуючого випромінювання ніж ті самі види, що не піддавалися впливу підвищеного радіаційного фону [3].

Цікавими у цьому плані є протоекосистеми мікроорганізмів 4-го енергоблоку ЧАЕС. За даними досліджень (Pareniuk O.Y. et al.) існуючи за умов, де потужність поглинутої дози коливається від 7 до 370 мГр/год мікроби використовують як одне з доступних джерел живлення бетонну крихту [4]. Також, за дослідженнями біорізноманіття (Zhdanova, N.N.) біля 80% виділених видів були меланіновмісні та пігментовані мікроміцети, що потенційно підвищує їх рівень радіостійкості в наслідок екрануючої дії пігментів [5].

Це дозволяє розглядати подібні екологічні конгломерати мікроорганізмів як джерело сформованої протоекосистеми з достатнім рівнем радіостійкості, для зменшення згубного та мутагенного впливу довготривалого опромінення.

Отже, культивування та подальше використання подібних популяцій мікроорганізмів може відкрити можливість до створення в умовах радіаційного фону Марсу усталених екологічних формувань. А їх хемогалофітний спосіб живлення буде сприяти накопиченню бактеріальної біомаси в марсіанському реголіті та підвищенню міграційної можливості біологічно недоступних хімічних елементів-органогенів.

### **Література:**

[1] Radio-ecological monitoring of forests in the context of a large nuclear accident / D.A. Vishnevsky, N.E. Zarubina, O.I. Zarubin. — Kyiv, 2015. — 114 p.

[2] Hassler, D.M. et al. (2014). Mars' Surface Radiation Environment Measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity Rover. *Science*, 343(6169), 1244797–1244797. doi:10.1126/science.1244797

[3] Паренюк О.Ю., Ілленко В.В., Гудков І.М. Мікрофлора забруднених радіонуклідами ґрунтів. – К.: НУБІП України, 2018. – 211 с.

[4] Parynyuk, O.Y., et al. (2017). Diversity of microflora at the fourth destroyed unit of the ChNPP. *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 18(2), 179-187. <https://doi.org/10.15407/jnpae2017.02.179>

[5] Zhdanova, N.N. et al. (2000). Fungi from Chernobyl: mycobiota of the inner regions of the containment structures of the damaged nuclear reactor. *Mycological Research*, 104(12), 1421–1426. doi:10.1017/s0953756200002756

### **Інформація про авторів:**

*Сіненко Б.В. – Національний університет біоресурсів і природокористування України;*

*e-mail: bogdan.sinenko@gmail.com*

*Ілленко В.В. – Національний університет біоресурсів і природокористування України;*

### **Annex for papers written in Ukrainian and Russian**

## **FROM CHERNOBYL TO MARS: USED OF CEZ POLLUTED AREA BIOTA FOR MARS COLONIZATION**

*Bogdan Sinenko, Volodymyr Illienko*

**Abstract:** *The possibility of using Chernobyl Exclusion Zone (ChEZ) biota, adapted to the high ionizing radiation background, as potential agents of proto-ecosystem formation for the processes of terraforming Mars is considered.*

**Keywords:** *Chernobyl, biota, Mars, colonization.*



## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВИДОБУТКУ ТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ ЕНЕРГОНОСІЇВ

*О. В. Скакаліна*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія  
Кондратюка»  
Україна, м. Полтава,  
e-mail:wboss@i.ua*

Коло наукових досліджень : генетичні алгоритми, нечіткі множини, метод групового урахування алгоритмів, інформаційні технології управління складними системами, інтелектуальний аналіз даних, методи прогнозування, багаторівневе моделювання складних організаційно – технічних систем.

**Анотація.** *Актуальність обраної тематики полягає в тому, що незважаючи на повсюдне поширення висхідного тренда використання поновлюваних джерел енергії, нафта займає ключове значення для світової енергетики. Національні нафтогазові підприємства мають значний вплив на розвиток національної економіки за рахунок формування основного джерела податкових доходів до бюджетів усіх рівнів, забезпечують національну енергобезпеку. Нафтовий сектор паливно-енергетичного комплексу України є одним з найбільш стійко працюючих виробничих комплексів національної економіки, він забезпечує значний внесок в формуванні позитивного торгового балансу. Однак управління енергетичними системами, які відносяться до класу складних територіально-розподілених динамічних систем, є саме по собі складним процесом. До числа основних труднощів відносяться: обмеженість способів адекватного моделювання, протиріччя між деталізацією структури моделі і можливістю динамічної обробки міститься в ній інформації, втрата адекватності моделі при зміні умов предметної області та зміні внутрішніх умов моделі. Слід враховувати і обмеженість можливостей використання математичного апарату, принципову неможливість повного врахування такого суб'єктивного фактора ризику як людський фактор. Як відповідь на перелічені*

*складності в застосуванні традиційних методів планування і управління складними системами, з'явилася циклічна процедура Демінга - Шухарта, закріплена в подальшому в стандартах ISO. Фактичне наповнення послідовності «плануй - роби - перевіряй вдосконалюй» у пропонованій роботі реалізовано в застосуванні методології проектного управління на стратегічному рівні управління складними системами, і в застосуванні методів евристичної оптимізації (генетичних алгоритмів) на рівні процесного управління.*

**Ключові слова :** *проектне управління, генетичні алгоритми, оптимізація, інтелектуальні інформаційні технології*

**Вступ.** Одне з перших передвиборних обіцянок, від якого відмовився Дональд Трамп, стосувалося «зеленої» енергетики. Обраний президент США не готовий скасувати Паризьку кліматичну угоду, хоча раніше мав намір зробити Штати «повністю енергетично незалежною країною», знявши обмеження на буріння свердловин і видобуток вугілля, що суперечить Паризькому документу. Півстоліття тому «зелені» активісти та екологи вважалися інтелектуальними бунтарями проти системи. Сьогодні ж сміливістю повинен володіти дослідник, який виступає проти насадження «нешкідливих технологій майбутнього». Тут необхідно вказати на бестселер «Моральні аргументи на користь викопного палива» (The Moral Case for Fossil Fuels) впливового американського журналіста Алекса Епштейна, теоретика в галузі енергетики, засновника і президента Центру індустріального прогресу [1]. Справа не тільки в тому, що ця праця суперечить усталеній поданням про енергетичну прогрес. У 2012 році світ використовував на 39% більше нафти, на 107% більше вугілля і на 131% більше природного газу, ніж в 1980-му. Замість того, щоб послухатися вчених і обмежити використання викопних видів палива, люди у всьому світі споживають їх майже вдвічі більше. Це повинно було привести до катастрофи згідно з усіма прогнозами. Однак результатом стало безпрецедентне підвищення якості життя - майже в три рази. І катастрофою могло стати саме обмеження використання традиційних джерел енергії, так як це спровокувало б передчасну смерть мільярдів людей [2]. За останнє століття завдяки вуглеводням ми майже перестали переживати через суворий

клімат. З одного боку, ми навчилися його контролювати. З іншого - витягаємо найбільшу користь в будь-якому регіоні проживання.

На тлі збільшення споживання викопного палива ми бачимо істотне зниження рівня смертності під час стихійних лих, від ураганів, посухи, під час повеней. І одночасно спостерігаємо збільшення доступності чистої води, поліпшення санітарних умов, скорочення захворюваності на туберкульоз, загальний спад захворюваності. За останні вісімдесят років, коли обсяг викидів CO<sub>2</sub> ріс найбільш швидко, річний рівень смертності, пов'язаної зі змінами світового клімату, впав на 98%. Частота смертельних випадків через клімат в наш час в п'ятдесят разів менше, ніж вісімдесят років тому.

Ось цікаве спостереження: за останні вісім років в Сполучених Штатах не було зареєстровано жодної смерті в результаті посухи. А адже традиційно саме на посуху доводиться велика частина смертей з кліматичних причин. За останні вісімдесят років число загиблих від посухи в усьому світі скоротилося на 99,98%, і причини цього тісно пов'язані з енергією вуглеводнів.

На величезній території Сполучених Штатів представлені найрізноманітніші типи кліматичних умов: від полярних пустель Аляски до посушливої Каліфорнії, від болотистій Флориди до спекотного Техаса. І тим не менше середня тривалість життя в кожному з них і по всій країні становить понад сімдесят п'яти років. Все завдяки наявності дешевої і надійної енергії, енергії вуглеводнів, за відсутності якої майже 1,3 млрд чоловік сьогодні умирають передчасною смертю.

Разом з тим PacifiCorp, підрозділ належить мільярдерові Уоррену Баффетту інвестиційної компанії Berkshire Hathaway, планує вкласти близько 3,5 млрд дол. США в проекти галузі чистої енергії.

Компанія уточнила, що в рамках даної програми планує до кінця 2020 р реалізувати нові проекти в сфері вітряної енергії загальною потужністю в районі 1,1 ГВт в штаті Вайомінг, а також модернізувати існуючі вітрогенератори потужністю 900 МВт. Крім того, в період 2028-2036 рр. планується будівництво нових об'єктів сфери вітряної енергетики потужністю 859 МВт і сонячної енергетики потужністю понад 1 ГВт [3].

Проте, слід зазначити, що обмежені запаси органічного палива і безперервне зростання витрат на їх використання вимагають постійного пошуку шляхів раціонального використання енергетичних ресурсів і адекватного енергетичного менеджменту.

За останні 15 років суттєво погіршилася ресурсна база нафтогазового комплексу України, зменшилася його конкурентоспроможність у сфері впровадження сучасних нафтогазових технологій, істотно скоротилися обсяги сейсмічних досліджень, пошуково-розвідувального буріння і, відповідно, приростів запасів вуглеводнів. У структурі запасів вуглеводнів постійно збільшується частка важковидобувних. За 30-річний період їх кількість в Україні збільшилася майже втричі і перевищила 68 % від загальних запасів.

Структура залишкових запасів нафти погіршується через те, що відбір вуглеводнів здійснюють переважно із активної частини запасів. Виснаженість родовищ України супроводжується зростанням обводненості продукції до 80...85 % і більше. Так, із середнім значенням обводненості, більшим за 90 %, розробляють 14 родовищ нафтовидобувної компанії ПАТ «Укрнафта». Середнє значення коефіцієнта вилучення досягло 30 % за проектного – 36,5 %, тоді як світовий рівень для відповідних режимів розробки становить 40–50%. Наприклад, у сусідній Білорусі державна нафтогазовидобувна компанія РУП «ПО «Белоруснефть» на основних об'єктах розробки досягла коефіцієнтів вилучення нафти у 50–55 %. Тому головним напрямом збільшення рівнів видобутку вуглеводнів та досягнення високих значень кінцевих коефіцієнтів їх вилучення є масштабне вдосконалення існуючих систем розробки родовищ нафти і газу з використанням сучасних наукоємних технологій та застосування інтелектуальних інформаційних технологій при управлінні на стратегічному корпоративному рівні.

**1. Інтелектуальні технології в національному енергетичному секторі.** На родовищах нафти і газу відбувається цифрова революція. Управління їх розробкою вже піддалося перетворенням, щоб мати можливість справлятися з збільшилися обсягами даних, проводити їх швидко оцінку й удосконалювати методи управління. В даний час робиться

наступний крок. Нове програмне забезпечення моделювання послідовностей операцій охоплює всі об'єкти і процеси на родовищі, починаючи від продуктивного пласта і закінчуючи пунктом підготовки нафти і газу, що допомагає домагатися кращих економічних результатів.

Добувати нафту і газ, звичайно ж, нелегко і недешево. Витрати на видобуток особливо високі для віддалених сухопутних і глибоководних морських родовищ. Оскільки зростаючі витрати супроводжуються зниженням попиту, видобувні компанії шукають способи вичавити все до останньої краплі з наявних родовищ і оптимізувати розробку нових. Головним чинником забезпечення прориву в ефективності на цьому шляху є розширення застосування інтелектуальних цифрових технологій.

Цифрові технології стають все складніше і охоплюють вже практично всі види діяльності на родовищах. Наприклад, використання систем дистанційних вимірювань або картографічної візуалізації основних параметрів стало повсякденною практикою. Ці технології виникли в 1980-х рр., А в останні 15 років їх розвиток значно прискорилося. До теперішнього часу запропоновано декілька термінів для позначення інтенсивного застосування цифрових технологій на нафтових і газових родовищах, з яких найбільш вдалим є вираз «інтелектуальне родовище» (intelligent field).

Новим в цьому застосуванні цифрових технологій нафтогазовидобувними компаніями є те, що концепція інтелектуального родовища об'єднує різні технології для вирішення завдань в масштабі всієї системи.

Вигоди від «інтелектуалізації» родовищ величезні. Є прогнози, що ця технологія дозволить збільшити світову видобуток нафти на 20 млрд м<sup>3</sup> (125 млрд. бар.) за найближчі 5-10 років. Хоча повна доробка окремих компонентів концепції інтелектуального родовища потребують ще деякого часу, цілий ряд їх уже активно впроваджується.

### **1.1. Основні напрями вдосконалення систем розробки родовищ та потенціал нарощування видобутку нафти в Україні.**

Нафтова промисловість України, як і більшості нафтовидобувних країн світу, пройшла період максимального

обсягу видобутку, за яким неминуче настає спад. Максимальний рівень видобутку нафти з конденсатом (14,4 млн т, 1972 р.) забезпечувався введенням у розробку ряду крупних родовищ нафти і газу, розташованих у Дніпровсько-Донецькій западині. Незмінною залишилася їх роль і тепер, коли близько 20 % родовищ забезпечують 80 % видобутку вуглеводнів, а решта 80 % – лише 20 % видобутку. Спроби зменшити темпи падіння видобутку, які здійснювали насамперед шляхом збільшення обсягів експлуатаційного буріння, а також виявлення раніше пропущених інтервалів та прошарків, мали епізодичний характер і за різних причин не змогли на більш-менш значний період змінити загальний тренд кривої видобутку нафти з конденсатом.

Головною причиною зменшення видобутку нафти в Україні є закономірний перехід більшості основних за видобутком та запасами родовищ у пізню стадію розробки, що характеризується значним їх виснаженням після вилучення 80...85 % нафти від затверджених початкових видобувних запасів. З іншого боку, час відкриття великих родовищ, за рахунок яких забезпечувався приріст запасів, минув, а геологорозвідувальними роботами відкриваються, в основному, дуже дрібні, дрібні та середні родовища на глибинах 4,5...6 тис. м. Тому прирости розвіданих запасів не компенсують навіть поточного видобутку нафти.

Порівняльний аналіз показує, що інтенсивність систем розробки нафтових родовищ України, особливо зі значними величинами початкових запасів, відповідає досягнутому світовому рівню, а інколи і перевищує його, але дрібні родовища розробляються значно нижчими темпами, ніж це прийнято у світі .

За останні 15 років суттєво погіршилася ресурсна база нафтогазового комплексу України, зменшилася його конкурентоспроможність у сфері впровадження сучасних нафтогазових технологій, істотно скоротилися обсяги сейсмічних досліджень, пошуково-розвідувального буріння і, відповідно, приростів запасів вуглеводнів. У структурі запасів вуглеводнів постійно збільшується частка важковидобувних. За 30-річний період їх кількість в Україні збільшилася майже втричі і перевищила 68 % від загальних запасів.

Структура залишкових запасів нафти погіршується через те, що відбір вуглеводнів здійснюють переважно із активної частини запасів. Виснаженість родовищ України супроводжується

зростанням обводненості продукції до 80...85 % і більше. Так, із середнім значенням обводненості, більшим за 90 %, розробляють 14 родовищ нафтовидобувної компанії ПАТ «Укрнафта». Середнє значення коефіцієнта вилучення досягло 30 % за проектного – 36,5 %, тоді як світовий рівень для відповідних режимів розробки становить 40–50%. На- приклад, у сусідній Білорусі державна нафтогазовидобувна компанія РУП «ПО «Белоруснефть» на основних об'єктах розробки досягла коефіцієнтів вилучення нафти у 50–55 %. Розглядаючи сучасну ресурсну базу нафтових родовищ України, що перебувають у розробці (рис. 2), можемо помітити значну частку залишкової нафти, яка суттєво перевищує величину поточних видобувних запасів. Власне, залишкові запаси родовищ, що перебувають на державному балансі, перевищують 740 млн т.

Тому головним напрямом збільшення рівнів видобутку вуглеводнів та досягнення високих значень кінцевих коефіцієнтів їх вилучення є масштабне вдосконалення існуючих систем розробки родовищ нафти і газу з використанням сучасних наукоємних технологій. Енергетичний менеджмент національного сектору видобутку традиційних енергоносіїв на сучасному світовому рівні зараз неможливий без інтенсивного застосування інтелектуальних інформаційних технологій та проектного управління процесами.

## **2. Реалізація концепції двох-етапної оптимізації управління складними територіально – розподіленими системами на прикладі видобутку нафти в с. Ковалівка Полтавської області.**

ДТЭК Нефтегаз добывает природный газ в трех районах Полтавской области: Миргородском (Савинцовский сельский совет), Шишацком (Ковалевский сельский совет) и Полтавском (Мачухивская ОТГ). Средства от рентной платы увеличили годовые сельские и районные бюджеты в разы. Например, в с.Ковалевка Шишацкого района, на территории которого компания добывает газ, годовой бюджет в 2017 составлял около 2,5 млн грн. В 2018 г., благодаря рентным поступлениям ДТЭК Нефтегаз, годовой бюджет села составляет более 12 млн грн. Районы и сельсоветы планируют направить эти средства на проекты по энергоэффективности, повышения качества медицинских услуг и инфраструктуру.

