

Л. І. Павловський¹, Д. О. Хоменко^{1,2}, В. В. Єгоров¹

¹ Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

² Інститут проблем математичних машин та систем НАН України, пр-т Академіка Глушкова, 42, Київ, 03187, Україна

Визначення радіаційних умов у зонах робіт з демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття»

Ключові слова:

дослідження,
ІПБ АЕС,
демонтаж,
нестабільні конструкції,
величини потужності дози,
кутовий розподіл гамма-
випромінювання,
поверхнєве радіоактивне
забруднення,
концентрація радіоактивних
аерозолів,
комплекс НБК-ОУ

У 2021 р. почався процес проектування заходів з демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» (ОУ). На першому етапі проектування були виконані передпроектні дослідження характеристик радіаційного стану в зонах виконання будівельно-демонтажних робіт. Під час проведення досліджень застосовувалися різноманітні методи і способи дозиметричних вимірювань, які дозволили виконати роботи у практично недоступних місцях і в зонах, де величина потужності дози перевищувала 30 мЗв/год. Вимірювання здійснювалися фахівцями Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України за допомогою унікального дозиметричного обладнання і пристроїв, які були придбані або виготовлені на базі інституту. У результаті досліджень отримано характеристики радіаційного стану на робочих місцях майбутньої діяльності з демонтажу нестабільних конструкцій ОУ. Обсяг отриманих даних є достатнім для розробки проектних рішень із «раннього» демонтажу нестабільних конструкцій. У процесі проектування стане можливою необхідність уточнення деяких показників радіаційного стану. Радіаційні вимірювання виконані в період із вересня по грудень 2021 р.

Станом на початок 2022 року завершено важливий етап перетворення об'єкта «Укриття» (ОУ) на екологічно безпечну систему, коли було запроектовано, збудовано та здано в експлуатацію новий безпечний конфайнмент (НБК). У результаті проведених робіт ризик радіаційної та екологічної небезпеки ОУ значно зменшився, проте досі він ще залишився і є досить значним. Причиною цього є існуючі нестабільні конструкції ОУ, які були змонтовані в 1986 році. Термін їхньої безпечної експлуатації після виконання заходів зі стабілізації закінчується у 2023 році [1]. Тобто вже зараз існують і будуть підвищуватися ризики обвалення нестабільних конструкцій ОУ, що призведе до значного радіаційного забруднення поверхонь всередині конструкції арки НБК і, як наслідок, значного підви-

щення дозових навантажень експлуатаційного персоналу, забруднення внутрішніх конструкцій та збільшення викидів радіоактивних аерозолів у атмосферу.

У 2021 році почався процес проектування заходів із демонтажу нестабільних конструкцій ОУ [2]. На першому етапі проектування були виконані передпроектні дослідження характеристик радіаційного стану в зонах виконання будівельно-демонтажних робіт (ЗВР). Результати радіаційних досліджень будуть використані під час розробки технологічних проектних рішень, заходів з екранування робочих місць, оцінки дозових навантажень, заходів щодо мінімізації радіаційних впливів на персонал і навколишнє середовище та підтримки існуючого рівня радіаційної безпеки.

© Л. І. Павловський, Д. О. Хоменко, В. В. Єгоров, 2022

Радіаційні дослідження було виконано фахівцями Інституту проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБ АЕС) у період вересень — грудень 2021 року.

Основною метою їхнього проведення було отримання достатньої кількості вихідних даних для проєктування будівельно-демонтажної діяльності у ЗВР.

Під час проведення радіаційних вимірювань досліджувалися такі параметри:

величини потужності дози (ПД) гамма-випромінювання;

кутові розподілення гамма-випромінювання;

характеристики поверхневого забруднення ЗВР; об'ємна активність радіонуклідів у повітрі ЗВР.

Радіаційні дослідження здійснювалися у складних радіаційних умовах. З цієї причини перед початком досліджень було прийнято низку принципових положень, які, з одного боку, забезпечили виконання обсягу вимірювань, необхідного для проєктування, а з іншого — мінімізували дози персоналу.

