

О. В. Балан, С. Г. Брилка, В. В. Єгоров, Ю. В. Морозов, Л. І. Павловський

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

ОЦІНКА РАДІАЦІЙНИХ УМОВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СХОВИЩА ВИСОКОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ У МАШИННОМУ ЗАЛІ ЧАЕС

Наведено комплексну оцінку радіаційних умов у зонах виконання робіт по реконструкції частини машинного залу ЧАЕС по створенню сховища високоактивних відходів. У процесі виконання робіт було виміряне значення потужності дози гамма-випромінювання, щільності поверхневого забруднення та концентрації аерозолів у повітрі, а також досліджено енергетичні характеристики гамма-випромінювання і кутовий розподіл інтенсивності гамма-випромінювання.

Ключові слова: радіаційна обстановка, машинний зал, ЧАЕС, сховище високоактивних відходів.

Вступ

З огляду на сучасну проблему вичерпання вільних об'ємів існуючих сховищ високоактивних відходів (ВВВ) протягом наступних двох-трьох років у межах забезпечення функціонування інфраструктури поводження з ВВВ на ЧАЕС та об'єкті «Укриття» було заплановано введення на промислового майданчику ЧАЕС сховища ВВВ.

Сховище необхідне для прийому та довготривалого збереження ВВВ, які будуть утворюватися в результаті зняття з експлуатації енергоблоків ЧАЕС, перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему, а також продуктів переробки ядерного палива українських АЕС. Розміщення сховища передбачається у машинному залі ЧАЕС й має економічне обґрунтування - цей зал обладнаний необхідними інженерними мережами, вантажопідійомними механізмами, транспортними під'їздами та системою фізичного захисту. Це дозволяє мінімізувати будівельні роботи при реконструкції.

З метою отримання необхідних вихідних даних по радіаційних умовах для проектування сховища ВВВ провідними фахівцями ІПБ АЕС НАН України (далі – ІПБ АЕС) було проведено комплексні дослідження основних параметрів радіаційних умов у відповідних приміщеннях машинного залу ЧАЕС.

Об'єкти та методи

Характеристика зон виконання робіт. Приміщення Г077/1 (рис. 1), Г192/1 (рис. 1 і 2) і Г219/1 (див. рис. 2), в яких планується будівництво сховища ВВВ розташовані в середній частині машинного залу І черги ЧАЕС, а саме між осями 8 - 17, із відмітки мінус 5,220 до відмітки 12,000. На час проведення досліджень у приміщеннях, що були відведені для будівництва сховища ВВВ, спеціалістами ЧАЕС проводились роботи по демонтажу наявного обладнання, трубопроводів та інженерних мереж. Загалом стан приміщень, як потенційних зон виконання будівельних робіт, задовільний.

У приміщенні Г077/1 частково демонтовано обладнання, інженерні мережі, металеві плити перекриття. Підлога на відмітці мінус 5,220 бетонна, місцями присутні сліди замокання підлоги, на відмітці мінус 4,200 підлога облицьована металевими листами, місцями присутні сліди замокання підлоги. Підлога покрита шаром пилу, частинами металевих конструкцій і будівельного сміття. На відмітці мінус 4,200 розташовані чотири технологічні приямки, в яких знаходяться трубопроводи, будівельне сміття, місцями присутня вода. На відмітках 0,000; 3,200; 5,000; 7,200 підлога з металевих листів покрита незначним шаром пилу, після демонтажу технологічних трубопроводів у підлозі залишилися отвори.

У приміщенні Г192/1 частково демонтовано обладнання, інженерні мережі, плити перекриття. Підлога бетонна, суха, із незначним шаром пилу, в іншій частині приміщення на підлозі знаходяться частини технологічних трубопроводів, будівельного сміття. У приміщенні стіни сухі, у деяких місцях залишилися отвори від технологічного трубопроводу, а на плитах перекриття залишилися кріплення для трубопроводів.

