



**Problems of  
Emergency  
Situations**

[pesconf.nuczu.edu.ua](http://pesconf.nuczu.edu.ua)

**ПРОБЛЕМИ  
НАДЗВИЧАЙНИХ  
СИТУАЦІЙ**

Civil Security

Цивільна безпека

**International Scientific  
Applied Conference  
"PROBLEMS  
OF EMERGENCY SITUATIONS"**

Chemical Technology and Engineering

Хімічна технологія та інженерія

Physics and Materials Science

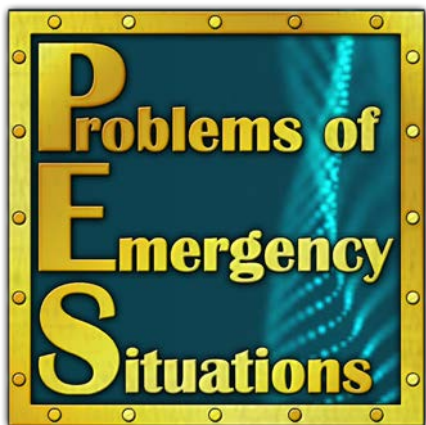
Фізика та матеріалознавство

Applied Geometry, Engineering Graphics and Information Technology

Прикладна геометрія, інженерна графіка та інформаційні технології

**19 may 2022  
Kharkiv**





Міжнародна  
науково-практична конференція

Проблеми  
надзвичайних  
ситуацій

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Харків  
19 травня 2022 року

## МАЛІ МОДУЛЬНІ РЕАКТОРИ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ВИКОРИСТАННЯ ВВЕР НА АТОМНИХ СТАНЦІЯХ УКРАЇНИ

*Гапон Ю.К.<sup>1</sup>, к.т.н.,  
Кустов М.В.<sup>1</sup>, д.т.н., доцент,  
Чиркіна М.А.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Романова О.О.<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

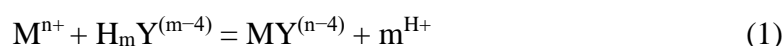
<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій

За встановленою потужністю атомних електростанцій Україна посідає сьоме місце у світі. Сьогодні чотири атомні станції – Рівненська, Південно-Українська, Запорізька та Хмельницька – виробляють понад половину всієї електроенергії в країні

Компанія «Енергоатом» є оператором усіх чотирьох діючих АЕС України. Експлуатує 15 енергоблоків (13 із них із реакторами ВВЕР-1000), оснащених водо-водяними енергетичними реакторами загальною встановленою електричною потужністю 13,835 ГВт. 30 січня 2022 року Енергоатом вперше в історії України запустив у роботу всі 15 енергоблоків АЕС, продовживши строк експлуатації в середньому на 10–15 років.

Сьогодні на АЕС України ситуація щодо поводження як з рідкими, так і з твердими радіоактивними відходами характеризується відсутністю завершеного технологічного циклу: від переробки до отримання кінцевого продукту, придатного для подальшого довготривалого зберігання й захоронення. Тому доволі актуальною є розробка і впровадження нових технологій поводження з рідкими радіоактивними відходами як на діючих АЕС, так і під час зняття з експлуатації та введення в експлуатацію нових блоків.

До складу рідких радіоактивних відходів вітчизняних АЕС входять органічні комплексні сполуки радіонуклідів, переважно з етилендіамінтетраацетат- і оксалатіонами, і поверхнево-активні речовини (ПАР). ЕДТА – карбонова кислота, яка досить швидко реагує з катіонами практично всіх металів з утворенням стійких хелатних комплексів, в яких центральний атом металу включений в один або більше циклів з молекулою ліганду. В утворених комплексах катіони металу заміщують водневі катіони двох або більше карбоксильних груп, що призводить до зниження значення рН розчину. Реакцію комплексоутворення (без урахування факту знаходження металу в розчині переважно у формі аквакомплексів) можна описати схематичним рівнянням:



де  $n$  – заряд катіона,  $m$  – число Н-іонів у молекулі комплексону, як правило, – 2 (для Трилону-Б -  $Na_2H_2Y$ )

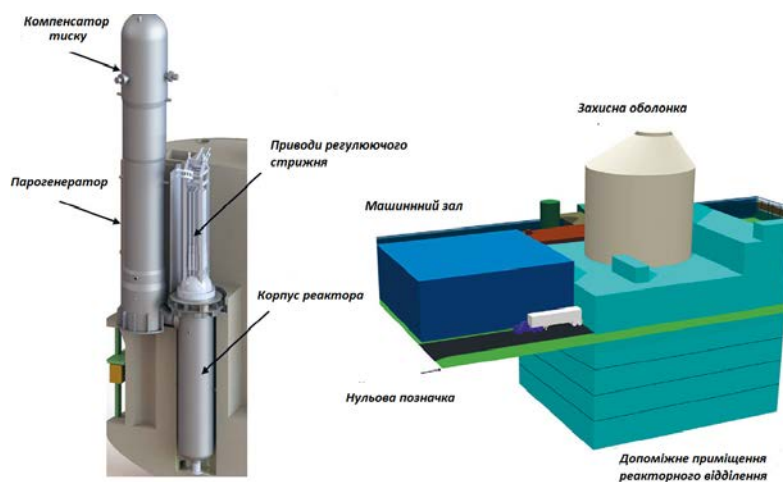
Дослідження стійкості хелатних сполук, до складу яких входять кілька катіонів зі ступенем окиснення, показали, що катіони металів утворюють ряд стійкості (ряд Ірвінга –Вільямса)  $Pd > Cu > Ni > Pb > > Co > Zn > Cd > Fe > Mn > Mg$  на основі розрахованих відносних констант стійкості  $K = [MeEDTA] / [Me][EDTA]$  (таблиця 1).

**Табл. 1. Константи стійкості комплексів ЕДТА з катіонами металів [15]**

Катіон	Константа стійкості	Катіон	Константа стійкості	Катіон	Константа стійкості
Na <sup>+</sup>	1,7	Mn <sup>2+</sup>	13,4	Cu <sup>2+</sup>	18,3
Ba <sup>2+</sup>	2,07	Fe <sup>2+</sup>	13,4	Ni <sup>2+</sup>	18,4
Mg <sup>2+</sup>	8,7	Co <sup>2+</sup>	16,1	Pb <sup>2+</sup>	18,04
Ca <sup>2+</sup>	10,6	Zn <sup>2+</sup>	16,1	Fe <sup>3+</sup>	25,01

Таким чином, наявність органічних сполук у рідких радіоактивних відходів зумовлює необхідність передбачати в технологічних схемах водоочищення їхню деструкцію і видалення на перших стадіях переробки, що забезпечить виключення їхнього негативного впливу на подальші процеси знешкодження рідких радіоактивних відходів.

Якщо Україна не планує відмовлятися від атомної енергетики, з часом на заміну старим станціям можуть прийти реактори нового типу, наприклад, малі модульні реактори SMR-160 (рис. 1.) [3]. Сьогодні варіанти такої конструкції розробляють компанії з усього світу, а на кількох пілотних проєктах – наприклад, в Китаї та Аргентині – вже почали будівництво.



**Рис. 1. Проєкт реактора SMR-160.**

У серпні 2021 року було підписано меморандум про взаєморозуміння між «Енергоатомом» та американською компанією Westinghouse про будівництво в Україні п'яти атомних енергоблоків; документ передбачає залучення технологій американської компанії на будівництво ядерного реактора проєкту AP1000 з електричної потужністю близько 1,1 ГВт.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Hapon Y., Kustov M., Kalugin V., Savchenko O. Studying the effect of fuel elements structural materials corrosion on their operating life. *Problems of Emergency Situations: Materials and Technologies. Forum. Materials Science*. 2021. Vol. 1038. P. 108–115.
2. Шабалін Б.Г., Лавриненко О.М. Деструкція органічних речовин радіоактивно забруднених вод АЕС із реакторами ВВЕР : аналітичний огляд . *Ядерна енергетика та довкілля*. 2020. Т.18. № 3. С. 65–78.
3. Kessides I.N., Kuznetsov V. Small modular reactors for enhancing energy security in developing countries. *Sustainable Nuclear Energy*. 2012. Vol. 8. № 4. P. 1806–1832.