Підготовка до досліджень

Перед початком досліджень було проведено рекогносцирувальні роботи в місцях майбутніх зон демонтажних робіт. Метою цієї діяльності було ознайомлення з поточним радіаційним станом у зонах досліджень і можливістю проведення вимірювань радіаційних параметрів у різних умовах (значні величини ПД, недоступність до зон досліджень тощо), вибір методів дозиметричних вимірювань, а також вибір дозиметричного та лабораторного обладнання й методологічного забезпечення.

За результатами рекогносцирування прийнято рішення про використання методологічної бази радіаційних вимірювань Чорнобильської АЕС, а також максимально можливе використання досвіду, який був отриманий під час виконання передпроектних досліджень інших проєктів на ОУ [3, 4]. Крім цього, було проведено осучаснення методологічного підходу до радіометричних вимірювань, а також спроектовані і виготовлені допоміжні пристрої (наприклад, виготовлення спеціального «візка» для транспортування дозиметрів у зону досліджень на похилих поверхнях ОУ). Враховуючи, що радіаційні дослідження здійснювалися в складних радіаційних умовах, для мінімізації дозовитрат персоналу було прийнято низку положень, а саме:

1) щодо вимірювань величин ПД:

максимально можливе використання результатів раніше виконаних вимірювань ПД;

проведення вимірювань ПД за всіма такелажними вузлами (потенційні робочі місця будівельного персоналу) нестабільних конструкцій (стропувальні гаки, петлі тощо);

максимально можливе використання методів і способів вимірювань, які зменшують витрати на дослідження, і, як наслідок, дозовитрати персоналу.

2) щодо дослідження кутового розподілення гамма-випромінювання:

максимально можливе використання результатів раніше виконаних досліджень кутового розподілу з урахуванням того факту, що масивні конструкції всередині ОУ за цей проміжок часу не переміщувалися, тобто загальна просторова модель розподілу гамма-випромінювання всередині ОУ практично не змінилася;

для вирішення завдання з оцінки просторового розподілу гамма-випромінювання проведення дослідження мінімум у трьох точках, щоб охопити практично всі майбутні ЗВР, а саме: перша точка — на межі південних щитів і південних щитів-«ключок», друга — на легкій покрівлі і третя — на конструкції балки «Восьминіг»;

використання пристрою із колімованим детектором в основному в зонах із незначними величинами ПД;

3) щодо дослідження поверхневого радіоактивного забруднення (ПЗ):

максимально широке використання результатів досліджень, що були виконані раніше, а також застосування методу інтерполяції даних, що були отримані під час досліджень, на інші ділянки ЗВР;

обмежене застосування прямого вимірювання показника загального (фіксованого й нефіксованого) ПЗ переносним радіометром [5];

обмеження кількості відібраних зразків у зв'язку з невинновано високим додатковим опроміненням персоналу (принцип оптимізації);

модифікація стандартних методів відбору зразків нефіксованого ПЗ відповідно до поточних умов, які склалися під час дослідно-промислової експлуатації комплексу НБК-ОУ (зокрема, високе запилення поверхонь окремих ЗВР);

оптимізація кількості повних зразків (6 проб в одній точці) відбору проб ПЗ на зовнішніх поверхнях ОУ з метою можливості характеризації величин ПЗ усіх поверхонь покрівлі ОУ. Тобто відбір проб мінімум у 3 точках, а саме: у південній частині покрівлі ОУ (похилі щити нащільники), у північній частині (північні щити-«ключки») і центральній частині (легка покрівля над накатом труб);

4) щодо дослідження повітряного середовища радіоактивними аерозолями:

використання результатів раніше виконаних досліджень та методів оцінювання отриманих даних;

оптимізація кількості місць відбору проб повітря у просторі під аркою, тобто проведення відбору проб мінімум у 3 точках, а саме: у нижній (піонерна стіна), середній (похилі щити-нащільники) і верхній частині простору (легка покрівля над накатом із труб) та обов'язкове дослідження повітря в незалежній зоні, тобто у приміщенні Г438/4.