## 2.1. Формування базового плану проекту

В таблиці 1 представлені вхідні дані щодо видобувних свердловин, які вийшли до проекту.

Таблиця 1 - Дані про бурові свердловини

Свердловина	Відстань до складу	Збір нафти, т
Свердловина 1	47,2	120
Свердловина 2	32	94
Свердловина 3	25	108

На основі отриманих даних та після проведених досліджень засобами MS Project була побудована наступна діаграма Ганта (рис. 1). Також був доданий додатковий рядок Вартість, котрий показує затрачені грошові ресурси на виконання обраної задачі.

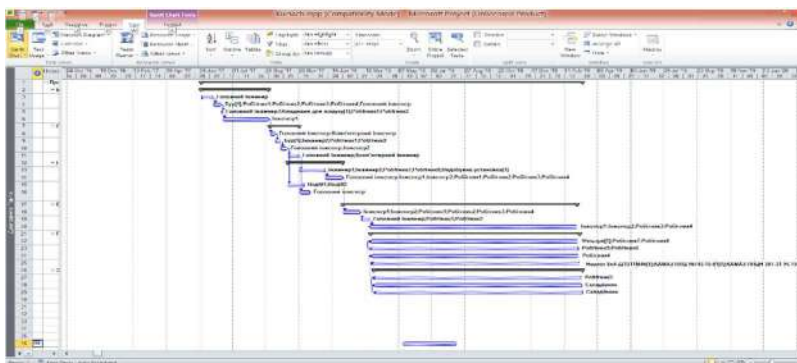


Рис. 1 – графік Ганта для базового плану процесу видобутку нафти

Загальні витрати на видобуток нафти становлять 4 272 193,42 грн.

## 2.2. Оптимізація базового плану засобами MS Project

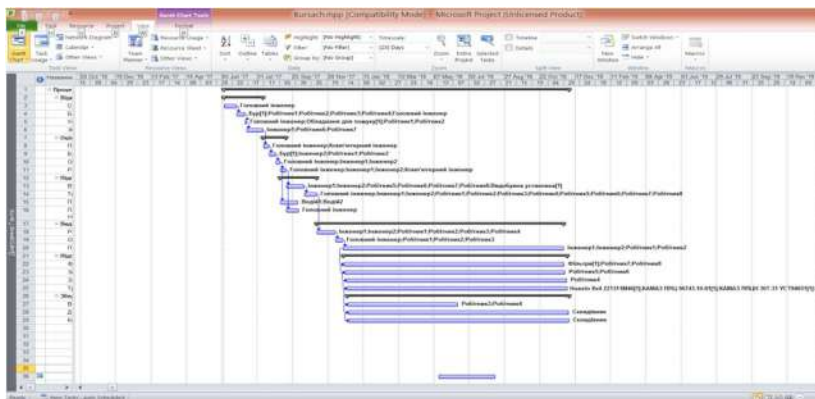
Для оптимізації були виконані наступні дії:

- ✓ У задачі «Буріння пошукових скважин» Головний інженер був замінений на Інженер 1;
- ✓ У задачі «Збір даних» були додані Інженер 2, Робітник 1 та Робітник 2;
- ✓ У задачі «Оцінка початкових та добувних запасів нафти» був доданий Інженер 1;



- ✓ У задачі «Розробка оптимального проекту видобутку» були додані Інженер 1 та Інженер 2;
- ✓ У задачі «Встановлення необхідного обладнання» були додані Робітник 5 та Робітник 6;
- ✓ У задачі «Тестування та налаштування обладнання» були додані Робітники 5-8;
- ✓ У задачі «Організація системи розробки» доданий Робітник 3;
- ✓ У задачі «Процес видобутку нафти» доданий Робітник 4.

Після виконання процесу оптимізації базового плану (оптимізація була виконана без порушень технологічних вимог до процесу видобутку нафти) графік Ганта набув наступного вигляду (рис. 2).



*Рис. 2 - графік Ганта для оптимізованого процесу видобутку нафти*

Періоди, процеси виконання яких змінились, також суттєво скоротились. Для прикладу, час виконання усього проекту зменшився на 72 дні.

Для відображення результатів оптимізації наведена діаграма на рис. 3. З неї видно, на скільки змінилася цифра загальної ціни проекту. В процентному співвідношенні вона зменшилась на 3,31%. Загальна вартість оптимізованого плану проекту складає 4 173 860,04 грн.



*Рис. 3 – результати оптимізації процесу видобутку нафти*

### **2.3. Оптимізація логістичного процесу транспортування нафти з застосуванням генетичних алгоритмів в середовищі Matlab**

Оптимізуємо процес транспортування нафти. В якості засобів технологічного транспорту застосовуються автомобілі КАМАЗ ППЦ 96743-10-01. Загальна вартість базового плану перевезень становить 1 305 040 грн. В таблиці 2 представлені автомобілі, що вийшли до проекту.

*Таблиця 2 - Засоби технологічного транспорту*

Марка авто	Витрати пального/100 км	Вантажопідйомність
КАМАЗ ППЦН 30Т-31 УСТ94651	47	30
КАМАЗ ППЦ 96743-10-01	44	22
Huaxin 8x4 ZZ1311M46	56	32
ППЦН 30Т-31 ПТ ВРW УСТ94651	52	27

Вартість технічного обслуговування машин становить:

- ✓ КАМАЗ ППЦН 30Т-31 УСТ94651 – 0,42 грн за кілометр;
- ✓ КАМАЗ ППЦ 96743-10-01 – 0,38 грн за кілометр;
- ✓ Huaxin 8x4 ZZ1311M46 – 0,5грн за кілометр;

✓ ППЦН 30Т-31 ПТ ВРВ УСТ94651 – 0,47 грн за кілометр.

Питомі витрати пального для перевезення однієї тони нафти наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 - *Питомі витрати пального*

Витрати, грн					
Марка авто			Склад 1	Склад 2	Склад 3
КАМАЗ	ППЦН	30Т-31	14,76	16	8,73
УСТ94651					
КАМАЗ ППЦ 96743-10-01			20,77	14,98	12,22
Huaxin 8x4 ZZ1311M46			17,62	11,44	10,37
ППЦН	30Т-31	ПТ ВРВ	20,45	17,7	9,24
УСТ94651					

Складаємо умови для відповідної транспортної задачі (ТЗ) (таб. 4).

Таблиця 4 - *Вхідні дані для транспортної задачі*

Марка авто	Склад 1	Склад 2	Склад 3	Витрати на все перевезення
КАМАЗ ППЦН 30Т-31 УСТ94651	14,76	16	8,73	979405
КАМАЗ ППЦ 96743-10-01	20,77	14,98	12,22	1305040
Huaxin 8x4 ZZ1311M46	17,62	11,44	10,37	1077440
ППЦН 30Т-31 ПТ ВРВ УСТ94651	20,45	17,7	9,24	1279200

Обмеження ТЗ мають наступний вигляд:

1. по вартості перевезень нафти

$$x_1 + x_2 + x_3 \leq 979405$$

$$x_4 + x_5 + x_6 \leq 1305040$$

$$x_7 + x_8 + x_9 \leq 1077440$$

$$x_{10} + x_{11} + x_{12} \leq 1279200$$

2. по обсягу видобутої нафти

$$x_1 + x_4 + x_7 + x_{10} = 30000$$

$$x_2 + x_5 + x_8 + x_{11} = 235000$$

$$x_3 + x_6 + x_9 + x_{12} = 270000$$

### 3. невід'ємності змінних

$$x_1, \dots, x_{12} \geq 0$$

### 4. місткості транспорту

$$x_1, x_2, x_3 \leq 30$$

$$x_4, x_5, x_6 \leq 22$$

$$x_7, x_8, x_9 \leq 32$$

$$x_{10}, x_{11}, x_{12} \leq 27$$

Цільова функція має наступний вигляд:

$$Z = 14,76 * x_1 + 16 * x_2 + 8,73 * x_3 + 20,77 * x_4 + 14,98 * x_5 + 12,22 * x_6 + 17,6 * x_7 + 11,44 * x_8 + 10,37 * x_9 + 20,45 * x_{10} + 17,7 * x_{11} + 9,24 * x_{12}.$$

Ввівши наступні дані у відповідні поля програми Matlab для отримання оптимізованого плану перевезень за допомогою генетичного алгоритму[4], маємо наступний результат (рис. 4).

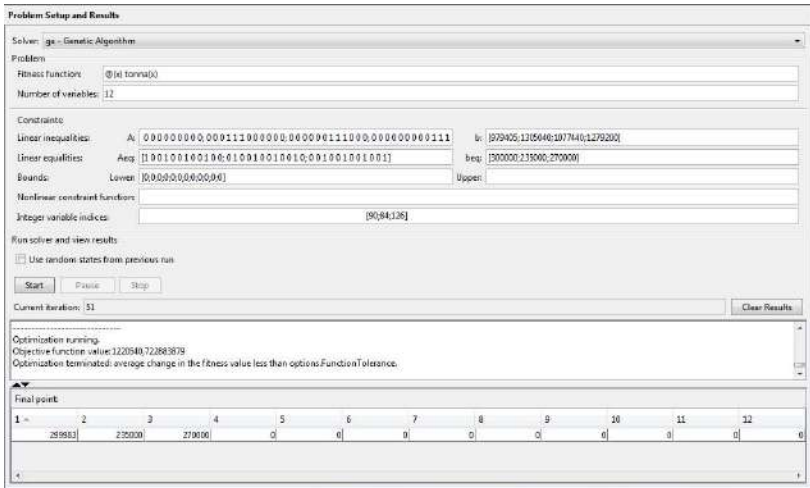
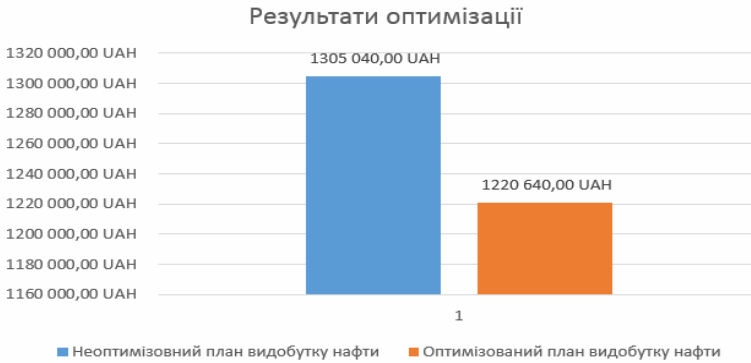


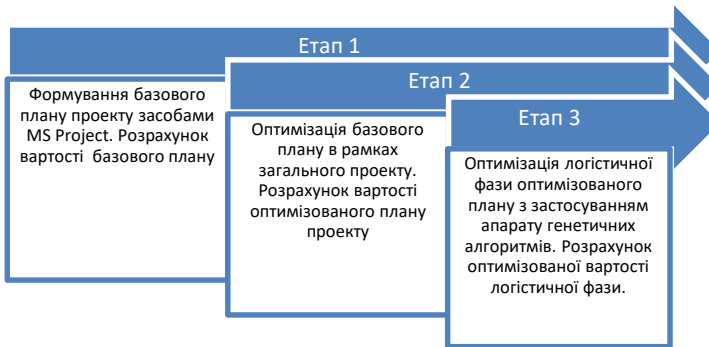
Рис. 4 – Результат оптимізації базового плану перевезень за допомогою генетичного алгоритму

Проаналізувавши результати можна сказати, що всю добуту нафту слід перевозити автомобілем КАМАЗ ППЦН 30Т-31 УСТ94651. Тобто, витрати на перевезення скоротились на 6, 467 %. На рисунку 5 представлена порівняльна діаграма базової (1 305 040 грн) та оптимізованої (1 220 640 грн) вартості плану перевезень.



*Рис. 5 – Результати оптимізації логістичної фази базового проекту за допомогою генетичного алгоритму*

Загальна схема реалізації запропонованої інтелектуальної інформаційної технології (ІС) [5], на базі якої побудована концепція енергетичного менеджменту видобутку традиційних видів енергоносіїв, представлена на рисунку 6.



*Рис. 6 – Загальна схема ІС*

В результаті застосування запропонованої ІС загальна сума оптимізації складає 182 733 грн., з котрих 98 333, 38 грн. отримано на етапі оптимізації проекту в цілому, 84 400 грн. отримано на етапі застосування апарату генетичних алгоритмів при оптимізації логістичного процесу.

**3. Висновки.** Забезпечення сучасного національного енергоменеджменту життєво необхідно для стійкого розвитку країни в глобальному масштабі. У Європейському Союзі реалізується ініціатива Генерального секретаря Організації Об'єднаних Націй ««Стійка енергетика для всіх»», однією з трьох цілей котрої є подвоєння глобальних темпів зростання енергоефективності до 2030 року. Цей напрямок представляє собою один з найкращих способів оптимізації наявних ресурсів, підтримки національного економічного зростання, зменшення витрат на енергію. Представлена концепція енергетичного менеджменту повністю відповідає цій ініціативі.

#### **Література:**

1. Alex Epstein. The Moral Case for Fossil Fuels. New York, Portfolio/Penguin, 2014. 256 P.

2. [http://www.energosovet.ru/bul\\_47\\_2017.pdf](http://www.energosovet.ru/bul_47_2017.pdf)

3. Sieminska. Outlook for shale gas and tight oil development in the U.S. FLAME Natural Gas & LNG Conference. Amsterdam. March 13, 2013.

4. Bhandari, D. Variance as a Stopping Criterion for Genetic Algorithms with Elitist Model [Text] / D. Bhandari, C. A. Murthy, S. K. Pal // Fundamenta Informaticae. — 2012. — Vol. 120, № 2. — P. 145–164. doi:10.3233/FI-2012-754.

5. Skakalina, E. (2018), «Development of Methodological Foundations of Logistical Intellectual Control of Complex Systems Based on Hybrid Heuristic Algorithms» / International Journal of Engineering & Technology.- 2018.- Vol. 7, No (4.8). – P.534-538. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27301

*Elena Skakalina - PhD, Department of Computer and Information Technologies and Systems, National University “Yuri Kondratyuk Poltava Politechnics” Pershotravnevyi AV. 24, UA36011, Poltava, Ukraine, e-mail: wboss@i.ua*

*Major Fields of Scientific Research: genetic algorithms, fuzzy sets, group method of data handling, information technologies of management the difficult systems, data mining, forecasting methods, multilevel modeling of complex organizational and technical systems.*

## ENERGY MANAGEMENT OF THE TRADITIONAL TYPES OF ENERGY carriers

*Elena Skakalina*

**Abstract.** *The urgency of the topics chosen is that, despite the widespread upward trend in renewable energy, oil is of key importance to the global energy sector. National oil and gas companies have a significant impact on the development of the national economy through the formation of the main source of tax revenues to the budgets of all levels, provide national energy security. The oil and gas sector of Ukraine's fuel and energy complex is one of the most stable industrial complexes in the national economy, and it provides a significant contribution to the formation of a positive trade balance. However, the management of energy systems belonging to the class of complex territorially distributed dynamic systems is in itself a complex process. The main difficulties include: limited methods of adequate modeling, contradictions between the details of the structure of the model and the possibility of dynamic processing contained in it, the loss of adequacy of the model when changing the conditions of the subject area and changing the internal conditions of the model. Consideration should also be given to the limited possibilities of using a mathematical apparatus, the fundamental inability to fully account for such a subjective risk factor as the human factor. In response to the complexities involved in applying traditional methods of planning and managing complex systems, a cyclic Deming - Schuhart procedure, further enshrined in ISO standards, has emerged. The actual filling of the «plan-do-check-improve» sequence in the proposed work is implemented in the application of project management methodology at the strategic level of management of complex systems, and in the application of heuristic optimization (genetic algorithms) methods at the process management level.*

**Keywords:** *design management, genetic algorithms, optimization, intelligent information technologies*

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ РАДІОГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ТЕРИТОРІЇ ПРОММАЙДАНЧИКА ЧАЕС

*Н. В. Сосонна*

*<sup>1</sup> Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а,  
Чорнобиль, 07270, Україна*

При проведенні робіт з радіогідроекологічного моніторингу з 1996 року накопичена велика кількість даних, яка зберігається як на електронних, так і паперових носіях. Постає необхідність в упорядкуванні даних в єдиній системі для оперативної обробки і аналізу, будівництва електронних карт, моделей та розрахунку прогнозу змін радіогідроекологічного стану.

**Ключові слова:** радіогідроекологічний моніторинг, база геоданих, стратиграфічна модель, цифрові карти, геоінформаційне моделювання.

Проведення радіогідроекологічного моніторингу, мета якого полягає в оцінці рівнів хімічного та радіоактивного забруднення ґрунтових вод, а також умов міграції радіонуклідів в оточуюче аварійний блок довкілля та в прогнозі змін екологічних умов в часі, передбачає накопичення дуже великої кількості даних. На сьогоднішній день Інститут проблем безпеки АЕС НАНУ має сотні тисяч даних, які зберігаються на електронних та паперових носіях. Серед них дані гідрологічних, гідрогеохімічних, радіохімічних режимних спостережень зосереджуються в програмному ресурсі Access з 1996 року, а геологічні та геофізичні дані містяться у фондових звітах, виконаних при гідрологічних дослідженнях науково-дослідними організаціями України та інших держав.