<b>Хмиров І.М.</b> Особливості правового регулювання відшкодування шкоди, завданої Державною службою України з надзвичайних ситуацій при гасінні пожеж .....	86
<b>Hubanova A., Rashkevich N.</b> Functional application of monitoring and organization of management in the state emergency service of Ukraine .....	88

### СЕКЦІЯ 3. РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ЇХ НАСЛІДКІВ

<b>Гурник А.В., Литовченко А.О.</b> Вплив проблемних ситуацій на потенціал виявлення об'єктів, що зазнали лиха .....	90
<b>Дмитренко Є.А., Костира Н.О., Яковенко І.А., Томашевський А.В.</b> Реалізація інструментарію ПК «ЛІРА-САПР» щодо розрахунку посилення залізобетонних згинальних конструкцій .....	92
<b>Дубінін Д.П.</b> Обґрунтування дисперсності тонкорозпиленої води для гасіння пожеж .....	94
<b>Луц В. І.</b> Тактична вентиляція на пожежі .....	96
<b>Льовін Д.А., Стрілець В.В.</b> Розробка концептуальної моделі функціонування системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація» .....	98
<b>Матухно В.В.</b> Ефективність використання безпілотних літальних апаратів для пошуку потерпілих .....	100
<b>Маладика І.Г., Биченко А.О., Стась С.В., Пустовіт М.О., Джулай О.М.</b> Системи відеозв'язку БПЛА при проведенні розвідки надзвичайних ситуацій .	102
<b>Нуянзін В.М., Ведула С.А., Джемула Є.М., Андрущук О.В.</b> Аналіз перспектив підвищення ефективності піноутворювачів загального призначення для гасіння пожеж .....	104
<b>Остапов К.М.</b> Проблеми вдосконалення протипожежного захисту на станціях метрополітену .....	106
<b>Петухова О.А., Горносталь С.А.</b> Визначення впливу типу рукавів на доцільність використання пожежних кран-комплектів .....	108
<b>Соловійов І.І., Стрілець В.М.</b> Багатофакторна модель підводного розмінування (на прикладі підриву вибухонебезпечного предмету) .....	110
<b>Толкунов І.О., Попов І.І., Янушкевич Д.А.</b> Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні .....	112
<b>Федоряка О.І., Кустов М.В.</b> Особливості структури геоінформаційної системи управління пожежними підрозділами різної функціональної спроможності .....	114
<b>Шевчук О.Р.</b> Перспективи розвитку роботизованої техніки українським виробниками для проведення розвідки місцевості .....	116

### СЕКЦІЯ 4. ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ ТА ХІМІЧНИЙ ЗАХИСТ

<b>Близнюк О.В., Васильченко О.В., Данілін О.М., Дармофал Е.А., Wengego G.</b> Вплив природи пігментів та барвників на фарбуючі властивості полімерних суперконцентратів .....	118
<b>Вовк Н.П.</b> Компаративний аналіз та прогнозування вогнестійкості металевих конструкцій залежно від методів та засобів вогнезахисту .....	120