Вибір радіометричного обладнання базувався на тому, що дослідження параметрів радіаційної обстановки потрібно виконувати типовим радіометричним обладнанням, яке застосовується під час експлуатації НБК-ОУ, а також за допомогою унікального дозиметричного обладнання і пристроїв, які були придбані або виготовлені на базі інституту. Кінцевим результатом підготовчої діяльності було визначення видів і обсягів досліджень, дозиметричного обладнання та необхідних пристроїв, а саме:

1) величин ПД залежно від конкретних умов за допомогою:

переносних дозиметрів-радіометрів;

телескопічних штанг або інших пристроїв для вимірювання ПД по висоті (із виносом детектора до 30 м); «гірлянд» із термолюмінесцентних дозиметрів (ТЛД) у важкодоступних місцях, на похилих поверхнях або в зонах із високими значеннями ПД.

2) кутових розподілень гамма-випромінювання залежності від конкретних умов за допомогою:

пристрою шар детекторний (ШД-1);

колімованого детектора;

3) характеристик поверхневого забруднення ЗВР за допомогою переносного радіометра-дозиметра з блоком детектування БДИБ-07, автономного мініпилососа і допоміжних реагентів та матеріалів;

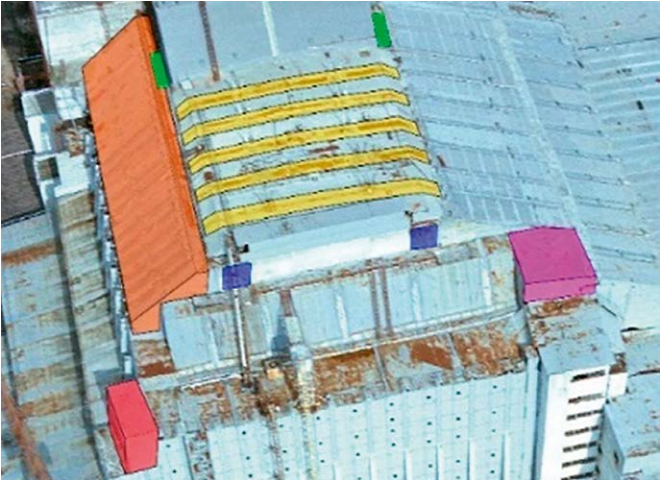
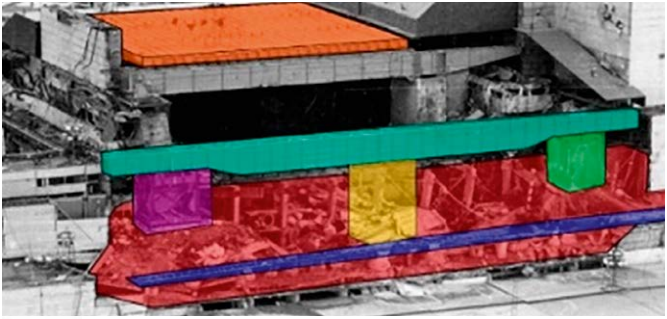
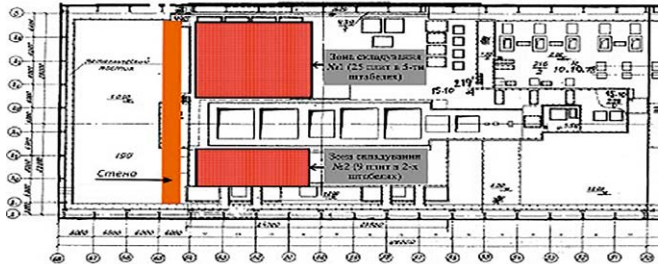
4) об'ємної активності радіонуклідів у повітрі ЗВР за допомогою аспіраційного пристрою F&J DFHV-1E.

Зони та види досліджень

Зони, види та кількість вимірювань визначалися на підставі достатності даних для проектування. У табл. 1 наведені зони виконання робіт, їхні номери та види досліджень.