У приміщенні Г219/1 демонтовано обладнання, інженерні мережі, плити перекриття. Підлога бетонна, суха, із незначним шаром пилу. Стіни сухі, у деяких місцях залишилися отвори від технологічних трубопроводів.

© О. В. Балан, С. Г. Брилка, В. В. Єгоров, Ю. В. Морозов, Л. І. Павловський, 2018

Також планується використання приміщення ГЗ63/1 (див. рис. 2), яке розташоване на відмітці 9,400 деаераторної етажерки. У приміщенні частково демонтовано обладнання та інженерні мережі. Підлога бетонна, покрита лінолеумом, із незначним шаром пилу та будівельним сміттям.

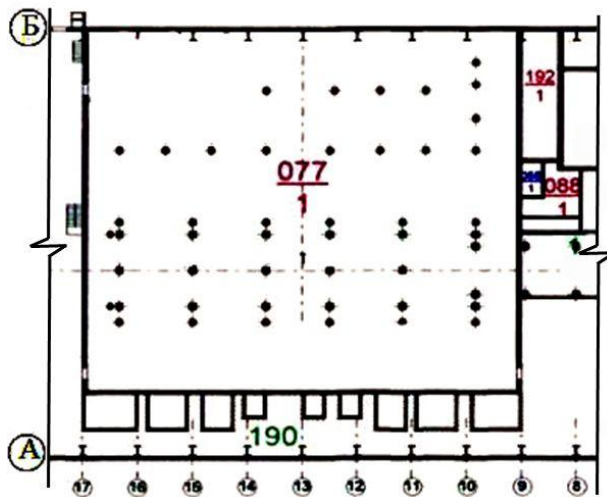


Рис. 1. План машинного залу на відмітці 0,000.

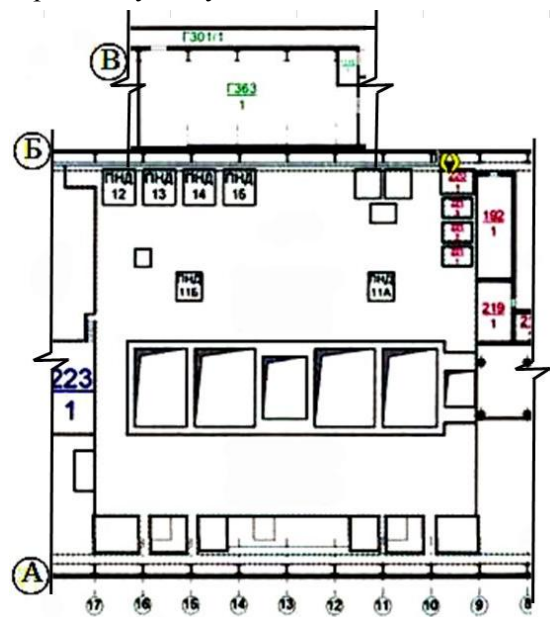


Рис. 2. План машинного залу на відмітці 12,000 і деаераторної етажерки на відмітці 9,400.

Потужність дози (ПД) гамма-опромінення. Величини ПД визначалися на висоті 0,1; 1; 2 і 3 м або вище (за необхідністю) над поверхнею підлоги за допомогою дозиметра-радіометра МКС-07 «Пошук». Точки вимірювань та їхня кількість визначалися згідно з даними від гомогенності поля розподілу значень ПД.

Кутовий розподіл інтенсивності гамма-випромінювання. Вимірювання кутового розподілу виконане за допомогою пристрою ШД-1 [1]. Цей пристрій використовує спосіб визначення кутового розподілу гамма-випромінювання, який полягає в одночасному вимірюванні інтенсивності гамма-випромінювання з різних напрямків декількома детекторами, розділеними поглинаючим середовищем. Дослідження з установкою ШД-1 здійснюються з метою одержання найбільш повних даних про кутовий розподіл гамма-випромінювання для застосування в розробці заходів із радіаційної безпеки.