Тому настає проблема обробки та аналізу різноманітних груп даних за десятиріччя. Для вирішення цієї задачі нами запропоновано використання методу цифрового



картографічного аналізу, обробки та візуалізації даних в просторі та часі, метод геоінформаційного моделювання.

Завдяки розробленій базі даних були систематизовані результати геофізичних та гідрогеологічних досліджень, з метою подальшого використання в ідентифікації, візуалізації та кількісній оцінці ресурсів ґрунтових вод, їх забруднення в межах заданих координат, побудовані трьохвимірні літологічні, стратиграфічні моделі даної території.

Ведення бази геоданих дозволяє оперативно отримати повну інформацію про гідрогеологічні умови будь-якої точки досліджуваної території за весь період спостережень. Наприклад, візуалізація даних по вмісту стронцію, тритію в спостережних свердловинах дозволила відобразити зміну їх концентрації та локалізації за період з 2002 по 2018 роки, продемонструвати вплив насування Арки на зміну концентрації тритію в ґрунтових водах. Цифрові карти режиму ґрунтових вод дозволили уточнити напрямок впливу радіаційно-небезпечних об'єктів після зниження рівня у водоймищі-охолоджувачі на довкілля.

Гідрогеологічна інформація, що отримується на основі просторового моделювання, аналізу та прогнозу може бути використана для рішення численних задач, обґрунтування геолого-гідрогеологічної бази даних майбутніх досліджень, формування і прийняття управлінських рішень.

## ТУРИЗМ ТА ПРОМОЦІЯ ЯК ТОЧКА РОСТУ СЛАВУТИЧА: ПОТЕНЦІАЛ ТА ВИКЛИКИ

*Старовойтова Арина,  
директор комунального підприємства «Агентство  
регіонального розвитку» Славутиської міської ради,  
Україна, м. Славутич, starovojtova888@gmail.com*

Tourism is considered one of the most promising sectors of the economy and creative industries. Before the global crisis of 2020, tourism accounted for about a tenth of the global economy. Is tourism one of the possible growth points of Slavutych's economy? Nowadays Slavutich has an ambitious goal to prove to the tourist that it is not a "one day city, a transit city on the way to the Chernobyl". Available tourist resources make Slavutych unlike any Ukrainian city. With a successful marketing and promotional strategy, you can achieve a wow-effect and find and offer non-standard tourist products.

Keywords: domestic tourism, promotion, growth point, Slavutych

Туризм вважається однією з найбільш перспективних галузей економіки та креативних індустрій. До глобальної кризи 2020 року туризм давав близько десятої частини в прирості світової економіки. Сміливо можна було говорити про те, що *туризм є глобальним драйвером*, адже ця галузь розвивалася значно швидше, ніж світова економіка загалом.

У Всесвітній туристичній організації ООН (UNWTO) прогнозують, що через пандемію коронавірусу вже у 2020 році чисельність міжнародних туристів скоротиться на 20-30 % у порівнянні з показниками 2019 року. За оцінками Всесвітньої ради з туризму та подорожей (WTTC), втрати світової туріндустрії у 2020 році можуть досягти 22 млрд \$. При цьому ринок туристичних послуг позбудеться 50 млн робочих місць і скоротиться за рік на 25 %. Наголошується також, що таке падіння буде коштувати галузі 5-7 років розвитку. З поширенням коронавірусу туристична індустрія постала перед кризою, яка може виявитися найгіршою в історії. Проте UNWTO підкреслює

історичну стійкість туризму і його здатність створювати робочі місця після кризових ситуацій [3, 6].

Криза будь-якої природи дає можливість оновлення. Навіть найпесимістичніший сценарій передбачає відновлення економічної активності вже наприкінці 2020 року. Щойно динаміка вірусу піде на спад, ми можемо побачити ефект відкладеного попиту – тобто люди почнуть планувати відпочинок. Але треба також розуміти, що економіка буде ще довго оговтуватися після карантину, спостерігатиметься втрата споживацьких можливостей, адже туризм безпосередньо залежить від економічного стану країни.

Епідемія коронавірусу у світі дає шанс для розвитку туризму в Україні. У цих умовах одним із пріоритетів розвитку галузі може стати внутрішній туризм. Ми розуміємо, що насамперед відновиться внутрішній туризм і тільки потім – виїзний і в'їзний. Шанси у внутрішнього туризму більші, ніж у виїзного. Українці спочатку мандруватимуть Україною, а потім за кордон, бо за прогнозами кордони будуть відкриватися значно повільніше. За рекомендаціями UNWTO щодо відродження туризму необхідно звернути увагу на залучення соціальних медіа, створення нових YouTube-каналів, щоб люди, які сьогодні більше часу вимушені проводити в Інтернеті, могли завчасно дізнатися про туристичні можливості саме українських міст та регіонів [1].

Чи готовий Славутич уже нині вкладати кошти саме в туризм? Чи є туризм однією з можливих точок росту міської економіки? Наскільки ми готові до діджиталізації міської індустрії гостинності?

На жаль, за останні 20 років місто майже не фінансувало локальну туристичну галузь (як виняток – подієвий та культурний туризм до 2000 р.), ігнорувало її та практично не бачило в ній перспективи. Кілька разів були спроби наголосити на цій проблемі, приймається міська цільова Програма розвитку муніципального туризму, але, звісно, у бюджеті ніколи туризм не був пріоритетом. Так, наприклад, до процесу розробки нової концепції брендування (ребрендингу) міста більшою мірою долучалися міські активісти та підприємці туристичної галузі, що, з одного боку, є позитивним, враховуючи важливість

залучення жителів до процесу, з іншого – говорить про байдужість і певний консерватизм офіційних кіл до процесів оновлення, пошуків нової ідентичності міста, яке поступово перестає бути лише атомоградом та мономістом.

До негативних проявів також можна віднести й недостатню увагу до розвитку зокрема інфраструктури туризму. На жаль, у туристичному бізнесі наразі немає не лише місцевих, ба більше, будь-яких інвесторів або свідомих меценатів, а місцеве самоврядування не бачить сенсу вкладати кошти в розвиток та реновацію вже наявних туристичних об'єктів, культурних та архітектурних пам'яток міста. Поодинокі спроби зробити «покращення», зокрема реновацію окремих скульптур та художньо-монументальних композицій, лише доводять думку про те, що, на жаль, більшість славутичан не усвідомлюють історичної цінності існуючого міського простору.

За традицією, якщо і вкладають кошти у внутрішній туризм, то це настільки невеликий ресурс, що це стає просто ледь відчутним на фоні потреб міста, яке нині стикнулося з одночасним старінням усієї інфраструктури планового міста, що було побудовано в рекордно швидкі темпи.

Криза посткарантину – виклик для Славутича, у нас залишається багато ключових завдань, які не були вирішені й раніше. І прогнозувати що-небудь зараз дійсно вкрай складно. Людство, яке створило пов'язану воедино світову економіку й переплетені між собою суспільства, ще ніколи не стикалося з кризою такого типу. І доля малого міста в цих умовах ще більш непрогнозована.

Пандемія – це своєрідний сигнал місцевому самоврядуванню, бізнесу та туристичній галузі зокрема, що слід переглянути багато внутрішніх процесів, аби забезпечити гнучкість у форс-мажорних ситуаціях, зробити акцент на повноцінному розвитку онлайн-складової та діджиталізації.

На нашу думку, туризм може стати однією з точок росту Славутича виключно за умови ефективного впровадження простих, але системних рішень, що вже почали реалізовуватися протягом 2019 та на початку 2020 років.

Так, Славутич тільки починає свій рух. Адже протягом багатьох років відчутними були не лише брак коштів на

розвиток цієї галузі, а загалом – дефіцит уваги та дієвих рішень щодо туризму. І все це попри той факт, що Славутич – місто-супутник Чорнобильської АЕС, яка є суб'єктом чи не єдиного незаперечного лідера в галузі екстремального туризму в усьому світі.

Нині Славутич має амбітну мету довести туристу, що це не «місто одного дня, місто-транзит на шляху до Чорнобильської АЕС». Це місто як мінімум непересічного вікенду, а весь славутицький регіон є цікавим у історичному, етнографічному та архітектурному аспектах і тут можна провести принаймні тиждень.

Славутич – непересічна точка на карті для гостей з усього світу – розташований на відстані лише 180 км від Києва, 60 км від Чернігова, та в 40 км від древнього Любеча. Географічно – Чернігівщина, адміністративно – Київщина. Без сумніву, Славутич, побудований у 1987 році, – це пам'ятка радянського містобудування, аналогів якій ніколи не було й уже не буде. Це виставка або, якщо хочете, музей просто неба. Не так багато у світі міст, що побудовані за одним планом і розвиваються за цим планом. Тому, формально, Славутич – майже ідеальне місто.

Славутич – це втілення екологічно сталої, зручної для життя архітектури; це чисте повітря, близькість до природи, високий рівень добробуту та відсутність громадського транспорту, висока якість проживання.

Для розміщення туристів у місті є комфортабельний готель та три хостели, а також є можливість швидко винайняти приватні апартаменти (квартиру або будинок, котедж) подобово; працюють щонайменше 15 закладів громадського харчування різних цінових категорій (ресторани, кафе, кав'ярні) на 1060 посадкових місць. Наявне добре автомобільне та оптимальне пасажирське, автобусне та залізничне, сполучення. На початок 2020 року інфраструктура Славутича – це базовий рівень у забезпеченні потреб туристів, надає їм можливість почуватися тут комфортно та безпечно.

У Славутичі працює Краєзнавчий музей міста та Чорнобильської АЕС, експозиції якого розкривають більш ніж 30-річну історію міста та трагічні сторінки минулого Чорнобильської АЕС, що заснований у 1993 році. Багато

експонатів музею є унікальними й раритетними. У музеї представлені: дві експозиційні зали «Історія будівництва м. Прип'ять і аварії на Чорнобильській АЕС» та «Славутич – наш дім», музейні зали «Будівництво міста Славутича» та «Зала Слави і Пам'яті». Неабиякий інтерес у туристів викликають архітектурні та культурні пам'ятки часів Київської Русі, що розташовані в безпосередній близькості до Славутича, на території міст Чернігова та Любеча.

У місті та регіоні доволі успішно розвивається подієвий, культурно-пізнавальний та спортивний туризм. Щорічно, вже протягом 25 років, проводиться Міжнародний фестиваль дитячої демократії, телебачення, преси та творчості «Золота осінь Славутича»; у 2014-2018 роках проходив Міжнародний фестиваль кіно та урбаністики «86»; з 2016 року проводиться Міжнародна конференція «Проблеми зняття з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища» INUDECО; новий фестиваль GoldenFest вперше зібрав активних громадян третього віку у 2019 році, у цьому ж році Славутич уперше відкрив арт-резиденцію для митців та став світовою столицею семантичного сюрреалізму. З 2008 року в Любечі, що неподалік Славутича, проводиться фестиваль традиційної слов'янської культури та бойових єдиноборств «Київська Русь».

У Славутичі функціонує досить розвинена база для занять фізкультурою та спортом, що включає 5 фізкультурно-оздоровчих комплексів, спорткомплекс «Олімпієць», басейни, водноспортивну базу Яхт-клуб «Білі крила» та кінноспортивну базу. Спортивна інфраструктура надає можливість щорічно проводити велику кількість спортивних змагань різного рівня: змагання з футболу, турніри з танцювального спорту, кіокушинкай карате, художньої гімнастики тощо.

У регіоні є можливості для розвитку велосипедного, екологічного, пішохідного, водного туризму, полювання та рибальства. Наявна рекреаційна зона – гармонійне поєднання соснових і сосново-дубових високофітонцидних лісів із багатими різнотравними луками, річка Дніпро, невеликі природні водойми, розмаїтий не лише рослинний, а і тваринний світ. У лісах, що багатокілометровим кільцем оточують Славутич, можна зустріти

зайця, лисицю, болотяну черепаху, кабана, лося, козулю, єнотовидну собаку, сову бородату та сову вухату, велику білу чаплю, сіру та чорну чаплю, кулика-поручайника, удода, а поблизу Дніпра можна помітити зимородка звичайного. Частина з цих тварин і птахів є рідкісними. У річках та озерах місцевості налічується близько 70 видів риб, у тому числі тих, що перебувають на межі зникнення.

Беззаперечно, що величезну зацікавленість викликає Чорнобильський регіон, який щорічно відвідують десятки тисяч туристів зі всього світу та до якого можна за 40 хвилин дістатися спеціалізованим електропоїздом з міста Славутича. Відвідування Зони відчуження може включати в себе ознайомчі візити як безпосередньо до ЧАЕС і до оглядового майданчика об'єкта «Укриття» та Нового Безпечного Конфайнменту над зруйнованим 4-м енергоблоком, так й до Чорнобиля, Прип'яті та інших населених пунктів і об'єктів. Ці ресурси є унікальною можливістю наочно побачити наслідки однієї з найбільших техногенних катастроф людства, є причиною не лише для відвідувачів, які цікавляться ядерною енергетикою, але і для туристів - прихильників екстремального відпочинку. Славутич має поки що невелику, але змістовну історію, що нерозривно пов'язана з аварією на Чорнобильській АЕС та відродженням регіону після неї, є унікальною локацією у контексті реінтеграції територій та соціальної адаптації населення, подолання як економічних, так і психологічних та соціальних наслідків техногенних катастроф.

Беремо на себе сміливість припустити, що всі вище перелічені туристичні ресурси роблять Славутич несхожим на жодне українське місто. Це дає можливість за умови вдалої маркетингової та промоційної стратегії досягнути вау-ефекту та віднайти і запропонувати нестандартні туристичні продукти.

Соціологічні дослідження свідчать про те, що дві третини українців не були за кордоном, а протягом останніх п'яти років більшість не вирушала ані до Європи, ані до країн СНД. Оптимістичнішою виглядає статистика міжрегіональних подорожей: так, 75 % опитаних франківців і 59 % харків'ян хоча б раз виїжджали в інший регіон (28 і 18 % з них відповідно – багато разів) [1].

На початку 2020 року комунальним підприємством «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради було проведено опитування «Вивчення туристичного потенціалу та ставлення жителів м. Славутича до розвитку туризму в своєму місті». Близько 45 % респондентів зазначили, що подорожують кілька разів на рік, причому майже 30% - відвідали від 3 до 5 регіонів України, а також були за кордоном від 1 до 5 разів.

Обнадійливим, зокрема, виглядає й власне саме ставлення славутичан до розвитку індустрії гостинності рідного міста: 60 % вважають туризм, відпочинок та оздоровлення перспективними напрямками економічного розвитку Славутича; 75 % ставляться позитивно до можливості збільшення туристичного потоку та приїзду великої кількості туристів до міста, 70 % вважають, що це поліпшить імідж міста та дасть можливість додаткового заробітку славутичанам, а в перспективі – появи нових робочих місць.

Серед ключових проблеми, що перешкоджають розвитку туризму в Славутичі, містяни зазначили незадовільний рівень маркетингу туристичних послуг (58% респондентів), транспортної інфраструктури (49%), системи інформованості про місто та промоції для туристів (39%), туристичної інфраструктури (29%).

Зрозуміло, що подієвий, міський туризм, гастротуризм та інші види туризму є всюди, чорнобильський – є тільки у нас і саме за ним приїздять сотні тисяч туристів, іноземців, що привозять сотні мільйонів доларів в економіку. Проте міська адміністрація має продовжувати роботу саме над поліпшенням іміджу Славутича як нової туристичної локації і над збільшенням кількості туристів з цільових ринків, розвитком культурного, ділового, наукового, спортивного туризму. Ми намагаємося врахувати інтереси всіх учасників туристичної галузі, де пріоритетом є людина, турист, який хоче пізнавати світ і відкривати нове у своїй країні.

Щоб покращити туристичну привабливість Славутича та зробити її конкурентоспроможною, протягом останніх трьох років уже реалізовані важливі кроки із загальної стратегії розвитку локальної індустрії гостинності.



Так, у 2017 році прийнято концепцію бренду «Славутич – місто нових ідей», де взято за основу той факт, що чимдалі від моменту втрати ЧАЕС як електростанції, яка виробляє енергію, місту необхідне оновлення й Славутич хоч й молоде місто, але потребує нових рішень. Цей розвиток лежить на перетині мистецтва, технологій та потреб сучасної людини. Славутич прагне стати ідеальним містом для науковців, програмістів, митців та активістів, які мають інноваційні ідеї розробляють їх у проекти. Ми не відмовляємося від міста енергетиків, енергійного міста, енергії міста. Ми дивимося на енергію під новим кутом. Місто потребує нової енергії. Нова енергія міста – це ідеї. Славутич – місто нових ідей.

Для місцевих жителів бренд є рушієм та мотиватором до змін та пошуку нових можливостей. Новий бренд несе емоцію, провокує до дії, привертає увагу, викликає інтерес і не залишає байдужим. Комунікує зі світом, описує ідентичність та унікальність цього міста. Славутич поступово стає магнітом для ініціативних, творчих, активних, інноваційних і цілеспрямованих людей з новими ідеями. Місто вже втілює ці слова в життя своїми діями і прагне стати платформою для реалізації ідей та ініціатив. У 2017 році опублікований брендбук міста та правила використання бренду, у 2019 році знятий та презентований промоційний ролик «Легко» [5].