Таблиця 1. Зони і види радіаційних досліджень

Зони досліджень	Вид досліджень	Номер ЗВР
 – 1. Похилі щити нащільники – 2. Південні щити-«ключки» – 4. Легка покрівля над накатом із труб – 5. Південні щити – 6. Металоконструкції блоку «Кішкин дім»	Потужність дози	
	пряме вимірювання	1, 2, 4, 5, 6
	вимірювання за допомогою виносного детектора	2, 4, 5
	вимірювання за допомогою ТЛД	1, 2, 5
	Кутові розподілення гамма-випромінювання	
	за допомогою пристрою ШД-1	2, 4, 5, 6
	вимірювання за допомогою колімованого детектора	1, 4, 5
	Радіоактивне поверхнєве забруднення	1, 2, 4, 5, 6
	Радіоактивне забруднення повітря	1, 2, 4

Зони досліджень	Вид досліджень	Номер ЗВР
 – 3. Трубопроводи системи пилопригнічення – 6. Металоконструкції блоку «Кішкин дім» – 15. Північні щити-«ключки» – 16. Металоконструкції блоку «Мишкин дім» – 19. Зона обпирання балок Б2 із західної сторони – 20. Отвори для доступу до зон обпирання балок Б2 зі східної сторони	Потужність дози	
	пряме вимірювання	3, 15, 16
	вимірювання за допомогою виносного детектора	15, 16
	вимірювання за допомогою ТЛД	15
	Кутові розподілення гамма-випромінювання	
	за допомогою пристрою ШД-1	15, 16
	вимірювання за допомогою колімованого детектора	16
 – 7. Балка «Мамонт» – 8. Балка «Восьминіг» – 9. Західна опора балки «Мамонт» – 10, 11. Розподільна рама та опора балки «Мамонт» – 12. Додаткова опора балки «Мамонт» – 13, 14. Завали та плити покрівлі на ДЕ – 17. Накат із труб  – 18. Плити покрівлі машзалу, тимчасово складовані в прим. Г-438/4	Потужність дози	
	пряме вимірювання	7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17, 18
	вимірювання за допомогою виносного детектора	7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17
	вимірювання за допомогою ТЛД	7, 10, 11, 12, 13, 14
	Кутові розподілення гамма-випромінювання	
	за допомогою пристрою ШД-1	8, 12, 13, 14
	вимірювання за допомогою колімованого детектора	13, 14
	Радіоактивне поверхнєве забруднення	7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17, 18
	Радіоактивне забруднення повітря	9, 18

Обробка й аналіз отриманих результатів та їхня візуалізація

Щодо кожної ЗВР було проведено аналіз величин ПД та характеристика їхнього розподілу по зоні. Результати вимірювань ПД у ЗВР показують зменшення значень по всіх робочих місцях від даних, які були отримані раніше в цих зонах, за іншими проектами Плану здійснення заходів (ПЗЗ) [3]. Це обумовлено установкою НБК у проектне положення, тобто екранування оболонкою арки розсіяного в шарі повітря гамма-випромінювання (ефект «skyshine») [6].

Розподілення величин ПД за дослідженими зонами різне. Так, для деяких зон розподілення ПД є практично однорідним, а для інших зон воно не-

однорідне (величини ПД відрізняються на порядок і більше).

Значення ПД > 15 мЗв/год зафіксовані у ЗВР: балки «Мамонт» і «Восьминіг» (в осях 44–49), завали над перекриттям деаераторної етажерки (ДЕ), накат із труб та легка покрівля над ним, а також у східній зоні обпирання блока балок Б1 і Б2 на вентиляційну шахту. В інших зонах величини ПД > 15 мЗв/год.

Найбільші величини ПД зафіксовані в ЗВР накату з труб у районі блока «Собака будка» — понад 48 мЗв/год та на завалах над перекриттям ДЕ понад 35 мЗв/год.

За отриманими результатами побудовано картограми розподілу потужності дози на загальному вигляді об'єкта «Укриття». На рис. 1–7 наведені узагаль-

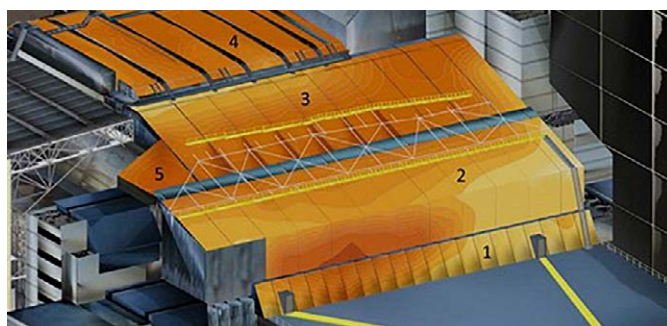


Рис. 1. Загальний вигляд ОУ (напрямок північно-східний)