На підставі попередніх досліджень ПД у приміщенні були визначені місця встановлення пристрою ШД-1. На місці його встановлення радіометром було виміряно ПД та зафіксовано час встановлення пристрою ШД-1. Це дає змогу визначити термін експозиції пристрою ШД-1 у визначеному місці. Пристрій ШД-1 споряджений капсулами з термолюмінесцентними детекторами ТЛД-500К (ТЛД). По закінченні вимірювання кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання фіксується час експозиції пристрою, що є передумовою для розрахунку часу опромінювання. Після проведення дослідження опромінені капсули з ТЛД вилучаються й передаються до лабораторії ІДК ІПБ АЕС. Додатково, для контролю інтегральної ПД у місці встановлення, розміщують касету з трьома ТЛД. У лабораторії визначають дозу, накопичену ТЛД.

Енергетичні характеристики гамма-випромінювання. Для виконання розрахунків доз персоналу необхідне знання енергетичних характеристик гамма-випромінювання, яке дозволяє коректно провести необхідні розрахунки доз персоналу, промоделювати варіанти можливих заходів по протирадіаційному захисту персоналу при виконанні запланованих робіт та провести оцінювання характерного радіонуклідного складу забруднення конструкцій.

Для вирішення цього завдання та проведення досліджень енергетичних характеристик гамма-випромінювання використовували установку СЕГ-04К на основі портативного спектрометра гамма-випромінювання СЕГ-04 і свинцевого коліматора [1].

Щільність поверхневого забруднення (ЩПЗ). Визначалися показники ЩПЗ поверхонь. Визначення нефіксованого (що знімається) радіоактивного забруднення поверхонь виконувалося методом «сухого мазка», який брався з досліджуваної поверхні (із плоскої ділянки площею 100 см²) за допомогою тканинного матеріалу (бязі). При оцінці величини повного радіоактивного забруднення

використовувався коефіцієнт зняття для сухих мазків 0,2. Вимірювання бета-активності мазків виконувалося у лабораторії ПБ АЕС на КРК-1 із блоком детектування БДІБ-01.

Також у польових умовах визначалась щільність потоку поверхневого забруднення поверхонь приміщень бета-активними нуклідами за допомогою дозиметра-радіометра МКС-07. Вимірювання виконувалося на висоті ~ 10 см над поверхнею підлоги. Точки вимірювань визначалися шляхом пошуку найбільш радіоактивно забруднених місць.

Концентрації аерозолів у повітрі визначалися за методикою, що прийнята в ДСП ЧАЕС, шляхом прокачування певної кількості повітря через фільтр марки АФА-РСП-20 ТУ 95 1892-89 за допомогою переносної аспіраційної установки Н810САІС.

Точки виконання досліджень вибиралися консервативно, у місцях найбільшого потенційного забруднення повітря. Залежно від радіаційної ситуації або від інтенсивності виконуваних технологічних робіт у досліджуваних приміщеннях відбиралися одна або дві проби. Висота забору повітря 0,5 - 1,0 м над поверхнею підлоги, об'єм повітря не менше 5 м^3 . Вимірювання альфа- і бета-активності проб згідно з [2] проводилися на установці КРК-1 із блоками детектування БДІА-01 і БДІБ-01. При цьому проби витримувалися не менше 5 діб - це необхідно для мінімізації внеску у вимірювану активність випромінювання дочірніх продуктів розпаду радону і торону. Вимірювання накопиченої на фільтрах активності бета-випромінюючих довгоіснуючих нуклідів виконувалися в лабораторії ПБ АЕС за допомогою радіометра КРК-1 і блока детектування БДІБ-01.

Аналіз отриманих результатів

ПД гамма-опромінення. Величини ПД у зонах виконання робіт (ЗВР) із реконструкції частини машинного залу ЧАЕС для створення сховища ВАВ наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Діапазон величин ПД

Відмітка	Приміщення	Діапазон ПД, мкЗв/год
мінус 5,220	Г077/1	0,4 - 116
0,900	Г192/1	0,3 - 5,4
5,000	Г219/1	0,3 - 3,9
9,400	Г363/1	< 7,5*

* Не перевищує норм, установлених для приміщень 3-ї підзони [3].