Офісом підтримки громадських ініціатив КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради систематично, починаючи з 2017 року, проводяться зустрічі туристичного активу міста, де обговорюються поточні проблеми, ініціативи та робочі плани готельєрів, рестораторів, надавачів туристичних послуг, міських громадських організацій та інших інституцій, які опікуються туризмом. Зокрема, ГО «Туристичний кластер Славутич», що розпочала свою діяльність ще у 2001 році, щоразу презентує свої напрацювання у сфері чорнобильського туризму, а також виступила одним із головних ініціаторів проведення фестивалю для людей третього віку у Славутичі. ГО «ДоброСусіди», утворене у 2018 році, у 2019 році реалізувала проєкт «Школа гідів-волонтерів», що увійшов до Каталогу Мінмолодьспорту «Кращі практики молодіжної роботи в Україні» та дозволив підготувати гідів для запровадження авторських пішохідних екскурсій Славутичем.

Проблему нестачі інформування про туристичні можливості Славутича за його межами ми розпочали вирішувати одразу у кількох напрямках. Станом на 2017 рік у міста був відсутній єдиний мережевий ресурс з вичерпною інформацією для туристів, який міг би успішно просуватися у віртуальному просторі, конкуруючи з іншими дестинаціями. На офіційному вебпорталі КП «Агентство регіонального розвитку» Славутичської міської ради у розділі «Інвестору» була започаткована вебсторінка «Туристичні можливості», яка згодом отримала просту назву «Туристу». Завдяки підписаному Меморандуму про партнерство та співробітництво між Славутичською територіальною громадою, Любецькою та Михайло-Коцюбинською об'єднаними територіальними громадами на сайті також є інформація про туристичні можливості регіону [2].

Спеціалісти КП «Агентство регіонального розвитку» Славутичської міської ради неодноразово презентували туристичний потенціал Славутича під час різноманітних, зокрема і спеціалізованих, заходів (семінарах, конференціях тощо). Серед подібних заходів слід відзначити важливість та навіть історичну значущість для розвитку славутичського туризму проведений у межах Артрезиденції «Сюрреалізм у просторі постмодернізму Славутича», що реалізована нами завдяки програмі Уряду та Міністерства культури України «Малі міста – великі враження», тематичний семінар з розвитку туристичної Дестинації «Славутич – Чорнобиль». Як наслідок підписано меморандум про партнерство і співпрацю між КП «Агентство регіонального розвитку» та Громадською спілкою «Всеукраїнська асоціація гідів»; налагоджена плідна співпраця з ГО «Креативна Україна» щодо подальшого туристичного позиціонування Славутича; презентований та поширений буклет «Славутич – повернення до життя».

Вдалим презентаційним заходом також можна назвати дводенний промо-тур для гідів «Славутич – ЧАЕС за новими враженнями», коли 45 гідів та власників 15 провідних туристичних агентств і неурядових організацій, ЗМІ мали змогу побачити локальну індустрію туристичної гостинності. Промо-тур є наслідком довготривалої системної співпраці КП «АРР» з відділом міжнародного співробітництва та інформації ДСП ЧАЕС щодо організації візитів офіційних та інших делегацій.

Одним із важливих наслідків співпраці з департаментом економічного розвитку і торгівлі Київської обласної державної адміністрації, ефективної роботи спеціалістів КП «АРР» у тематичній підгрупі «Стратегування сфери туризму», фокус-групі «Туристичні продукти» є поява ґрунтовної інформації на порталі «Київщина туристична». Зокрема чи не найпопулярнішими є віртуальні 3D-тури – «Краєзнавчий музей міста Славутич та ЧАЕС» та «Саркофаг» над четвертим енергоблоком ЧАЕС (м. Прип'ять)».

Підсумком вищеписаної проведеної роботи та черговим викликом можна вважати доленосне рішення Славутицької міської ради, яким у грудні 2019 року створено Туристично-інформаційний центр (ТІЦ), який буде функціонувати у 2020 році як підрозділ у структурі департаменту стратегічного розвитку, промоції та туристичної гостинності КП «АРР». Сьогодні ми довели, що без ТІЦ місто «не чекає на туристів» й лише у 2020 році Славутич вперше бере на себе серйозні зобов'язання щодо досягнення позитивних результатів у туристичній сфері.

Наймоладше українське місто має сьогодні амбітний план стати кращою туристичною позначкою на карті Київщини. Для цього тут є все: готельно-ресторанні заклади, міський музей, Туристично-інформаційний центр, але, найголовніше, власне Славутич – унікальне місто з непересічною історією та архітектурою, комфортне та безпечне місто-резиденція для культурних, наукових та спортивних подій європейського рівня.

В умовах наростання посткарантинної світової кризи є три можливі напрями цієї роботи:

- *повноцінний розвиток онлайн-складової та діджиталізація локальної індустрії гостинності*, зокрема модернізація Краєзнавчого музею, оцифрування його архівів, запровадження інтерактивної складової та віртуальної реальності в експозиції музею; розробка сучасного туристичного вебресурсу «Visit Slavutych» трьома мовами та додатків до нього у вигляді телеграм-боту, а також сторінок в соціальних мережах; виготовлення простої, невитратної навігації у вигляді туристичних кьюаркодів;

- *формування туристичного іміджу та позиціонування Славутича як нової безпечної позначки на карті внутрішнього туризму*, зокрема пошук «родзинок» (нових туристичних рішень,

продуктів, маршрутів), які можна запропонувати як туристу, так й креативному бізнесу та інвесторам туристичної сфери; підготовка мобільної експозиції до участі в майбутніх професійних виставках та організація навчання професійних гідів;

- *промоція та оптимальна маркетингова політика лише в трьох сферах – спортивний, культурний та екстремальний туризм.* На фоні постійних повідомлень від організаторів весняних і літніх українських фестивалів про перенесення дат або навіть скасування заходів, Славутич уже сьогодні має запропонувати чіткий план культурних заходів на осінь 2020 року та 2021 рік, щоб визначитися із їх фінансуванням та доцільністю, а також привабити та дати надію на краще, відчуття визначеності та безпеки потенційному туристу.

### **Список використаної літератури**

1. Внутрішній туризм в Україні: перешкоди і перспективи [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://www.mediaport.ua/vnutrishniy-turizm-v-ukrayini-pereshkodi-i-perspektivi>. – 26.09.2019. – Назва з екрану.

2. Інвестиційний портал «Славутич-Чернігівський регіон» [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://investslavutyich.arr.in.ua/>. – 20.03.2020. – Назва з екрану.

3. Коронавірус: скільки втрачає туризм [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-51870285>. – 16.03.2020. – Назва з екрану.

4. Програма розвитку муніципального туризму Славутицького регіону на 2020 рік, затверджена рішенням Славутицької міської ради 23.12.2019№ 1675-64-VII [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: [http://deputat.slav.gov.ua/\\_layouts/public/Decisions.aspx](http://deputat.slav.gov.ua/_layouts/public/Decisions.aspx). – 02.01.2020. – Назва з екрану.

5. Славутич – місто нових ідей [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://arr.in.ua/rozvitok-gromadi/>. – 20.03.2020. – Назва з екрану.

6. Туризм в умовах коронавірусу: чи є шанси на відпустку в недалекому майбутньому [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://www.unian.ua/tourism/lifehacking/10912049-turizm-v-umovah-koronavirusu-chi-ye-shansi-na-vidpustku-v-nedalekomu-maybutnomu.html>. – 12.03.2020. – Назва з екрану.

## **ПЕРЕВЕДЕННЯ ПАЛИВОВІСНИХ МАТЕРІАЛІВ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» В КОНТРОЛЬОВАНИЙ СТАН**

*Стельмах Дмитро Анатолійович,  
державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС»,  
м. Славутич, stelmakh@chnpp.gov.ua*

*Шумилова Людмила Євгенівна,  
державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС»,  
м. Славутич, shumilova@chnpp.gov.ua*

Одним з головних завдань діяльності державного спеціалізованого підприємства «Чорнобильська АЕС» залишається перетворення об'єкту «Укриття» на екологічно-безпечну систему.

У 2019 році введено в дослідно-промислову експлуатацію новий безпечний конфайнмент (НБК). Цей проект було реалізовано в рамках «Плана здійснення заходів на об'єкті «Укриття» (ПЗУ), який був прийнятий на засіданні Великої сімки у 1997 році. НБК на 100 років має забезпечити надійну ізоляцію об'єкта «Укриття» від довкілля.

Найбільшу загрозу в об'єкті «Укриття» становлять паливовмісні матеріали (ПВМ). Прийняття остаточного рішення в рамках ПЗУ (задача 19) щодо Стратегії поводження з ПВМ та радіоактивними відходами відкладено на невизначений час у зв'язку з першочерговим пріоритетом фінансування будівництва НБК. Фактично, прийняття рішення було винесено за рамки ПЗУ.

Тому головним завданням у наступні роки буде виконання техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) з метою всебічного дослідження та оцінки всіх можливих варіантів поводження з ПВМ та РАВ ОУ. Пошук та обґрунтування найбільш оптимального варіанту поводження з ПВМ ОУ дозволить також визначити доцільність, терміни та вартість його реалізації.

Статтею 6 Закону України «Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблока цієї АЕС на екологічно безпечну систему» передбачено, що «однією з цілей щодо перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему є вилучення з нього матеріалів, які містять ядерне паливо, та радіоактивних відходів. При цьому до вилучення матеріалів, які містять ядерне паливо, та радіоактивних відходів з об'єкта

«Укриття» забезпечується переведення їх у контрольований стан».

Згідно Стратегії перетворення ОУ, контрольований стан ПВМ – це стан, в якому забезпечується встановлена нормативними документами підкритичність ПВМ, а також можливість підтримки показників безпеки ПВМ на встановленому рівні шляхом кондиціонування, або створення додаткових інженерних бар'єрів.

Виходячи з цього визначення, показники безпеки ПВМ повинні враховувати не тільки стан ПВМ, але й вихід радіоактивних речовин та іонізуючих випромінювань за встановлені межі, стан споруди, яка локалізує та наявних захисних бар'єрів.

Для розробки ТЕО, на підставі якого буде прийнята Стратегія поводження з ПВМ, потрібний як кількісний, так і якісний обсяг достовірних вихідних даних.

В рамках науково-технічного супроводу в 2018 році розроблена Програма моніторингу ПВМ ОУ. Програма передбачає впровадження організаційно-технічних заходів щодо моніторингу ПВМ ОУ для поточної оцінки їх стану та прогнозування довгострокової поведінки ПВМ (радіаційні вимірювання, спостереження за повітряними потоками і радіоактивними аерозолями об'єкта «Укриття», відбір і аналіз проб води і т.п.).

При цьому, вже в 2017-2018 роках виконувалася науково-дослідна робота з метою:

- контролю динаміки нейтронної активності і температури ПВМ в процесі зміни температурно-вологісного режиму ОУ в умовах НБК;
- дослідження впливу зміни стану ПВМ на динаміку їх деградації;
- дослідження радіоактивних аерозолів, включаючи радіонуклідний та дисперсний склад, поблизу скупчень ПВМ;
- оцінки зміни радіонуклідного і елементного складу водних скупчень і донних відкладень поблизу скупчень ПВМ після насування Арки НБК та інш.

У продовж найближчих трьох років буде напрацьований достатній обсяг даних про стан і поведінку ПВМ, які разом з вже накопиченими знаннями стануть науковим підґрунтям розробки ТЕО та подальшої розробки Стратегії поводження з ПВМ і РАВ на шляху перетворення ОУ в екологічну безпечну систему.

# **SIMULATION OF THE DISSEMINATION OF CYBER ATTACKS IN A DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM**

*Inna Stetsenko<sup>1</sup>, Igor Skiter<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, stiv.inna@gmail.com*

*<sup>2</sup>Chernihiv National University of Technology, skiteris@ukr.net*

## **Annotations**

The issue of information security is extremely relevant in connection with the increasing number of cyber crimes and the extent of damage, caused by attacks directed in government and financial institutions, energy system objects and high-risk objects. Research of cybercrimes gradually moves from the state of accumulation to the state of system processing of the accumulated information and development of methods for its use to prevent the spread off attacks, an audit of information systems, increase the level of security of corporate networks (CN).

Perform cyber attack research in real conditions, i.e. artificially distributing harmful software in a certain scenario is too expensive, and in conditions, almost unlimited distribution in cyberspace is impossible at all. Therefore, the development of models on which researches can work out the implementation of cyber attacks on CN is an important task.

Cyber attack models are used to assess the level of threat in a in the case of one or another type of attack, analysis of the security of the information system, as well as to determine the impact of certain countermeasures on the course of the attack. For attacks modeling use attack trees, that are used to provide a notion of a successful sequence of intruder steps [1]. In work [2] the simulation is performed on the basis of the graph and the attack tree. According to the simulation results, a security analysis is performed. However, such models do not allow investigating the dynamics of the attack, do not take into the security system, and do not give an opportunity to evaluate the impact of the time characteristics of the elements of the attack. The analytical methods that used to detect intrusions in computer networks are discussed in [3]. The mathematical model of

DoS / DDoS / DRDoS attacks based on the network structure for assessing the threat of attack is proposed in [4]. Simulation methods for attack generation are used to simulate them [5]. The system of visual control of vulnerabilities of CN is proposed in [6].

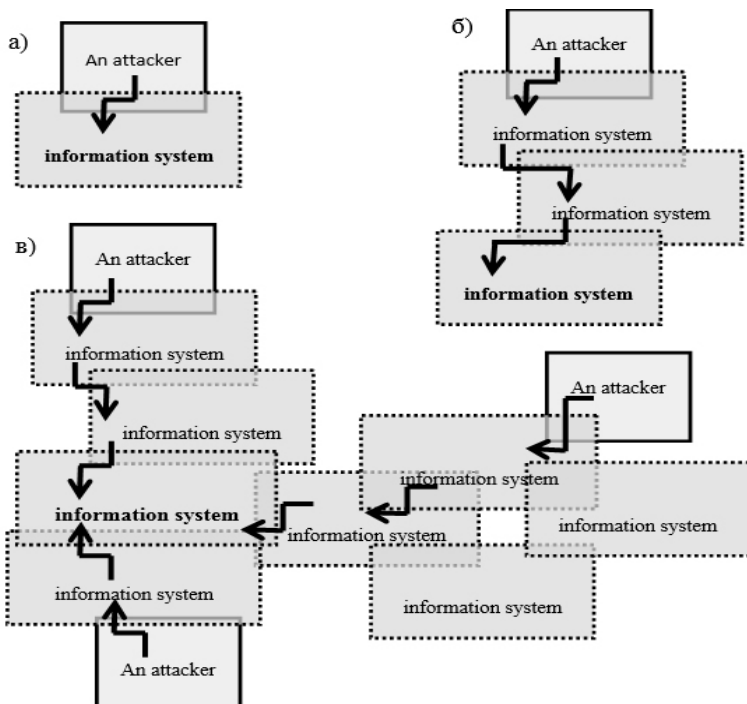
Framework Cyber Attack Modeling and Impact Assessment Component (CAMIAC) which implements a few techniques for attack graph building and analysis is represented in [7]. Modeling methods to simulate the expected behavior, in particular the consequences of using cyber attacks on decision making, are explored in [8]. Based on imitation of threats and countermeasures or simulation of the results of cyber attacks, the behavior of people is determined and how it favors further decision-making.

### **Construction of the Petri-object simulation model for the dissemination of cyber attacks on the information system**

Construction of the Petri-object model of the propagation of cyber attacks in the CN will be considered, gradually increased the complexity of the model (fig. 1). At the first stage, the interaction between the attacker and the information system, which is the purpose of his attack, is determined. Such interaction occurs only when the attacker has access to the computing resource that directly related to the information system. The attack can be successful or not, depending on security measures and vulnerabilities that are provided in the system and can be repeated with a certain periodicity. When the goal is achieved, i.e. the damage to the control system, the attacker's actions are stopped. The simulation results determine the time it takes to break the system, with different attack parameters and systems.

At the second stage, the model can be expanded by enabling it to attacker interaction with other systems, through which he can get reach the system that is his purpose. The attack takes place in several stages, each of which the attacker enters the computing resources of the information system with the purpose to get access to another information system. When reaching the information system that is the goal of the search, the search of available computing resources is stopped and the attacker is trying to damage selected resources.





*Fig. 1. The complexity of the model: a) one intruder - one IS; b) one intruder - several ISs; c) several intruders - several ISs*

At the third stage in the model, the interaction of several attackers can be considered simultaneously in a consistent scenario.

1. Model of the dissemination of damage, caused by an attack on (protected) computing resources of a single-server CN

The simplest distributed system consists of personal computers, file server and web server. Access to the web server takes place after authorization and successful passage of the firewall. The monitoring system involves the pilot launch of the test package. With its successful launch, a decision is taken on the system's ability to operate, otherwise, about its damage.

The action of the attacker, who attacks a CN, can generally be described in this way. He sends a malicious program that works in the presence of a certain set of vulnerabilities in the system and

causes damage (full or partial) of computing or/and information resources of the system. Otherwise, the attack is not successful. If the goal of the attacker is not reached then with a certain periodicity, he again chooses the malicious program to attack and sends it. Malware has a variety of vulnerabilities that are required to handle them and the set of damages that they cause. In addition to users with malicious intent, the CN executes tasks coming from ordinary users. In the event of damage to the system, users report this to the administrator.

According to the results of the system simulation, the average time for which system resources will be damaged for the given intensity of attacks, as well as the percentage of system operating time, due to its means of protection and the intensity of recovery, should be set.