Рис. 2. Загальний вигляд ОУ (напрямок південний)



Рис. 3. Загальний вигляд ОУ (напрямок північно-східний)

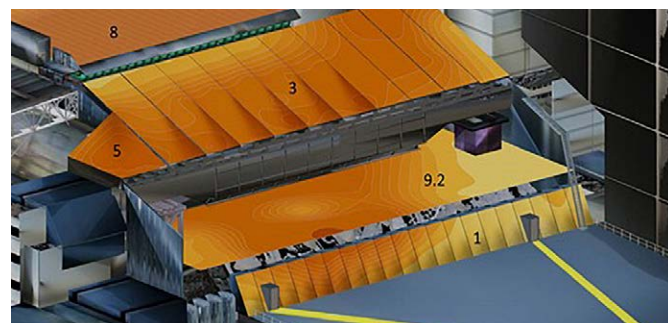


Рис. 4. Загальний вигляд ОУ (напрямок північно-східний)

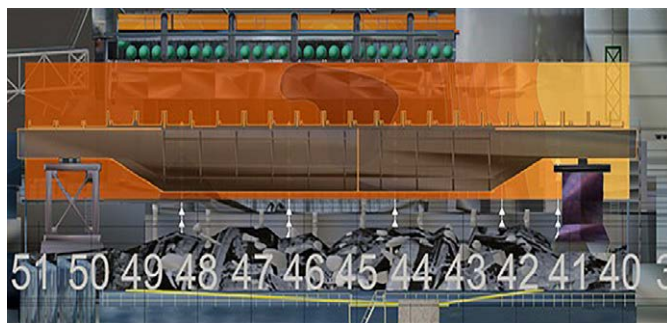


Рис. 5. Картограма розподілення ПД з північної сторони балки «Мамонт» по осі розташування вводів системи пилопригнічення

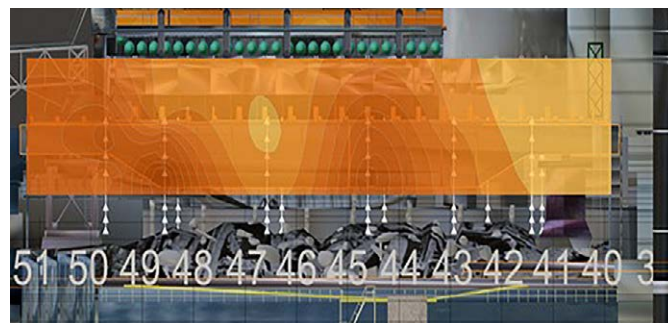


Рис. 6. Картограма розподілення ПД з південної сторони балки «Мамонт» по осі розташування вводів системи пилопригнічення

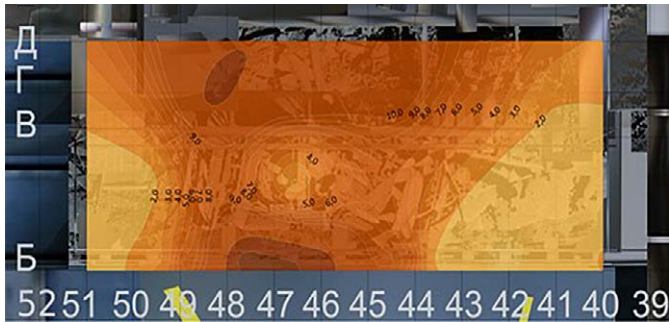


Рис. 7. Картограма потужності дози на відстані 1 м від завалів на ДЕ

нені картограми розподілу гамма-випромінювання у ЗВР.

Для вирішення завдання з оцінки просторового розподілу гамма-випромінювання проведено дослідження в трьох точках, а саме: перша точка — на межі південних щитів і південних щитів-«ключок», друга — на легкій покрівлі і третя — на конструкції балки «Восьминіг». Під час аналізу кутових розподілень, крім отриманих результатів вимірювань, використовувалися дані раніше виконаних досліджень, наприклад, матеріали кутових розподілень інтенсивності гамма-випромінювання, наведених у Звіті [4].