<b>Волков О.О., Краєвська Ж.В., Васильченко О.В., Ганніченко Т.А., Михайлова Л.С.</b> Додаткове зміцнення ювелірного інструменту типу «шабер» з використанням тертя .....	122
<b>Гапон Ю.К., Кустов М.В., Чиркіна М.А., Романова О.О.</b> Малі модульні реактори як альтернатива використання ВВЕР на атомних станціях України	124
<b>Гапон Ю.К., Трегубов Д.Г., Слепуженіков Є.Д., Липовий В.О.</b> Керування кластерною будовою металевих покриттів шляхом електрохімічного співосадження металів .....	126
<b>Кодрик А.І., Тітенко О.М., Борисов А.В., Жартовський С.В., Мороз О.М.</b> Теоретичні передумови створення вогнегасного розчину на основі водопоглинаючого полімеру Esoflocf-07 для гасіння пожеж в екосистемах .....	128
<b>Коровникова Н.І., Олійник В.В.</b> Каталітична активність волокнистих комплекситів в реакціях розкладання та окислення сполук .....	130
<b>Кустов М.В., Мельниченко А.С.</b> Вплив сорбції газів на їх розповсюдження в атмосфері .....	132
<b>Ліхнівський Р.В., Цапко Ю.В., Цапко О.В., Коваленко В.В., Онищук А.Є.</b> Застосування інтумісцентного покриття для підвищення вогнестійкості кабельної продукції .....	134
<b>Мальований М.С., Сакалова Г.В., Блажко А.В., Безносюк Н.С., Bordin I.</b> Дослідження структурних особливостей відпрацьованих бентонітових глин ...	136
<b>Пастернак В.В.</b> Комп'ютерно-імітаційне моделювання опуклими багатогранниками та круглими сферами .....	138
<b>Пастернак В.В., Рубан А.В.</b> Дослідження структурно-неоднорідних матеріалів методами комп'ютерного матеріалознавства .....	140
<b>Пастернак В.В., Самчук Л.М., Медведчук Н.К., Рубан А.В.</b> Теоретичні та експериментальні дослідження елементів конструкцій з втручанням CAD/CAM/CAE технологій .....	142
<b>Пінчук Н.В., Терлецький О.С.</b> Вплив тиску та потенціалів зміщення на структуру та властивості нітридних покриттів TiN .....	144
<b>Ромашко В.М., Ромашко-Майструк О.В.</b> Універсальна діаграма дійсного стану бетону в залізобетонних елементах та конструкціях .....	146
<b>Савова О.В., Покроєва Я.О., Воронов Г.К., Христич О.В., Стороженко В.О.</b> Біоцидні склокристалічні покриття для керамограніту .....	148
<b>Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Чеботарьова О.М., Mashkov V.</b> Органо-неорганічні золі SiO <sub>2</sub> для підвищення вогнезахисних властивостей котонвмісних текстильних матеріалів .....	150
<b>Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Трегубова Ф.Д.</b> Осиліційність та ступінчастість температур плавлення вуглеводнів як маркер їх кластерної будови .....	152
<b>Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Гомозов В.П., Васильченко О.В., Скатков Л.І.</b> Одержання порошку вольфраму через електрохімічне перероблення вольфрам-кобальтових псевдосплавів для модифікації арамідної тканини .....	155
<b>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Горбачова О.Ю., Мазурчук С.М.</b> Деякі аспекти вогнезахисту деревини інтумесцентним покриттям .....	157
<b>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю., Саранін Ю.О.</b> Покриття для вогнезахисту конструкцій з тканин .....	159
<b>Цапко Ю.В., Горбачова О.Ю., Мазурчук С.М., Бондаренко О.П.</b> Дослідження поверхневих властивостей фанери .....	161
<b>Шабанова Г.М., Миргород О.В., Пирогов О.В., Рудаков С.В.</b> Дослідження деяких термодинамічних даних алюмінатів барію .....	163

*Наукове видання*

*«Problems of Emergency Situations»*

*Матеріали  
Міжнародної науково-практичної конференції  
19 травня 2022 року*

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2022. 276 с.

**За зміст публікацій відповідальність несуть автори**

61023, Україна, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

Відповідальний за випуск Ю.А. Отрош

Технічні редактори Н.В. Рашкевич, О.В. Васильченко, Ю.А. Отрош, Ю.В. Михайловська

Підписано до друку 30.04.2022

Друк. арк. 20,7

Тир. 100

Ціна договірною

Формат А4

Типографія НУЦЗУ, 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94