To construct the model, Petri-object technology [9] and the DESS (Discrete Event Simulation System) software, which automates the development of Petri networks based on a graphical editor [10], are used. The structure of the Petri-object model is shown in figure 3. A user sends packets (Packet) that are executed using the computing resources of the IS (System). If the user notices the excessive duration of the request, he sends an alarm to the administrator (Admin). A malicious user (Attack) sends packets (Packet) that exploit system (System) vulnerabilities (Malware) to attack malicious software.

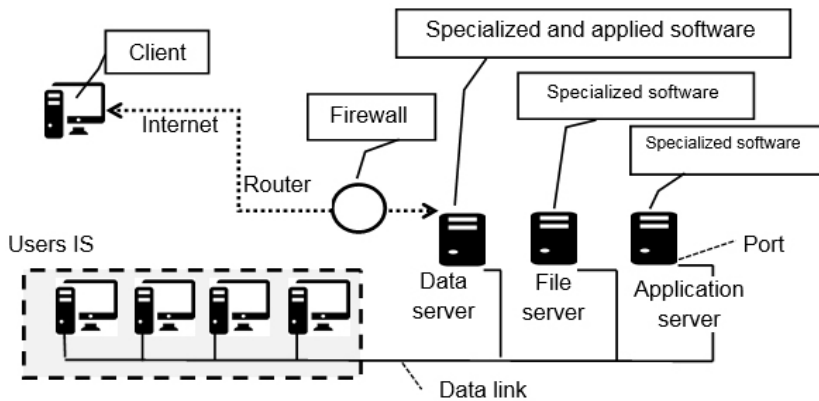


Fig. 2. The architecture of the client-server system

In accordance with the functionality of the system, we establish the interconnection of objects among themselves.

Ordinary packets pass through the firewall, authorization, access to the web server, then to the file server and run by the operating system of the personal computer. Types of packages may vary depending on the need to use one or another set of computing resources of the system. Let's match each event of the packet in system and Petri network transfers. After that, by setting the events execution conditions, we add the Petri network positions and connect them with the corresponding events. Therefore, we will get the Petri network, shown in figure 4.

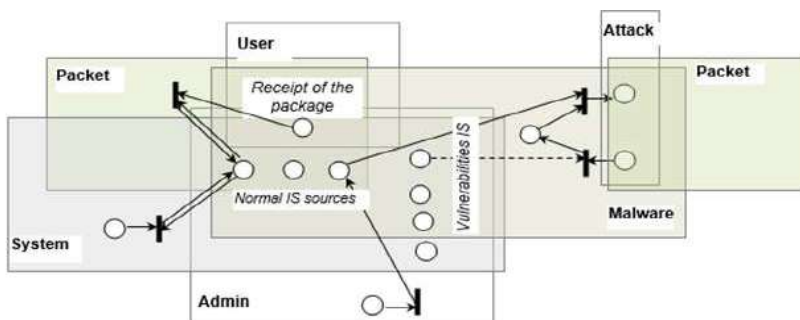


Fig. 3. Structure of the Petri-object model of CN

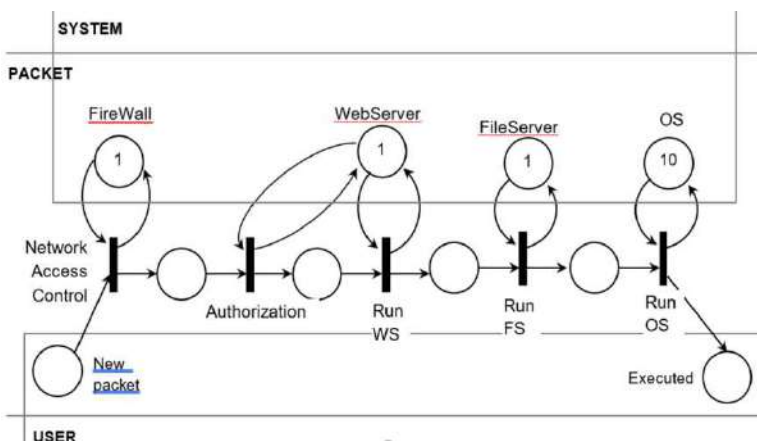


Fig.4. Petri-object Packet

Malicious software passes the same stages, but with the presence of appropriate vulnerabilities in the system. When a malicious software launches successfully, the process continues due to damage to the operating system, file server, and web server. According to this sequence of events creates Petri's network of this Petri-object (fig. 5). The penetration of the malware into the system occurs because of the vulnerability of the CN, therefore, the connection of the object of the class Malware with the object of the class System is through the appropriate joint positions.

Depending to malware type, a set of needed vulnerabilities and set of causing damages may vary. The "damage" event of computing system resource can be detailed taking into account their partial or complete damage and resource restore process (fig. 6). After restore process finish, resource becomes workable, because an attack is recognized as successful, and information system is hacked.

A malware penetration into a system causes by joining the Malware class object and the System class object (fig.7) by the same vulnerabilities.

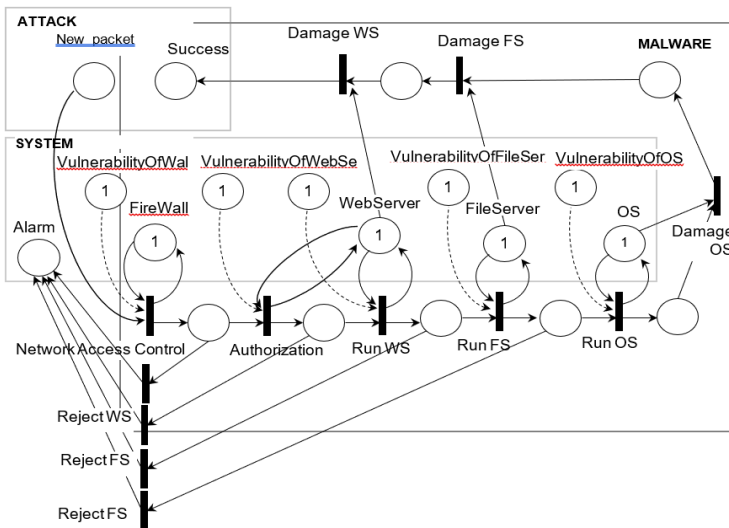


Fig. 5. Petri-object Malware

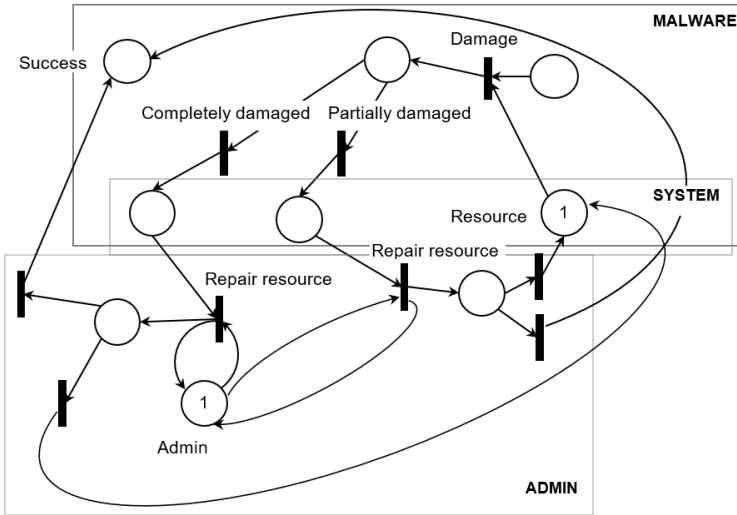


Fig. 6. Detailing of computing resource damage

An information system object (System) only contains positions that describe the states of computing resources. The workstations are user computers. A description of these positions is presented above while describing objects with the same positions

A firewall, web-server and file-server are common for IS workstations, so a damage one of them causes crash of each workstation that uses them. After joining the several System objects by common resources such as web-server and firewall, we can get the Computing cluster object. File-server damage causes termination of processing files for each workstation (users) that uses this object. A damage of web-server works by the same way. The CN with a lot of servers has especial servers that work as router. An each router connected to several clusters that connected to other routers. File-server damage causes termination of processing files for each workstation (users) that uses this object. A damage of web-server works by the same way. A user sends task packages to information system. If violations are occurred while system working, user sends alarm message to administrator.

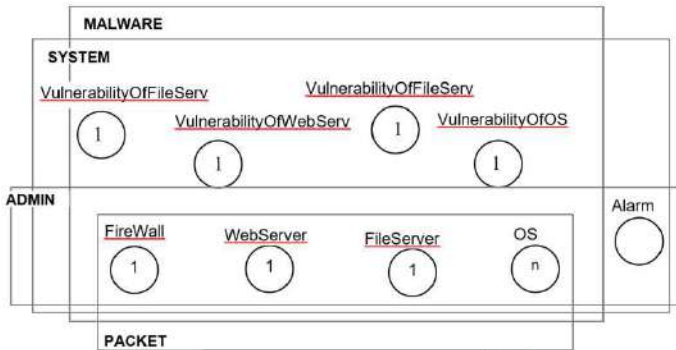


Fig. 7. Petri-object System

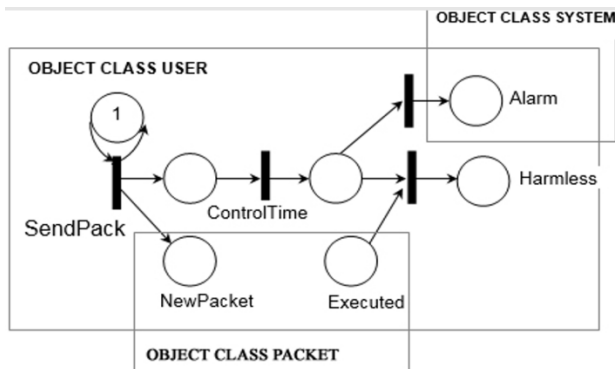


Fig. 8. Petri-object User

After joining the several System objects by common resources such as web-server and firewall, we can get the Computing cluster object. A hacker makes attack by repeating the malware launch until its success incoming into the system (figure 9). In the simple case the launch of one malware is repeating, but in the general case hacker launches one or more malwares by specific scenario. This scenario can be restored by joining in correct order Attack objects.

According to the results of system modeling is determined the average time for which the system resources will be damaged for a given intensity of attacks, and the percentage of the system's working time, conditioned by protection methods and the recovery intensity.

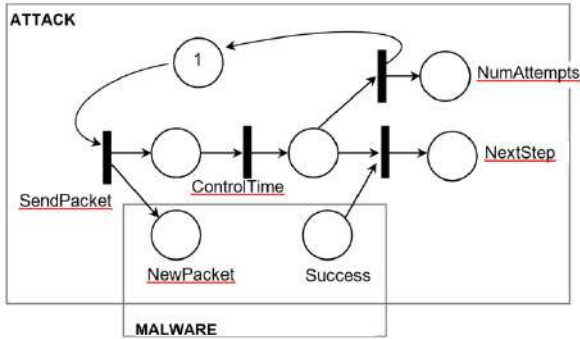


Fig. 9. Petri-object Attack

The administrator periodically checks the system operability (fig. 10). When the damage is detected, the administrator restores the system operability for a certain time (possibly too large). According to the results of analysis damages, the administrator can block the access of the user who violated his access rights (used the vulnerabilities of the system) to the system resources.

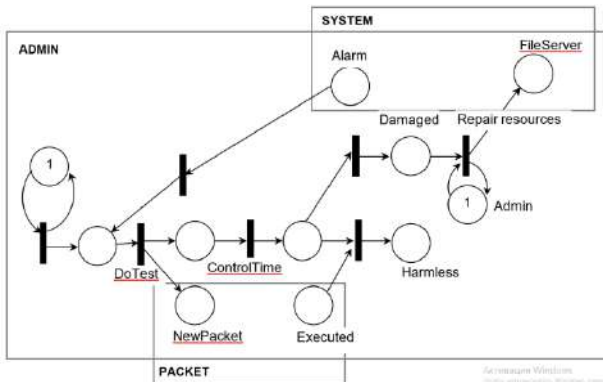


Fig. 10. Petri-object Admin

The information system model is created as follows:

1. Object Information System is created.
2. For each user, a Packet object is created and connected to the object System. For each task stream, a User object is created and connected to its object Packet.

3. For the administrator, also is created object Packet, which is connected with object System. Object Admin is created and connected with its own object Packet.

4. For each attack a malware object is created. Object Attack is created and connected to its object Malware. Intrusion into the system is connected to the resources of the corresponding object System.

5. All created objects are added to the Petri-objects list.

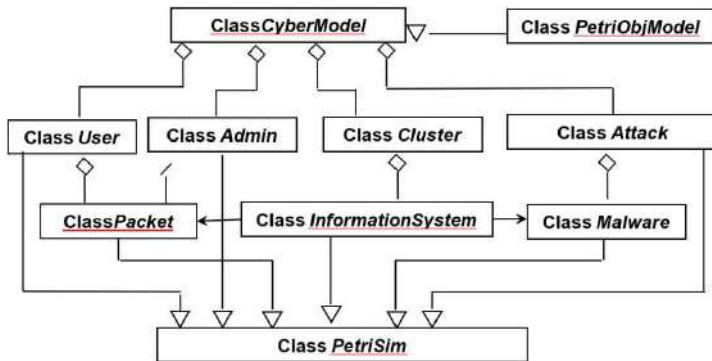
6. The list of Petri objects is transmitted to the constructor of the Petri-object model and the simulation is launched for a given time interval.

According to the results of simulation modeling, the output characteristics of the information system model are determined under the influence of cyber attacks:

- functioning capacity of information system resources;
- average processing time of user request;
- the average time for which the system resources go into a partially damaged state for a given intensity of attacks;
- the average time for which the system resources go into a completely damaged state for a given intensity of attacks;
- percentage of unprocessed user requests through system insecurity.

The computational cluster will be obtained by grouping the object Information System and connecting them with common computational resources firewall, web and file server.

Object-oriented structure of the damage propagation model caused by the attack on the computing resources of the distributed information system is presented in figure 11.

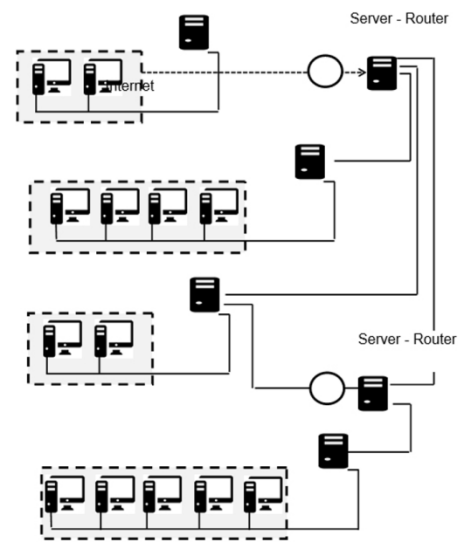


*Fig. 11. Object-oriented structure of the distribution of damage propagation model caused by the attack on the CN resources*



## 2. Damage propagation model caused by the attack on (protected) computing resources of a multi-server CN

In CN with many servers, individual servers act as routers. Each router is connected to several clusters, which are connected to other routers (fig. 12). The computer trespasser develops an attack scenario, taking into account all available clusters. The scenario of the attack involves several stages – exploration (determine the network topology), determine the object of attack (information system) with the necessary vulnerabilities, invasion to the system, make decision of further actions, etc. until the target of the attack is reached.



*Fig. 12. Multi-server KM architecture*

## Conclusions

Thus, the formalized model of a cyber attack in the form of a Petri-object model is considered. The simulation model of the cyber attack of distributed information system is constructed with such details as the available vulnerabilities of the information system, the time characteristics of query processing, the probable characteristics of the security system, the individual characteristics of the computer trespasser (a set of used malware, skills, limited time spent on repeated launches).

Models of cyber attacks are an important tool for examining the impact of a protection system on the attack propagation time.

### References

1. P. Wang, J. Liu Threat Analysis of Cyber Attacks with Attack Tree+ // *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*. – Vol. 5, N. 4. - 2014. – P.778-788.
2. Hariri, S., Qu, G., Dharmagadda T., Ramkishore M., Raghavendra C.S.: Impact Analysis of Faults and Attacks in Large-Scale Networks. (*IEEE*) *Security and Privacy* 1, pp. 49-54 (2003)
3. Литвинов В.В. Аналіз систем та методів виявлення несанкціонованих вторгнень у комп'ютерні мережі / В.В. Литвинов, Н. Стоянов, І.С. Скітер, О.В. Трунова, А.Г. Гребенник // *Математичні машини і системи*. – 2018. – № 1. – С. 31-40.
4. Karpinsky M., Yatsykovska U., Balyk A., Aleksander M. Computer networks service denial attacks. *Academic Journal of Lviv Polytechnic. Series of Computer Systems and Networks* 806, pp. 94-99 (2014) Bryan K. Fite Simulating cyber operations: A Cyber Security Training Framework // The SANS Institute, 2014 – 36 p.
5. Bryan K. Fite Simulating cyber operations: A Cyber Security Training Framework // The SANS Institute, 2014 – 36 p.
6. SkyBox Security [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.skyboxsecurity.com/solutions/attack-simulation>
7. Kotenko, I., Chechulin, A.: A Cyber Attack Modeling and Impact Assessment Framework. In: K. Podins, J. Stinissen, M. Maybaum (eds.) 5th International Conference on Cyber Conflict 2013, NATO CCD COE Publications, Tallinn, pp. 1-24 (2013).
8. Cayirci E., Ghergherehchi, R.: Modeling cyber tacks and their effects on decision process. In: S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu (eds.) Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, pp.1-10 (2011).
9. I.V. Stetsenko, “Theoretical basis of Petri-object simulation,” *Mathematical Machines and Systems*, no. 4, 2011, pp.135-150 (in Russian).
10. I.V. Stetsenko, V. Dorosh, A. Dyfuchyn “Petri-Object Simulation: Software Package and Complexity,” Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015), Warsaw (Poland), 2015, pp. 381-385.