Найбільші значення ПД у приміщенні Г077/1 до 116 мкЗв/год спостерігаються у напрямках приміщення на відмітці мінус 4,000. Таким чином, можна зробити висновок про те, що радіаційний фон у приміщенні Г077/1 формується за рахунок локальних забруднень. У приміщенні Г192/1 найбільші значення ПД (до 5,4 мкЗв/год) спостерігаються на відстані 0,1 м від підлоги на відмітці 0,900. Отже, радіаційний фон у приміщенні Г192/1 формується за рахунок локальних забруднень, що знаходяться на поверхні підлоги. У приміщенні Г219/1 найбільші значення ПД (до 3,9 мкЗв/год) спостерігаються на відстані 0,1 м від підлоги. Слід зауважити, що на висоті більше 1 м над поверхнею підлоги до відмітки 12,000 поле гамма-випромінювання рівномірно розподілене і значення ПД знаходяться в діапазоні 0,3 - 0,7 мкЗв/год. Тож радіаційний фон у приміщенні Г219/1 формується за рахунок локальних забруднень, що знаходяться на поверхні підлоги. Картограму ПД наведено на рис. 3.

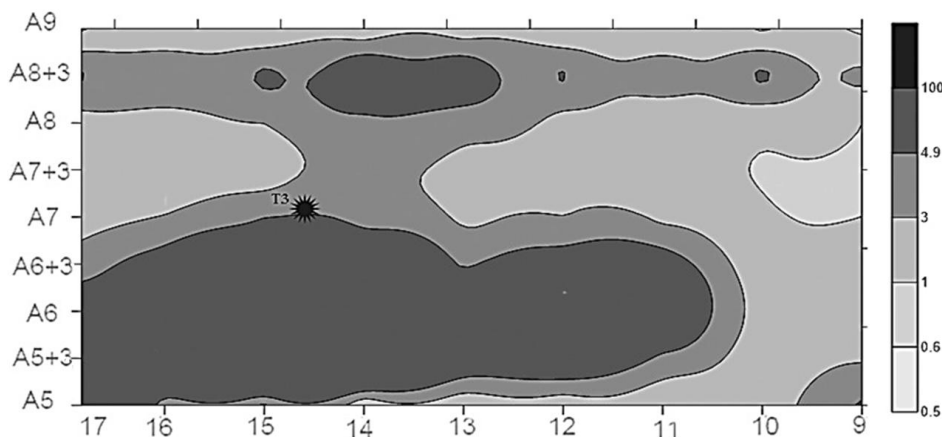


Рис. 3. Картограма ПД на відмітці мінус 2,200 та точці вимірювання інтенсивності гамма-випромінювання з координатами А,7,-1 - 14,+3.

Кутовий розподіл інтенсивності гамма-випромінювання. За результатами попереднього вимірювання ПД у приміщенні Г077/1 було визначено чотири точки дослідження кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання. Аналіз отриманих даних кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання показує рівномірне забруднення будівельних конструкцій, що залишилися після демонтажу обладнання, а саме забруднення підлоги на відмітках мінус 3,500; 0,000 і мінус 5,200. Виявлені у приміщенні джерела випромінювання, що знаходяться у напрямку між осями А6, 15 та А6, 12 дають внесок у ПД біля них, але враховуючи конфігурацію і розташування напрямку, не можна вважати ці джерела головними у формуванні ПД у приміщенні. Характерну картограму кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання у приміщенні Г077/1 наведено на рис. 4.

Результати вимірювання ПД у приміщеннях Г192/1, Г219/1 та Г363/1 показали рівномірний розподіл значень ПД гамма-випромінювання без яскраво виражених потужних джерел. Обладнання, радіоактивне забруднення якого могло формувати джерело випромінювання у приміщеннях, демонтовано. Товсті бетонні стіни повністю екранують від можливих потужних джерел зовні. Тому дослідження кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання в цих приміщеннях не проводилися.