Як приклад, на рис. 8 наведено отримані графічні матеріали результатів дослідження кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання за допомогою пристрою ШД-1 у першій точці, а саме на межі ЗВР південних щитів-«ключок» і південних

щитів (вісь балки «Мамонт»). Величина ПД в точці склала 10,4 мЗв/год.

На картограмі спостерігаються значні інтенсивності гамма-випромінювання за різними напрямками. Аналіз інтенсивності гамма-випромінювання за спадаючими відносними значеннями ($\text{мР} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{срад}^{-1}$) наведено нижче.

Нижня частина півсфери:

основний вклад джерел іонізуючого випромінювання, які знаходяться безпосередньо під місцем установки ШД-1, тобто завали на ДЕ й центрального залу;

інтенсивність випромінювання у північному (північно-східний і північно-західний) напрямку значно більша, ніж у південному.

Верхня частина півсфери — інтенсивність гамма-поля з верхньої частини на півсфері направлена в північну сторону, при цьому основний північний напрямок є найбільш інтенсивним.

Основні джерела іонізуючого випромінювання, які формують величину ПД у точці дослідження знаходяться в завалах ДЕ, центрального залу та під металоконструкціями блоку «Собача будка».

Ці та інші сучасні дані про кутове розподілення інтенсивності гамма-випромінювання гарно кореспондуються з результатами Звіту [4].

Узагальнені результати досліджень кутових розподілень гамма-випромінювання дозволяють зробити висновок про відсутність суттєвих змін

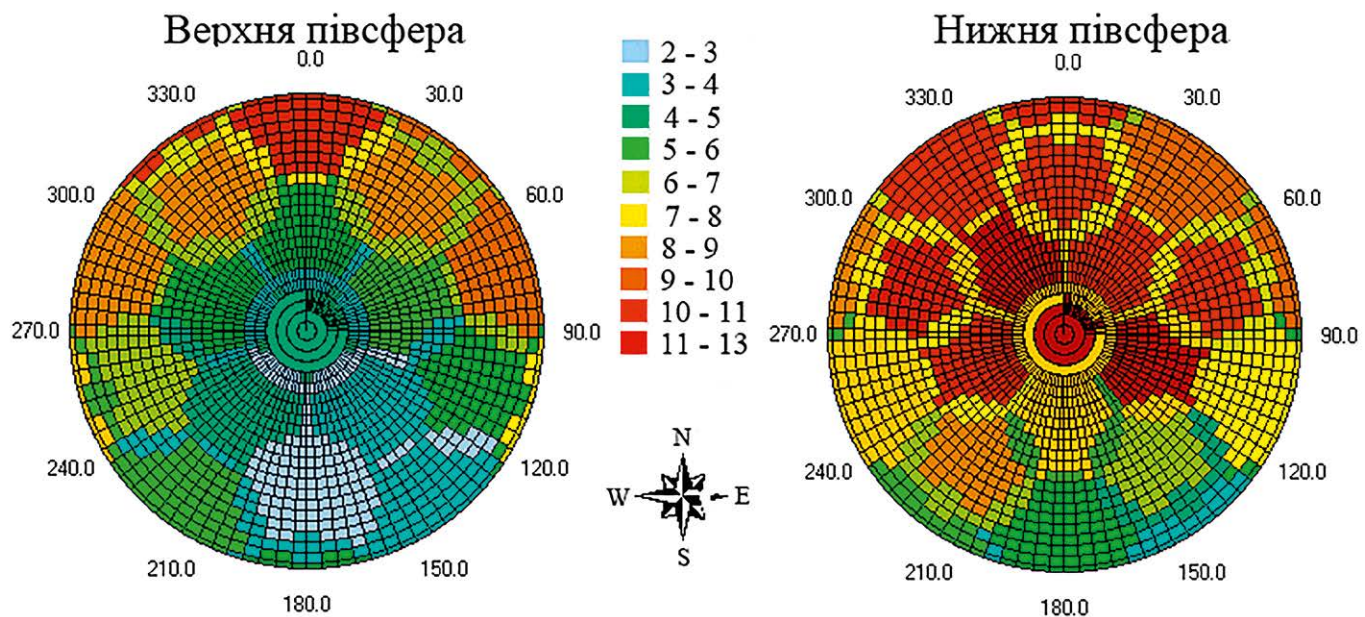


Рис. 8. Картограма кутових розподілень гамма-випромінювання за допомогою пристрою ШД-1 у південній зоні ОУ

розподілу інтенсивності гамма-випромінювання в ЗВР. Поясненням відсутності змін є та обставина, що за період 2003–2021 рр. переміщення масивних конструкцій, які мають екранувальні властивості, всередині ОУ не відбувалося.