## ОБ'ЄКТОВА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЦСВЯП. ВЗАЄМОДІЯ З АСРК ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ

*Тарасенко В.А.  
Корпорація «Укратомприлад», Україна, Київ,  
techno@uap.kiev.ua*

*Контроль радіаційної обстановки в місці розташування радіаційно-небезпечних об'єктів. Взаємодія та обмін даними систем контролю радіаційної обстановки в Чорнобильській зоні з метою підвищення об'єктивності контролю та достовірності прогнозування обстановки в різних ситуаціях.*

Об'єктові системи радіаційного контролю (СРК) призначені для отримання і обробки інформації про параметри, що характеризують радіаційний стан об'єкта і навколишнього середовища при всіх режимах його роботи, включаючи припинення експлуатації.

Об'єктові СРК є комплекс технічних засобів і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення норм радіаційної безпеки з метою:

- контролю стану захисних бар'єрів;
- неперевищення встановлених лімітів доз;
- нерозповсюдження радіоактивних забруднень;
- контролю стану навколишнього середовища.

Автоматизована Система Радіаційного Контролю (АСРК) ЦСВЯП була спроектована з урахуванням особливостей об'єкта і місця його розташування.

АСРК ЦСВЯП здійснює збір, обробку та подання інформації про радіаційну обстановку в приміщеннях будівлі приймання ЦСВЯП, на майданчику зберігання контейнерів і на проммайданчику ЦСВЯП, про радіаційні технологічні параметри, доз опромінення персоналу, про величину газоаерозольних викидів в навколишнє середовище. Відповідно до НП 306.2.105-2004 АСРК ЦСВЯП відноситься до системи, важливою для безпеки СВБ.

В основу проекту СРК покладено такі проектні рішення:

система спроектована з використанням елементів високої надійності і оптимальною побудовою структури;

система має можливість виявлення несправностей при роботі шляхом діагностики, перевірки і періодичних випробувань апаратури.

Для підвищення надійності АСРК ЦСВЯП і забезпечення резервування каналу прийому-передачі інформації, дані з нижнього рівня надходять одночасно на обидва сервера збору і обробки даних верхнього рівня (основний і резервний), які приймають і обробляють інформацію паралельно та незалежно один від одного, що дозволить, в разі виходу з ладу основного сервера, продовжити функціонування системи. Нижній рівень АСРК складається з комплексу технічних засобів для організації збору, обробки та передачі інформації на верхній рівень.

Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє здійснювати простий, надійний доступ до накопичених даних, а також їхню наочну візуалізацію, чіткий аналіз і документування.

З огляду на місце розташування майданчика ЦСВЯП у Чорнобильській зоні АСРК ЦСВЯП здійснює обмін даними з Комплексною Системою Радіаційного Моніторингу і Раннього Попередження (КСРМіРП) Чорнобильської зони відчуження.

КСРМіРП об'єднує мережу з автоматизованих постів контролю, які безперервно здійснюють моніторинг навколишнього середовища і передають отримані дані за допомогою радіоканалу, використання якого найбільш доцільно на території Чорнобильської зони відчуження, яка не містить розвиненої інфраструктури провідного зв'язку.

Загальна площа покриття мережі КСРМіРП складає більше 2000 км<sup>2</sup>.

Програмне забезпечення КСРМіРП на основі зібраних даних в режимі on-line відображає поточну радіаційну ситуацію, та, використовуючи модель Лагранжа, аналізує дані з радіоактивності і метеопараметрів, надає прогностичні розрахунки напрямку та розмірів зони радіоактивного забруднення з визначенням кількісних та якісних характеристик через певні проміжки часу.

Від АСРК ЦСВЯП в існуючу КСРМіРП зони відчуження будуть передаватися такі параметри, що характеризують

радіаційну обстановку на майданчику:

потужність дози гамма-випромінювання;

об'ємна активність аерозолів;

метеопараметри.

Передача даних від АСРК ЦСВЯП в КСРМіРП збільшить кількість точок контролю, дозволить оцінити вплив ЦСВЯП на радіаційну обстановку Чорнобильської зони і підвищить достовірність прогнозування доз опромінення і радіаційної обстановки навколо ЧАЕС, Чорнобильській зоні відчуження та за її межами.

## ДЕМОКРАТІЯ УЧАСТІ ТА ІНСТРУМЕНТИ ВІПРОВАДЖЕННЯ НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ

Фомічев Юрій,  
міський голова м.Славутич  
Україна, м.Славутич, fomichev\_yuriy@ukr.net

*The support of public initiatives demonstrates the openness and readiness of the authorities of the city of Slavutich to dialogue, is a step for forming trust between the community and the city authorities. Combining the resources of state and public organizations allows to produce initiatives to improve the life of the city, effectively solve problems community thanks to the opened in 2017 Office for Support of Public Initiatives in Slavutych.*

Keywords: *Office of Support for Community Initiatives, participatory democracy, experience of Slavutych.*

**Що таке демократія участі: визначення, суть.** Демократія участі (інакше: демократія співучасті, партисипативна, демократія) – це такий вид демократії, який передбачає безпосередню участь членів територіальної громади в управлінні громадою (або: громадян – в управлінні державою), тобто у процесах підготовки, ухвалення управлінських рішень та контролю їх реалізації.

Головною відмінною ознакою демократії участі є те, що участь особи в суспільних процесах має бути саме безпосередньою, тобто член громади (громадянин) бере участь в управлінні громадою (державою) не через когось (іншу уповноважену особу чи орган), а сам особисто через відповідні механізми участі. Існує чітка межа між демократією участі та представницькою демократією, коли громадяни через свою участь у виборах комусь (особі чи органу) делегують повноваження здійснювати управління від їх імені. Розвиток механізмів демократії участі фактично є визнанням недостатності механізмів представницької демократії, потреби їх доповнення та розширення з метою кращого врахування інтересів кожного члена громади. Разом з тим, демократія участі не може і не повинна підмінювати представницьку демократію – ефективне управління можливе лише за умови збалансованого поєднання цих

двох видів демократичних механізмів. Демократія участі заснована на громадській участі, тобто на участі громадян (членів територіальної громади) у справах громади.

Об'єктивною причиною прагнення громадян до участі у житті громади є те, що громадяни мають власні та спільні інтереси, реалізація яких інколи утруднена чи неможлива без такої участі. Наявність інтересів породжує бажання впливати на владу, а для реалізації цього бажання потрібні відповідні механізми. З іншого боку, вже сама природа місцевого самоврядування передбачає участь членів громади в управлінні. Місцеве самоврядування є цілком особливою владою, вповноваженою одночасно і державою, і місцевою громадою: органи місцевого самоврядування мають автономність у розв'язанні місцевих проблем, однак при цьому діють виключно у рамках загальнодержавних законів. За результати своєї діяльності вони відповідають як перед громадою, так і перед державою. Таким чином, залежність місцевого самоврядування від громади, а отже від кожного члена громади є природною, безпосередньою. Як наслідок, цілком природною є участь громадян у місцевому самоврядуванні.

Обмеження та недоліки:

- можлива лише у межах невеликих територіальних спільнот;
- є ризик ухвалення некомпетентних рішень;
- об'єктивні технічні проблеми із забезпеченням масової (всезагальної) участі, насамперед у великих громадах.

Непоодинокими є випадки використання механізмів демократії участі з метою легітимізації владних рішень. Це найчастіше буває тоді, коли влада не має наміру слухати громаду, однак за процедурою мусить чи провести консультації з громадськістю, чи публічно відзвітувати. Поширеною є практика, коли влада заздалегідь ділить інститути громадянського суспільства на «свої» та «чужі», забезпечує собі дружнє оточення й, у підсумку, підтримку усіх своїх дій з боку такої «рафінованої» громадськості. У підсумку нинішня палітра громадської участі є дуже розмаїтою, містить як справжні, так і цілком штучні, неправдиві елементи. На практиці їх зазвичай досить важко відрізнити, а ще важче довести справжність тих чи інших проявів демократії участі, чи навпаки – викрити

маніпуляції та брехню. Як наслідок – у нинішніх умовах дуже складно скласти правильне уявлення про дійсний рівень розвитку громадянського суспільства та про активність й результативність громадянської участі

**Механізми демократії участі.** Законом врегульовані лише загальні норми і лише для деяких механізмів участі. Цього замало для їх практичного запровадження у громаді. Необхідно на рівні громади врегулювати порядок (правила та процедури) реалізації механізмів участі, і зробити це якомога чіткіше та ретельніше. Таке врегулювання доцільно здійснити стосовно усіх механізмів – як тих, що визначені законом, так і інших, які не суперечать закону. Як і у яких нормативних документах слід врегулювати механізми участі Порядок реалізації механізмів участі можна врегулювати через окремі положення, однак краще це зробити у головному документі територіальної громади – Статуті. Статут територіальної громади статтею 19 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» визначений як документ, що приймається місцевою радою з метою врахування історичних, національно-культурних, соціально-економічних та інших особливостей здійснення місцевого самоврядування. Разом з тим, закон встановлює, що Статут «може бути прийнятий», тобто законодавець не визначив обов'язковості наявності Статуту для громади. Також закон нічого не говорить про структуру та зміст Статуту. Можна дискутувати щодо виправданості саме такого підходу, однак слід визнати, що саме із необов'язковістю Статуту пов'язана ціла низка проблем, які виникають у ході практичного застосування норм згаданого закону. А отже, щоби спонукати кожна громаду до розроблення та ухвалення Статуту, не залишається нічого іншого, окрім як ґрунтовно аргументувати доцільність, необхідність та важливість цього документа як для громади, так і для місцевої ради. У багатьох населених пунктах наразі вже накопичено суттєвий практичний досвід запровадження Статуту як основного нормативного документа громади.

#### **Окремі механізми участі. Приклад Славутича.**

*Громадські слухання* – найбільш поширений механізм місцевої демократії у більшості демократичних країн. Наприклад, у США важко уявити собі розгляд будь-якого



питання, що стосується використання території громади, запровадження нових правил щодо забудови чи благоустрою, співпраці між громадами без попереднього обговорення цього питання на громадських слуханнях. Адже громадські слухання – це в першу чергу діалог між місцевою владою та самою громадою. Саме діалог формує довіру громади до влади та стримує владу від необдуманих рішень.

*Загальні збори громадян.* Попри свою зовнішню подібність до громадських слухань (в обох випадках маємо одну й ту ж організаційну форму – збори), загальні збори громадян за місцем проживання є суттєво відмінним інструментом. Порядок підготовки, проведення та правові наслідки громадських слухань і загальних зборів є різними і це треба враховувати.

*Місцеві ініціативи.* Місцевою ініціативою є право територіальної громади безпосередньо внести на розгляд міської ради проект рішення з будь-якого питання, що належить до компетенції міської ради.

Механізм місцевої ініціативи – один з найбільш дієвих механізмів впливу громадян на місцеву раду. Суть механізму полягає у тому, що ініціативна група фактично самостійно готує проект рішення ради з певного питання і подає його у визначеному порядку на розгляд органу місцевого самоврядування.

З метою реалізації місцевих ініціатив у місті Славутичі в 2017 році було створено **Офіс підтримки громадських ініціатив**. Команда Офісу працює як підрозділ департаменту стратегічного розвитку та підтримки підприємництва КП «Агентство регіонального розвитку», крім того волонтерами проекту є члени громадської ради при виконавчому комітеті міста та міських громадських організацій.

*Завданням Офісу* є створення організаційно-технічних умов для роботи постійно діючих громадських експертних груп (освіта, медицина, комунальне господарство). Тут мають підтримуватися будь-які громадські ініціативи.

Після серії презентаційних заходів змісту проекту, що були на засіданнях Славутицької міської ради та її виконавчого комітету, громадської ради з розвитку міста та громадської ради виконкому, у травні 2017 року пройшла стратегічна сесія «Офіс

для кожного» для громадськості міста. Захід пройшов за участю експертів проекту Айве Певкур з Естонії та Тетяни Василевської з України, міського голови Юрія Фомічева та представників громадських організацій, громадських активістів, працівників міських організацій та установ. Модератором сесії виступила директор КП «Агентство регіонального розвитку» Арина Старовойтова. Озвучені думки та ініціативи громадських активістів щодо майбутньої роботи та пріоритетних завдань Офісу були узагальнені у план роботи Офісу, що наразі активно впроваджується у життя.

*Навчальні та просвітницькі заходи Офісу.* В Офісі проводяться семінари-тренінги для учнів-членів міських дитячих громадських організацій, де славутицькі школярі висловлюють свої думки щодо Кодексу етики, міркують про основні правила співіснування жителів міста. Зустрічі проходять в дружньому колі, у формі гри із солодощами та соком. Подібні заходи для славутицьких дітлахів проводяться у співпраці із закладами освіти та культури міста.

Проходять також семінари для різних категорій громадськості, де за допомогою інтерактивних методів та практичних завдань-вправ вдається почути думки кожного з учасників, а лише у 2017 році загальна кількість учасників тренінгів була більше 150 осіб.

Крім навчальних тренінгів проходять також й просвітницькі заходи для славутичан. Круглий стіл на тему «Кодекс етики для поліпшення відкритості влади» модерував керівник Офісу реформ у Київській області, депутат Київської обласної ради, мер міста Славутича у 1990 - 2015 роках Володимир Удовиченко.

Актуальну тему було обговорено на зустрічі «Гендерна рівність та взаємоповага для поліпшення діючих етичних стандартів у місцевій громаді», модератором якої виступив директор Соціально-психологічного центру м.Славутича Віктор Одиниця. Крім корисної та цікавої інформації про особливості забезпечення принципу гендерної рівності для поліпшення діючих етичних стандартів, учасники обговорили ще кілька актуальних питань – чи є можливості для реалізації місцевих ініціатив в місті Славутичі? якою є відповідальність

представників місцевого самоврядування? якою є роль жінок у суспільстві та як залучити їх до процесу управління? Розмова вийшла жвавою та корисною.

*Громадські експерти Офісу.* В рамках заходів проекту створені постійно діючі громадські експертні групи за напрямами діяльності «Освіта», «Медицина», «Комунальне господарство». Експертні групи діятимуть як консультативно-дорадчий орган для доведення думки громадськості до органів влади з актуальних питань, здійснюватимуть громадський контроль за виконанням етичних норм, сприятимуть конструктивному діалогу влади і громади. Робочі засідання вказаних експертних груп будуть проводитися в приміщенні Офісу підтримки громадських ініціатив у відповідності до затвердженого плану.

*Офіс для кожного!* Серед основних досягненнями відкриття Офісу наступні:

- відкритий Офіс підтримки працює як окремий підрозділ департаменту стратегічного розвитку та підтримки підприємництва Комунального підприємства «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради. Створені комфортні умови для проведення навчальних, консультативних, інформаційних та інших заходів для громадських організацій та активістів. Роботу Офісу підтримки забезпечують два консультанти, які працевлаштовані та працюють на постійній основі;

- створено організаційно-технічні умови для роботи постійно діючих громадських експертних груп з питань освіти, медицини, комунального господарства щодо виконання етичних норм і контролю діючих етичних стандартів;

- створена навчальна програма «Дотримуємося Кодексу етики», проведені навчальні, консультативні та інші заходи;

- на постійній основі надається інформаційно-методична допомога відвідувачам Офісу підтримки, поширені інформаційно-просвітницькі матеріали;

- досвід міста Славутича презентований громадам Чернігівського та Київського регіону (смт Любеч, смт Ріпки, смт Немішаєво, м.Українка, смт Михайло-Коцюбинське), а також громаді с. Нетечинці Хмельницької області; на виконання

попередніх партнерських домовленостей між владою Славутича та Європейською мережею ENTO (European Network Training Organisation for Local and Regional Authorities) у жовтні 2018 року в Славутичі відбулась ENTO Study Lab «Міста з перехідною економікою – моральне та фізичне відновлення», де був презентований досвід роботи Офісу для учасників заходу з Тетієва, Вознесенська, Немішаєве, Нетечинців (Україна), а також Грузії, Німеччини, Італії, Швейцарії, Франції, Бельгії, Литви, Хорватії;

- реалізуються ініціативи громадських організацій та громадських активістів щодо виконання етичних норм і контролю діючих етичних стандартів. На запит громадян здійснюється розробка «дорожніх карт» для реалізації їх ініціатив;

- проведений ребрендинг «Кодексу етики, честі, порядності, добросовісного та ефективного управління Славутицької територіальної громади», що був схвалений у 2007 році. Кодекс етики оновлений, внесені зміни з урахуванням думки громадськості.

*Отримані уроки.* Підтримка громадських ініціатив демонструє відкритість та готовність влади до діалогу та стає кроком для формування довіри між громадою та міською владою.

Об'єднання ресурсів державних та громадських організацій дозволяє продукувати корисні ініціативи щодо поліпшення життя міста й вирішувати проблеми громади швидше та ефективніше.