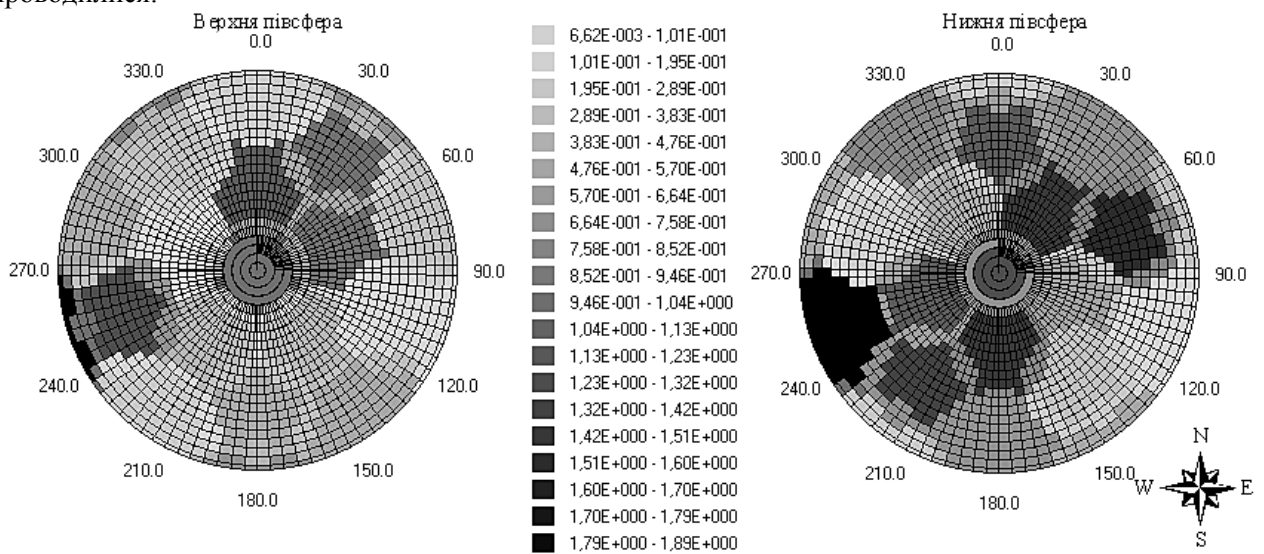


Рис. 4. Картограма кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання в точці з координатами А,7.1 - 14,4.3 на відмітці мінус 2,200.

Енергетичні характеристики гамма-випромінювання

У результаті дослідження енергетичних характеристик у приміщеннях були отримані гамма-спектри. На спектрах для приміщень Г077/1 і Г192/1 добре помітні гамма-лінії ¹³⁷Cs і ⁶⁰Co. Такий спектр виникає при суперпозиції забруднення експлуатаційного та «аварійного» походження. Відмінність нуклідного складу від типового для «аварійного» та експлуатаційного забруднення обладнання та будівельних конструкцій також була помічена при комплексному інженерно-радіаційному обстеженні [4]. Отримані спектри у приміщеннях Г077/1 і Г192/1 наведено на рис. 5 та 6 відповідно.

У приміщенні Г219/1 дозоутворюючим радіонуклідом є ¹³⁷Cs. Отриманий спектр у приміщенні Г219/1 наведено на рис. 7.

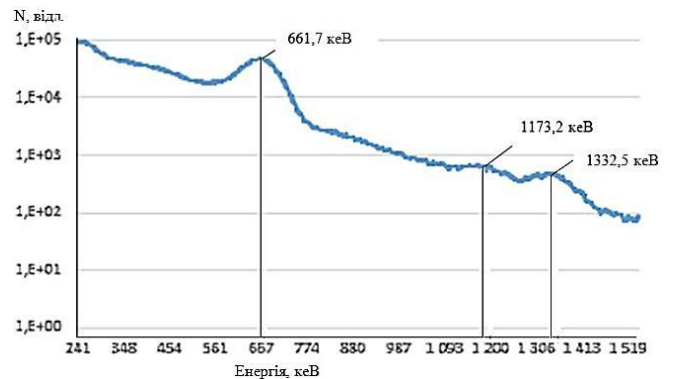


Рис. 5. Спектр у приміщенні Г077/1 на відмітці мінус 4,200.