Результати досліджень ПЗ вказують на значне збільшення запилення зовнішніх поверхонь покрівлі ОУ. Так, маса пилу на покрівлях ОУ становить $\sim 15 \text{ г/м}^2$, а його активність складає від 440 до 580 кБк/кг альфа-активних, або від 16 150 до 19 300 кБк/кг бета- і гамма-активних нуклідів. За питомою активністю такий пил відповідає критеріям ОСПУ-2005 [7] першої і третьої групи середньоактивних радіоактивних відходів. Слід відзначити, що під час досліджень поверхневого забруднення частка, що легко знімається з поверхні, досягає 90 % від загального забруднення. Це дає змогу рекомендувати перед початком демонтажних робіт обов'язкове застосування промислових пилососів.

Результати вимірювань рівноважної концентрації радіоактивних аерозолів показують, що забруднення повітря в усіх ЗВР не перевищує таких величин: $6,2 \text{ Бк/м}^3$ для альфа-активних та $0,12 \text{ Бк/м}^3$ для бета-активних нуклідів. Винятком є ЗВР у приміщенні машинного залу Г438/4, де повітряне середовище характеризується значним запиленням, а саме: $4,5 \cdot 10^2 \text{ Бк/м}^3$ для альфа-активних та 9 Бк/м^3 для бета-активних нуклідів. Це пояснюється тим, що в приміщенні Г438/4 є постійні повітряні потоки (можливо, конвекція), які провокують підйом радіоактивного пилу в повітря приміщення Г438/4 та взагалі в повітряне середовище машинного залу між осями А-Б, 39–65. Для зниження об'ємної активності радіонуклідів у повітрі приміщення Г-438/4 необхідно провести сеанси місцевого пилопригнічення.

Висновки

Обсяг отриманих даних є достатнім для розробки проектних рішень щодо «раннього» демонтажу нестабільних конструкцій.

Під час виконання радіаційних обстежень ЗВР були зафіксовані радіаційні параметри на час вимірювань, проте реальні показники радіаційного стану в ЗВР під час демонтажу нестабільних конструкцій можуть відрізнятись. Це обумовлено тим, що діяльність з демонтажу призведе до зміни конфігурації просторового розподілу гамма-випромінювання всередині ОУ, так як будуть переміщуватися масивні конструкції та видалятися

завали, які містять ВАВ. Демонтаж та видалення радіоактивно забруднених конструкцій із зони робіт збільшить величину радіоактивних аерозолів у повітрі та радіоактивного поверхневого забруднення робочих місць за рахунок пилопідйому та перенесення радіоактивного пилу з демонтованих конструкцій. З цієї причини під час виконання демонтажних робіт необхідне проведення додаткових досліджень радіаційної обстановки в зонах виконання робіт.

Крім цього, рекомендується обов'язкове використання промислових пилососів для виконання дезактивації ділянок ЗВР покрівель ОУ. Така організація радіаційно небезпечних робіт з демонтажу конструкцій ОУ може значно покращити динаміку забруднення повітря та мінімізувати розповсюдження радіоактивних аерозолів у просторі під аркою НБК.

Список використаної літератури

1. Отчет о состоянии безопасности объекта «Укрытие». SIP-P-PM-22-460-SAR-124-05. — 2008.
2. «Новий безпечний конфайнмент (НБК). Пусковий комплекс 2 (ПК-2). Демонтаж нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» ДСП ЧАЕС в частині «раннього» демонтажу».
3. Отчет о выполнении предпроектных исследований на площадке. Книга 2: «Исследование радиационной обстановки. Радиационное обследование конструкций, подлежащих «раннему» демонтажу. Обследование возможных площадок временного хранения РАО демонтажа и маршрутов их транспортировки из ЗПР на площадки хранения». SIP09-2-001 NI 03 RPT 135 01.
4. Рабочий проект по стабилизации. Итоговый отчет по радиационной безопасности. SIP K 03 01 000 RSR003 03. 15.12.03.
5. Определение характеристик поверхностного загрязнения объектов в условиях высокого гамма-фона / В. Г. Батий, А. И. Стоянов, А. А. Правдивый и др. // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. — 2007. — Вип. 8. — С. 150–153.
6. Зміна радіаційних умов на об'єкті «Укриття» після встановлення арочної конструкції у проектне положення / В. В. Єгоров, Л. І. Павловський, Ю. В. Морозов та ін. // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. — 2017. — Вип. 28. — С. 75–81.
7. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПРБУ-05). — Київ, 2005. — 141 с.