Існує необхідність періодично (принаймні один раз на десять років) переглядати Кодекси етики з метою приведення їх тексту у відповідність до сучасних вимог та з урахуванням думки громадськості.

Цей досвід буде корисним для місцевих муніципалітетів (міських голів, посадових осіб місцевого самоврядування, депутатів місцевих рад, громадських організацій, громадських активістів).

Під час загальнонаціональних та міжнародних заходів щодо життя громади та діяльності міської влади, що відбуваються у

місті та за його межами, місто демонструє позитивний досвід роботи Офісу підтримки громадських ініціатив.

*Повсякденна діяльність Офісу у цифрах і фактах.*

Надається організаційно-технічна допомога громадським та іншим організаціям у проведенні нарад та заходів в Офісі підтримки громадських ініціатив. За два роки роботи Офісу проведено більше 100 заходів.

Поширюється Кодекс етики, честі, порядності, добросовісного та ефективного управління Славутицької територіальної громади, здійснюється ознайомлення громади містата гостей Славутича із друкованим примірником Кодексу етики, розповсюджено близько 300 примірників.

Надається організаційно-технічна допомога у проведенні засідань громадської ради при виконавчому комітеті Славутицької міської ради. У календарному році проводиться близько 5-6 засідань.

Надається організаційно-технічна допомога у реалізації програми Бюджет участі, готуються інформаційні повідомлення та статті до ЗМІ щодо ходу процесу Бюджету участі, надаються консультації авторам проектів-переможців, проводяться тематичні тренінги «Пишемо проекту Бюджету участі заявку без помилок», «Створюємо кошторис проекту», «Рекламна кампанія проекту Бюджету участі» тощо. Щорічно надається допомога у написанні орієнтовно 15 проектних заявок.

Започатковані щорічні зустрічі громадських організацій та активістів міста Славутич у форматі «печа-куча». Під час проведення заходу громадські об'єднання розповідають про свою роботу, йде нетворкінг. Так, у 2019 році за сприяння Офісу підтримки були створені дві нові громадські організації.

У співпраці з ГО «Асоціація «Ще не вечір» та на виконання міської цільової Програми «Третій вік: старість на радість» організований та проведений I-й Міжнародний Фестиваль для людей поважного віку «GoldenFest». Програма фестивалю включала в себе творчі та спортивні змагання, до яких долучилися 90 учасників віком старше 50 років.

У співпраці з ГО «Добросусіди» проведено благодійну барахолку «Різдвяне чудо», реалізовано два проекти «Школа гідів» та «Школа волонтерів», надано технічну та організаційну

підтримку у проведенні XXX Міжнародного легкоатлетичного пробігу пам'яті Героїв Чорнобиля «Славутич-2019», «Дитяча барахолка» від Дитячої Технічної Студії м. Славутича. У співпраці з ГО «Райдер-Ікс» надано організаційну підтримку у проведенні загальноміського Велодня.

У 2020 році Офіс підтримки громадських ініціатив є відкритим майданчиком для планових та позапланових зустрічей представників влади (державних службовців, депутатів міської ради тощо) і громади (громадських організацій, громадських активістів тощо), що слугує формуванню інноваційних ідей щодо покращення життя громади, прийняттю конструктивних рішень щодо виконанням етичних стандартів, відкриває додаткові можливості для реалізації механізму підзвітності влади тощо.

### **Використані джерела інформації**

1. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80>. – 20.03.2020. – Назва з екрану.

2. Кодекс етики, честі, порядності, добросовісного та ефективного управління Славутицької територіальної громади. / Славутич, Славутицька міська ради, 2007. – 43 с.

3. Кодекс етики, честі, порядності, добросовісного та ефективного управління Славутицької територіальної громади. / Славутич, Славутицька міська ради, 2018. – 14 с.

4. Статут територіальної громади міста Славутича [Електронний ресурс]. – [Режим доступу]: [http://e-slavutich.gov.ua/about\\_city/SitePages/CharterCity.aspx/](http://e-slavutich.gov.ua/about_city/SitePages/CharterCity.aspx/). – 20.03.2020. – Назва з екрану.

5. Удовиченко В.П. Вічний пошук істини «Суспільство і влада». – Славутицький центр вищої освіти, 2006. – 16 с.

## УТИЛІЗАЦІЯ РАДІАКТИВНИХ ВІДХОДІВ В ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦІЛЯХ

*Черниш Є.Ю.<sup>1</sup>, Пляцук Л.Д.<sup>1</sup>, Азаров С. І.<sup>2</sup>, Tsutsumiuchi С.<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup>Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова,  
2, м. Суми, Україна;  
<sup>2</sup>Інститут ядерних досліджень НАН України,  
пр-т. Науки, 47, м. Київ, Україна  
<sup>3</sup>Університет Тюбу, 1200 Мацумото, м. Касугаї, Японія*

The paper deals with theoretical research of the energy recovery and safety processes of radioactive wastes treatment. The purpose of the study is to analyze the radioactive wastes processes with the justification of the direction of their utilization for energy purposes. To achieve the aim, the following tasks were set: analyses of the directions of improving the environmental safety of nuclear facilities and radiation pollution zones; theoretical foundation of the concept of the radioactive waste treatment with energetic purpose. The ability to decontaminate the environment with an additional source of energy is a leading environmental and energy challenge today. The possibility of using radiolysis for the radioactive waste recycling for energy purposes was reviewed. The development of new matrix materials in combination with nanoparticles for agglomeration and concentration of radionuclides is promising way for intensification of hydrogen release from liquid radioactive waste under radiolysis. This process is important for the complex approach to the problem of radioactive waste treatment.

Катастрофа на японській АЕС «Фукусіма-1» в березні 2011 року є найбільшою радіаційною аварією в світі після Чорнобильської АЕС. Загальний викид радіонуклідів йоду і цезію на Фукусімі-1 до теперішнього часу відповідає 10 % того, що був під час Чорнобильської аварії (виключаючи уран і плутоній, які надійшли під час пожежі з активної зони Чорнобильського реактора). Загальна потужність зруйнованих реакторів Фукусіма-1 майже в 4 рази перевищує потужність 4-го енергоблоку Чорнобильської АЕС [1].

Крім того, на існуючих атомних електростанціях утворюється значна кількість радіоактивних відходів (РАВ). В цілому вони утворюються в рамках широкого спектра видів діяльності, що пов'язані з експлуатацією ядерних установок, використанням закритих радіоактивних джерел в промисловості, виробництвом мінеральних добрив тощо [2]. Отже, здатність

дезактивувати довкілля з використання додаткових джерел енергії є сьогодні екологічним та енергетичним викликом не тільки для Японії і України, а й для всього світу.

Мега дослідження – аналіз процесів поводження з РАВ із обґрунтуванням напрямку їх утилізації в енергетичних цілях.

Рішення проблеми безпечного поводження з РАВ здійснюється шляхом створення багатобар'єрних системи їх ізоляції від сфери життєдіяльності людини та захисту довкілля. В цьому випадку ефективна доза населення через радіоактивних відходів після їх поховання не повинна перевищувати 10 мкЗв / рік [3]. Але в процесах із переробкою і похованням радіоактивних відходів, в тому числі рідкої фази залишається багато питань, що стосуються екологічної безпеки процесів і технологічної реалізації найбільш енергоефективних рішень. У зв'язку з цим актуальність набуває можливість використання радіолізу води і нових матеріалів для концентрування радіонуклідів.

Дослідження щодо джерел радіолітичного водню проводились в [4]. Залежно від дисперсності відпрацьованого ядерного матеріалу, концентрації розчинних форм радіонуклідів, ступеня вологонаповнення паливномішуючих матеріалів та якості води у роботі [4] здійснено розрахунок швидкості виходу водню.

Останнім часом в ядерних реакторах з водяним охолодженням як джерело молекулярного водню розглядаються процеси радіолізу в воді (в рідкому і пароподібному станах), а також реакція пар-метал. Вивчено кінетику накопичення молекулярного водню при гетерогенному радіолізі води в системах  $\text{RaO-SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  і  $\text{RaO-SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}_p$  [5]. У дослідженні [6] розглядається рішення для дезактивації твердих матеріалів і запобігання поширенню радіоактивних матеріалів з забрудненої поверхні, яке полягає в розробці колоїдно-стабільних нанорозмірних селективних сорбентів, здатних проникати (у рідину фаза) через забруднені тверді матеріали. Полімерні наночастинки (розмірний діапазон 50-500 нм), що несуть карбоксильні і епоксидні групи на поверхні, синтезуюватимуться шляхом вільнорадикальної полімеризації. Отримання водню при  $\gamma$ -радіолізі суміші морденита, цеоліту і морської води було вивчено Yuta Kumagai et al. (2013) при впливі підвищення температури на процес. Ці впливи важливо враховувати при оцінці виробництва водню з залишкової води в відпрацьованих цеолітних адсорбентах [7].

Ми пропонуємо концепцію альтернатив утилізації РАВ в енергетичних цілях, що має на меті моделювання інтеграції



технологічних рішень в радіаційних автокаталітичних процесах для утилізації радіоактивних рідких відходів з отриманням палива (водню) і дезактивації довкілля. Відповідно подальшого вивчення потребує кінетика виділення водню при радіолітичному розкладанні рідких радіоактивних відходів із їх концентруванням за допомогою наноматеріалів при різних температурних режимах, а також вивчення кінетики виділення молекулярного водню при гетерогенному радіолізі води в композит-Ме + H<sub>2</sub>O рідка система, де Ме – композитний матеріал, що містить метали-аналоги макроносіїв радіонуклідів, а H<sub>2</sub>O рідка система – рідкі радіоактивні відходи (збруднена вода). Важливим є розроблення ефективної системи екологічного оцінювання процесів утилізації РАВ в енергетичних цілях.

### Список літератури

1. Tihonov M.N. Anthology of the disaster at the Japanese nuclear power plant Fukushima-1. *Health risk analysis*. 2015. No. 1. P. 82–102.
2. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Застосування системного аналізу в сфері поводження з радіоактивними відходами. *Наукове видання «Проблеми загальної енергетики»*. 2018. №2 (53) С. 28–35
3. Масанов О. Л. Совершенствование технологий кондиционирования радиоактивных отходов с использованием процессов в «кипящем слое». *Ядерная и радиационная безопасность*. 2017. №4 (86). P.12–24.
4. Azarov S.I., Vilenska L.M., Korchevna O.V. Radiolysis of water in “Sarcophagus” (Prepr.Academy of sciences of the Ukraine Institute for Nuclear Research; KINR-98-5). Kiev, 1998. 23p.
5. Agayev T.N., Garibov A.A., Guseinov V.I. Influence of gamma-radiation on the hydrogen yield at water radiolysis on the surface of nano-zirconium, *PAST*. 2017. №5(111). P. 27–30.
6. Payne T. E., Brendler V., Ochs M., Baeyens B., Brown P. L., Davis J. A. Guidelines for thermodynamic sorption modelling in the context of radioactive waste disposal. *Environmental Modelling & Software*. 2013. Vol. 42. P. 143–156.
7. Kojima T., Takayanagi K., Taniguchi R., Okuda Sh., Seino S., Yamamoto T. A. Hydrogen Gas Generation from the Water by Gamma-Ray Radiolysis with Pre-Irradiated Silica Nanoparticles Dispersing. *Journal of Nuclear Science and Technology*. 2006. No 43. P.1287–1288.

## ДО СПЛЕСКУ АКТИВНОСТІ $^{137}\text{Cs}$ В ПОВІТРІ ПІД ОБ'ЄКТОМ АРКА ПІСЛЯ ЧАСТКОВОГО ОБВАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ В ПРИМІЩЕННІ 805/3 ЧАЕС

*Шинкаренко В.К., Каптур В.О., Скоряк Г.Г., Свирид О.А.  
Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, м. Чорнобиль  
shynkarenko.viktor@gmail.com*

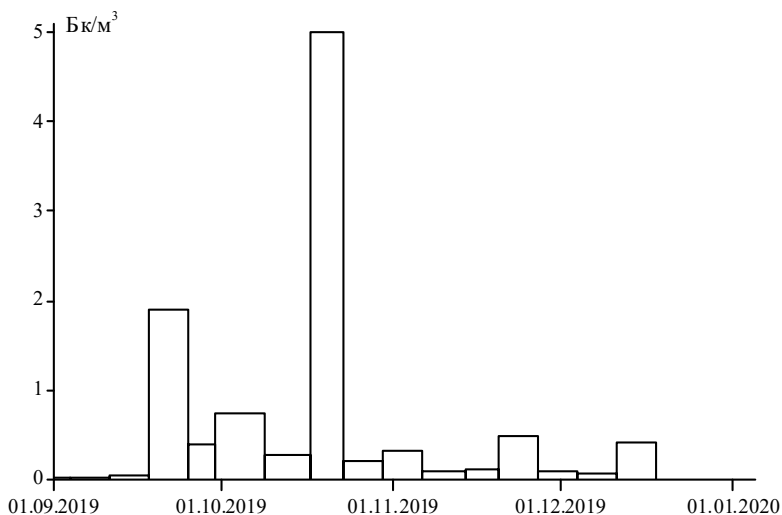
17.11.2019 о 17.10 відбулось часткове обвалення конструкцій в приміщенні 805/3, розташованому на північній стороні Об'єкта Укриття /ОУ/. При цьому струс від падіння був зареєстрований штатним сейсмографом, встановленим на ОУ.

Відповідно до програми контролю радіаційного забруднення приземного шару атмосфери поблизу об'єкта «Укриття» в цей час в неперервному режимі працювали чотири фільтровентиляційні установки (ФВУ): ФВУ-1 «Ventmesa» – розташована на схід від санпропускника СП-1430 приблизно за 500 м від південно-західного кута машинного залу; ФВУ-2 «Тайфун» – знаходиться на відстані 1,4 км, біля адміністративного корпусу (АК) об'єкта «Укриття»; ФВУ-3 «Град-1.8», яка була розміщена безпосередньо перед південною стіною машинного залу. Після монтажу об'єкта «Арка» ця ФВУ виявилась всередині НБК, де і продовжує працювати. ФВУ-4 – «Град-1.0» розташована з північної сторони 4-го блоку. Матеріал повітряних фільтрів – тканина Петрянова ФПП-15-1,5. Періодичність зміни фільтрів – 7 діб. Чергова заміна фільтрів була проведена безпосередньо перед обвалом – 17.11.2019 о 12.30. Вимірювання активності  $^{137}\text{Cs}$  на повітряних фільтрах проводили за допомогою напівпровідникового гамма-спектрометра.

Авторадіографічні дослідження згідно [1,2] проводили з використанням медичної рентгенівської плівки. Цифрові денситограми авторадіографічних плям отримували шляхом сканування в режимі відбивання. Визначення параметрів радіографічних плям проводили за допомогою пакета обробки зображень Image-Pro Plus 6.0. Лінійка часток з відомою активністю була складена з вирубаних раніше кружечків повітряних фільтрів, які містили окремі ГЧ і мали низький

рівень стороннього фону. Визначення параметрів калібрувальних кривих і статистична обробка результатів були проведені в середовищі пакета Statistica-10.

Динаміка об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  в повітрі поблизу розташування ФВУ-3 наведена на рис. 1. Часу обвалення відповідає різкий сплеск активності до  $5 \text{ Бк/м}^3$ . Необхідно відмітити, що таке високе значення до цього спостерігалось лише під час демонтажу перекриття машинного залу в ході будівництва НБК [4]. Зауважимо, що мова йде про усереднену за тиждень об'ємну активність. При цьому пікова активність під час струсу могла бути на 1-2 порядки більшою.



*Рис. 1. Динаміка об'ємної активності  $^{137}\text{Cs}$  в повітрі під Аркою НБК перед південною стіною машинного залу.*

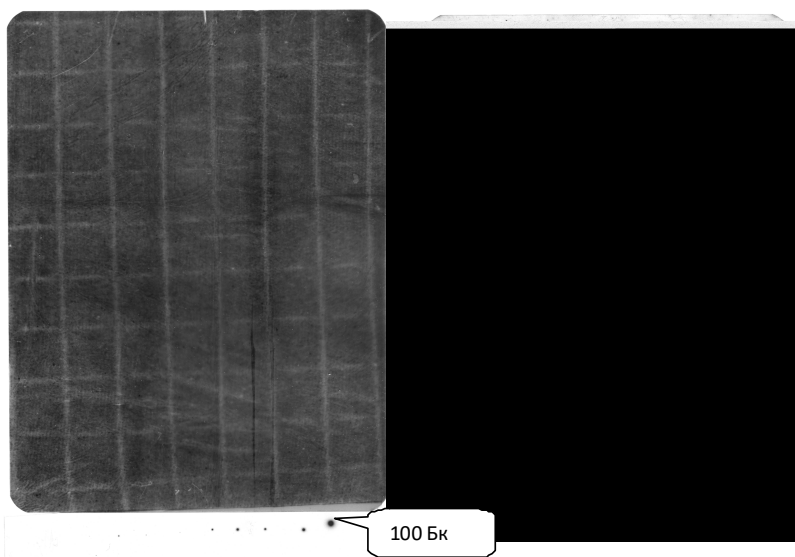
На інших ФВУ, розташованих поза межами НБК, протягом вересня – грудня 2019 року подібні сплески активності не спостерігались.

На рис. 2 наведені авторадіограми повітряних фільтрів з установки Град-3, експонованих під час обвалу (а) та наступного

тижня (б). Незважаючи на відносно малий час експозиції авторадіограм, усього 2 доби, радіограма, що відповідає часу обвалу практично засвічена. Але при цьому на ній не вдається знайти плям від гарячих частинок /ГЧ/ з активностями вище 5-10 Бк, що свідчить про присутність на фільтрі великої кількості дрібних ГЧ. Для виявлення таких ГЧ малої активності шматочок фільтра (рис. 1, а) був розчинений в тетрагідрофурані, одержана суспензія була нанесена на поверхню алюмінієвої фольги. Після експозиції протягом 28 діб на авторадіограмі було видно велику кількість дрібних плям, що місцями зливалися у суцільний фон як на рис. 2 (а). При цьому вдалося ідентифікувати окремі частинки з мінімальною активністю порядку 0,005 Бк, що обумовлено обмеженням методу, а аж ніяк не активностями частинок.

а) 17-23.10.2019

б) 23-30.10.2019



*Рис. 2. Авторадіограми повітряних фільтрів, експонованих під час обвалу (а) та після нього (б). Внизу – авторадіограма лінійки частинок з відомою активністю.*

Враховуючи велику відстань від місця обвалу до місця відбору проби та відсутність прямого сполучення між цими точками, сплеск активності важко пояснити прямим перенесенням аерозолі від місця обвалу. Як на наш погляд, утворення радіоактивного аерозолі могло відбутись внаслідок струшування ГЧ зі стін та елементів конструкцій безпосередньо під накриттям НБК. Відсутність на фільтрі крупних ГЧ з активностями, що перевищують 10 Бк очевидно пов'язана з особливостями розташування пробовідбірника ФВУ-3, відокремленого від основного повітряного простору під аркою НБК південною стіною машинного залу. За цих умов більш крупні частинки не встигають перелетіти високу стіну й випадають раніше.

### Abstract

A sharp surge in the volumetric activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the airspace under the Arch object of a New Safe Confinement was recorded. The surge coincides in time with the collapse of structures in room 805/3 of the Shelter object. The averaged over the week activity was about  $5 \text{ Bq/m}^3$ . Autoradiographic studies of the filter exposed during the collapse showed the presence of numerous practically merging spots from small hot particles with activities less than  $10 \text{ Bq/m}^3$ . The absence of larger particles is presumably caused by the location of the air sampler.

### Перелік посилань

1. *Шинкаренко В. К.* К определению активности “горячих” частиц радиографическим методом // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. - 2008. - Вип. 9. - С.130 - 139.
2. *Шинкаренко В. К.* К вопросу о погрешностях определения  $\beta$ -активности горячих частиц методом автордиографии // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2018. – Вип. 30. – С. 109–118.
3. *Garger E. K., Shynkarenko V. K., Kashpur V. A., Skorjak G. G., Kalinovskiy A. K.* Assessment of aerosol radiation environment in short-range region of ChNPP during building of the new safe confinement. // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2017.- в.29. - С. 78-84.

## АВТОРАДІОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ МУЛУ З ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧАЕС

*Шинкаренко В.К., Паскевич С.А., Талерко М.М., Городецький Д.В.  
Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, м. Чорнобиль,  
shynkarenko.viktor@gmail.com*

Водойма-охолоджувач ЧАЕС є найбільшим радіаційно-небезпечним об'єктом (РНО) з неконтрольованими радіаційними впливами на навколишнє середовище. Насамперед це пов'язано з великою кількістю радіоактивних аварійних випадінь, що депоновані на його території, а також значними розмірами цього РНО. Переважну частину цих випадінь складають сконцентровані в мулі паливні гарячі частки (ГЧ). В процесі осушення водойми відбувалось перенесення мулистих часток з мілководдя до більш глибоких ділянок. Внаслідок такого процесу відбувся перерозподіл ГЧ по шарах мулу з виносом в його верхні шари ГЧ, що до цього часу були перекриті більш пізніми після аварійними шарами мулу. Оскільки верхній шар радіоактивно-забрудненого ґрунту на осушених ділянках днища водоймища є найбільш схильним до водної та вітрової ерозії, висушена поверхня мулу є потенційним джерелом вторинної міграції радіоактивного забруднення на суміжні території. Особливу загрозу при вітровій ерозії несуть саме дрібні ГЧ, які можуть бути перенесені на значні відстані.

Для авторадіографічних досліджень проби мулу були відібрані в північній частині ставка охолоджувача в межах однієї ділянки з координатами: 51.396872 пн.ш. і 30.116025 сх.д. Проби були відібрані пошарово (0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 см) в двох точках на відстані 3-х метрів одна від одної.

Наважку мокрого мулу диспергували в воді та проціджували через капронову сітку для видалення крупних органічних решток. До суспензії додавали 5% порошку сухого желатину, перемішували і після набухання желатину підігрівали до його розплавлення. Після перемішування теплу суспензію виливали на алюмінієву фольгу, розрівнювали та висушували. Отримані сухі лічильні зразки додатково були вкриті тонкою (6 мкм) захисною поліетиленовою плівкою. Поряд з зразками мулу була

також змонтована лінійка паливних часток з відомими активностями. Поверх захисної плівки були притиснуті листи рентгенівської плівки, взаємне розташування плівки і лічильного зразка фіксували за допомогою степлера. Радіографічні дослідження згідно [1,2] проводили з використанням медичної рентгенівської плівки фірми Carastream. Проявлені авторадіограми сканували, за допомогою пакету ImagPro 6.0 знаходили інтегральні оптичні густини /ЛОГ/ радіографічних плям як власне авторадіограми та лінійки часток з відомими активностями. В якості калібрувальної кривої використовували співвідношення  $LnA = a \cdot (LnIOG)^b + c$ . Пошук припасувальних коефіцієнтів здійснювали за допомогою пакету Statistica-10 [4].

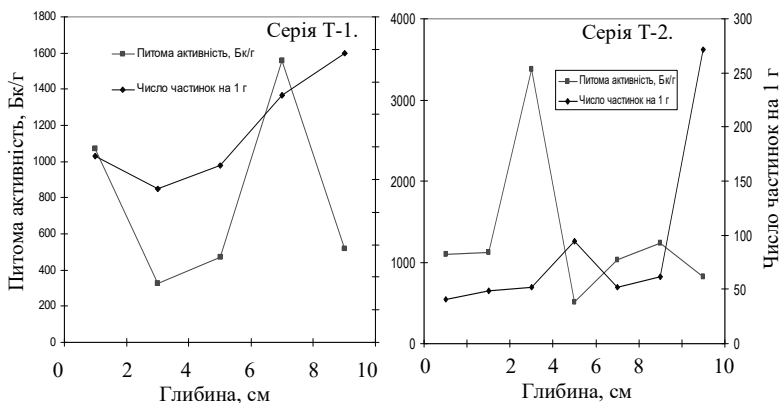


Рис. 1. Залежність числа гарячих часток на грам сухої речовини мулу і його питомої  $\beta$ -активності від глибини залягання.

На рис. 1 наведена залежність числа гарячих часток на грам сухої речовини мулу та його питомої активності від глибини залягання. Спостерігається деяке зростання концентрації ГЧ з глибиною, зміни питомої активності пов'язані з випадковим потраплянням в пробу окремих крупних ГЧ з високою активністю. На користь такого висновку свідчать гістограми розподілу числа ГЧ та їхньої сумарної активності по інтервалах активності часток, одна з яких наведена на рис. 2. Гістограми інших зразків мають аналогічний вигляд. Бачимо, що основну

активність зразка визначає випадкове потрапляння в лічильний зразок однієї чи кількох крупних ГЧ з високою активністю, тобто мала наважка мулу на лічильному зразку не є представницькою по відношенні до крупних ГЧ. В той же час для малоактивних дрібних ГЧ, зважаючи на їх велике число, навіть при зменшенні наважки проба залишається представницькою. Зменшення наважки при збільшенні часу експозиції авторадіограми дає змогу реєструвати окремі ГЧ малої активності.

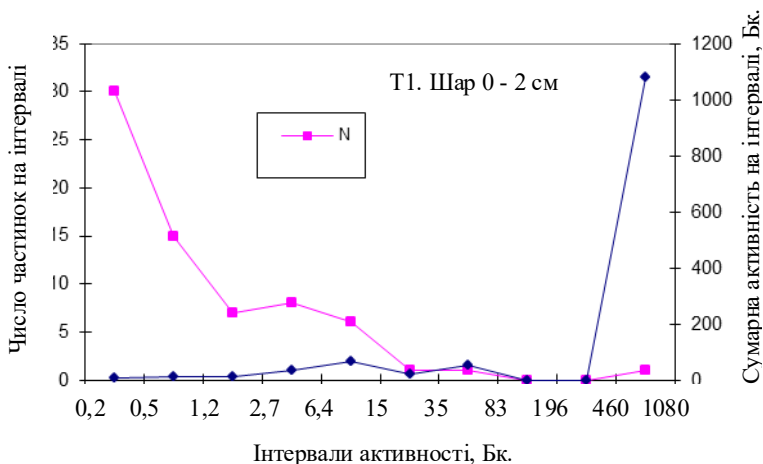


Рис. 2. Розподіл числа ГЧ та їхньої сумарної  $\beta$ -активності по інтервалах активності.

Тобто, нішою застосування авторадіографії в дослідженнях властивостей мулу водойми-охолоджувача є власне дослідження дрібних ГЧ.

### Abstract

The application of the autoradiography method for the study of sludge samples from the Chernobyl cooling pond is considered. It is shown that the advantages of this method are most fully manifested in the study of small hot particles. In the case of wind erosion of the



dried sludge layers, it is precisely such particles that can be transported over considerable distances. The method is of little use for determining the specific beta activity of sludge samples, since counted samples are not representative with respect to large hot particles.

Рассмотрено применение метода автордиографии для исследования образцов ила из водоема-охладителя ЧАЭС. Показано, что преимущества данного метода наиболее полно проявляются при исследовании мелких малоактивных горячих частиц. В случае ветровой эрозии осушенных слоев ила именно такие частицы могут быть перенесены на значительные расстояния. Метод малопригоден для определения удельной бета-активности образцов ила, поскольку по отношению к крупным горячим частицам счетные образцы не являются представительными.

### **Перелік посилань**

1. *Гаргер Е. К. Горковенко Б. Л., Шинкаренко В. К.* Об измерении  $\beta$ -активности большого количества “горячих” аэрозольных частиц с помощью автордиографии // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2005. - Вип. 2. - С. 33 - 40.

2. *Шинкаренко В. К.* К определению активности “горячих” частиц радиографическим методом // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2008. - Вип. 9. - С.130 - 139.

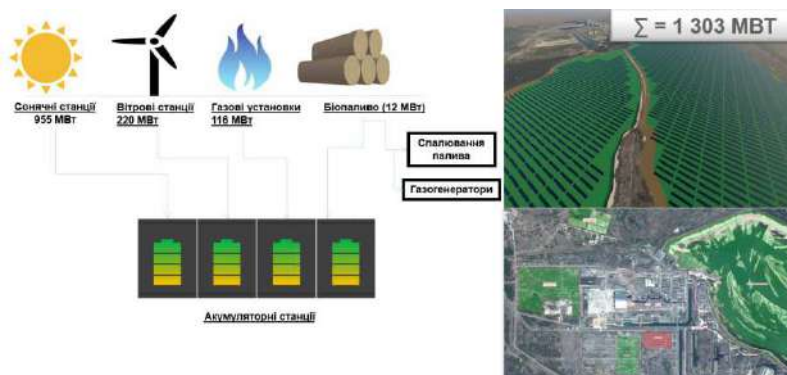
3. *Шинкаренко В. К.* К вопросу о погрешностях определения  $\beta$ -активности горячих частиц методом автордиографии // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2018. – Вип. 30. – С. 109–118.

## СОЗДАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

*Юдин Станислав Сергеевич, Государственное  
специализированное предприятие «Чернобыльская АЭС», г.  
Славутич, Киевская область Славутич, 07101*  
*Стельмах Дмитрий Анатольевич, Государственное  
специализированное предприятие «Чернобыльская АЭС», г.  
Славутич, Киевская область Славутич, 07101*

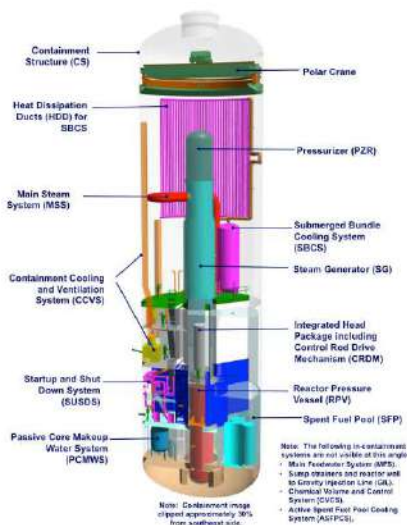
В 2019 году разработан государственный инвестиционный проект по созданию энергетического кластера Чернобыльской АЭС. Основная цель проекта - обеспечение энергетической безопасности объектов, которые используют ядерные и радиационные технологии. На площадке ЧАЭС такие объекты будут функционировать от нескольких десятков до ста лет. Это три блока ЧАЭС, которые снимаются с эксплуатации, заводы по переработке радиоактивных отходов, хранилища жидких и твердых радиоактивных отходов, хранилища отработавшего ядерного топлива, новый безопасный конфайнмент с объектом «Укрытие».

Существующая на ЧАЭС система электроснабжения эксплуатируется более 40 лет, она морально и физически устарела и является крайне неэффективной. Поэтому на первом этапе будет создана новая, которая будет обеспечивать электроснабжение указанных объектов на протяжении последующих пятидесяти - ста лет.



Второй этап - создание генерации электроэнергии для собственных нужд ЧАЭС. Она включит в себя парогазовую теплоэлектростанцию, теплоэлектростанцию на биотопливе, ветряную и солнечную электростанции.

Значительные территории, которые высвобождаются при снятии с эксплуатации Чернобыльской АЭС, позволяют приступить к выполнению третьего этапа - созданию генерации электроэнергии для её реализации. Нарращивание мощностей будет в основном за счет ветровых и солнечных электростанций.



Суммарная мощность достигнет одной тысячи триста мегаватт, что сопоставимо с мощностью современного энергоблока атомной электростанции. В тоже время общая стоимость проекта будет в три раза меньше стоимости строительства нового энергоблока АЭС и составит тридцать шесть миллиардов гривен.

С учетом тарифов на зеленую энергию в Украине данный инвестиционный проект

коммерчески привлекателен. За счет этого кроме средств государственного бюджета на его реализацию планируется привлечь средства международных финансовых организаций и частных инвесторов. Проект планируется завершить до 2024 года. Срок окупаемости составит двадцать лет.

Последние мировые тенденции показывают, что производство электроэнергии за счёт возобновляемых источников энергии имеет ряд слабых мест. Главные из них – это потребность в маневровых мощностях для недопущения разбалансировки единой энергетической системы стран, а также зависимость генерации от времени суток или погодных условий, т.е. в необходимости её хранения.

В связи с этим предлагается рассмотреть вариант размещения на территории Чернобыльской АЭС малых модульных реакторов по типу SMR-160. Этот источник генерации электроэнергии имеет хорошие предварительные показатели конкурентноспособности (короткий срок сооружения, небольшой размер и мощность, конкурентная цена производства электроэнергии). Всё это позволит решить вопросы назревающую проблему с маневровой мощностью. На площадке ГСП ЧАЭС есть необходимая территория, а также возможность подключения к Единой энергосистеме Украины через ОРУ, которое предназначено для передачи электроэнергии в 4 ГВт. Размещение малых модульных реакторов на территории ЧАЭС в перспективе можно рассматривать как энергетический хаб безопасности не только для объектов обращения с РАО, но и ближайших крупных городов Украины – Киев, Чернигов, Житомир и т.д.

Для решения проблемы хранения электроэнергии можно предложить размещение больших аккумуляторных станций на территории ГСП ЧАЭС. Ярким и успешным прототипом реализации данной идеи являются станции Tesla, которые размещены в Австралии. Аккумуляторная батарея Tesla, как и положено аккумулятору, накапливает энергию, когда она подается в сеть региона в избытке и отдает ее в дни «дефицита». Таким образом, не приходится задействовать газогенераторы, и стоимость эксплуатации сети, а соответственно и самого электричества падает. Данная технология оказалась очень эффективной. Учитывая потенциал ГСП ЧАЭС для размещения альтернативных источников и наличие поблизости основных потребителей, вопрос хранения электроэнергии из альтернативных источников является актуальным и своевременным.

Создание энергетического кластера Чернобыльской АЭС будет ярчайшим примером повторного использования площадки атомной электростанции после снятия с эксплуатации. Такой подход также способствует реабилитации зоны отчуждения и возвращению в экономику Украины территорий, загрязненных в результате аварии на четвертом блоке Чернобыльской АЭС в 1986 году.

# НАУКОВЕ ВИДАННЯ

## V МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

### ПРОБЛЕМИ ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ИНУДЕСО 2020 в режимі онлайн

(27–29 квітня 2020 року, м. Славутич)

### **Fifth International Conference on Nuclear Decommissioning and Environment Recovery ИНУДЕСО 2020**

Online on 27-29 April 2020

Збірник матеріалів

Комп'ютерне складання та верстання

К. П. Гузь

Підписано до друку 08.04.2020. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. – 16,75.  
Тираж 100 пр. Замовлення № 504/20.

---

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету  
14035, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.