L. I. Pavlovsky¹, D. O. Khomenko^{1,2}, V. V. Yehorov¹

¹ Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants,
NAS of Ukraine, 36a, Kirova st., Chornobyl, 07270, Ukraine

² Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the
NAS of Ukraine, 42, Acad. Hlushkova ave., Kyiv, 03187, Ukraine

Determination of the Radiation Situation in the Areas of Unstable Structures Dismantling of the Shelter Object

As of the beginning of 2022, the first stage of transformation of the Shelter object (SO) into an ecologically safe system has been completed, i. e. the NSC-SO complex has been designed, built and put into operation. As a result of the work carried out, the risk of radiation and environmental safety of the Shelter object, as well as the NSC-SO complex as a whole, has significantly decreased, but it still remains and is quite significant. The reason for this is the existing unstable structures of the SO, which were installed in 1986.

In 2021, the process of designing measures to dismantle unstable structures of the SO began. At the first stage of design, pre-design studies, characteristics of the radiation situation in the areas of construction and dismantling works were performed. The results of radiation research will be used in the development of technological design solutions.

Various methods and techniques of dosimetric measurements were used in the research, which allowed performing work in virtually inaccessible places and in areas where the dose rate (DR) exceeded 30 mSv/h. Measurements were carried out by specialists of the Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine using unique dosimetric equipment and devices that were purchased or manufactured on the basis of the Institute.

As a result of researches, the characteristics of a radiation situation on workplaces of the future activity on dismantle of unstable structures of the SO are received. The

amount of data obtained is sufficient to develop design guidelines for “early” dismantling of unstable structures. In the design process, it may be necessary to clarify some indicators of the radiation situation. Radiation measurements were performed in the period from September 2021 to December 2021.

Keywords: research, ISP NPP, dismantling, unstable structures, dose rate values, angular distribution of gamma radiation, surface radioactive contamination, concentration of radioactive aerosols, NSC-SO complex.

References

1. *Report on the safety status of the Shelter object in 2008.* SIP-P-PM-22-460-SAR-124-05. (in Rus.)
2. New Safe Confinement (NSC). Starting complex 2 (SC-2). Dismantling of unstable structures of the Shelter object of the ChNPP chipboard facility as part of the “early” dismantling. (in Ukr.)
3. Report on the implementation of pre-project studies at the site. Book 2: Study of the radiation situation. Radiation inspection of structures subject to “early” dismantling. Examination of possible sites for temporary storage of dismantled radioactive waste and routes for their transportation from the work area to storage sites. SIP09-2-001 NI 03 RPT 135 01. (in Rus.)
4. *Working project on stabilization.* Final report on radiation safety. SIP K 03 01 000 RSR003 03. 15.12.03. (in Rus.)
5. Batiy V. G., Stojanov A. I., Pravdivy A. A., Kopanets I. M., Selukova V. V., Savchuk O. G. (2007). [Determination of characteristics of surface contaminated objects in case of strong gamma background]. *Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl*, vol. 8, pp. 150–153. (in Rus.)
6. Yehorov V. V., Morozov Yu. V., Pavlovsky L. I., Kholoduk A. O. (2017). [Change of radiation conditions at the Shelter object after setting of arch construction]. *Problems of Nuclear Power Plants Safety and of Chornobyl*, vol. 28, pp. 75–81. (in Ukr.)
7. Basic sanitary rules for ensuring radiation safety of Ukraine (OSPRBU-05). Kyiv, 2005, 141 p. (in Ukr.)

Надійшла 21.07.2022

Received 21.07.2022