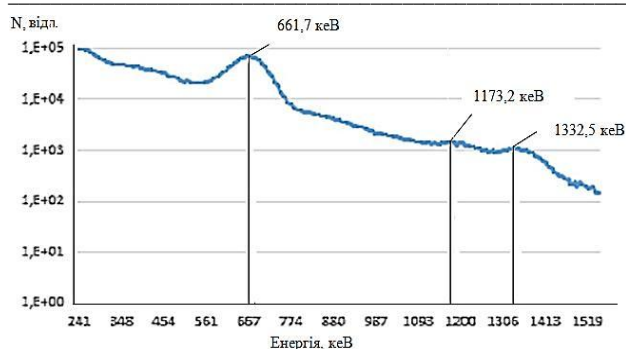


Рис. 6. Спектр у приміщенні Г192/1 на відмітці 0,000.

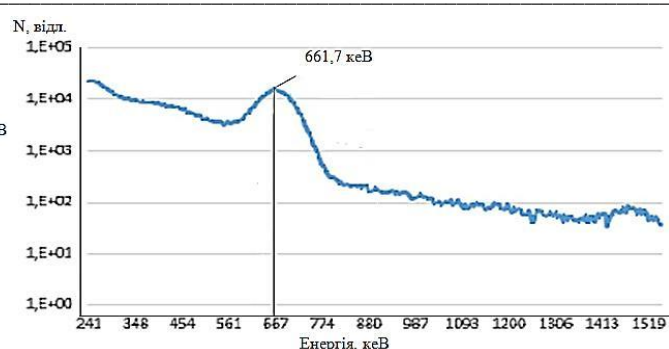


Рис. 7. Спектр у приміщенні 219/1 на відмітці 5,000.

Концентрації аерозолів у повітрі. Величини концентрації аерозолів у повітрі ЗВР із реконструкції частини машинного залу ЧАЕС для створення сховища ВАВ наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Діапазон величин концентрації аерозолів у повітрі ЗВР, Бк/м³

Відмітка	Приміщення	α -випромінюючі нукліди	β -випромінюючі нукліди
мінус 4,000	Г077/1	< МДА	0,63 – 2,4
0,900	Г192/1	< МДА	0,24 ± 0,09
5,000	Г219/1	< МДА	0,1 ± 0,05
9,400	Г363/1	< 0,04*	< 3,0*

* Не перевищує норм, установлених для приміщень 3-ї підзони [3].

Висновки

1. ПД гамма-випромінювання у ЗВР із реконструкції частини машинного залу І черги ЧАЕС для створення сховища ВАВ досягає 116 мкЗв/год (в одному з напрямків приміщення Г077/1). В інших приміщеннях значення ПД не перевищує 5,4 мкЗв/год, що не перевищує норм, установлених для приміщень 3-ї підзони.

2. Аналіз отриманих даних кутового розподілу інтенсивності гамма-випромінювання у приміщенні Г077/1 показує рівномірне розподілення забруднення будівельних конструкцій. Виявлені джерела випромінювання, що знаходяться у напрямках на відмітці мінус 4,000 м, дають внесок у ПД біля них, однак ці джерела локальні й не формують радіаційні умови в усьому приміщенні.

3. Дослідження енергетичних характеристик гамма-випромінювання показало, що у приміщеннях Г077/1 і Г192/1 є наявне забруднення експлуатаційного та «аварійного» походження, у той час як приміщення Г219/1 забруднене лише ¹³⁷Cs аварійного походження.

4. Максимальні значення ЩПЗ досягають 11400 част./((см²·хв) (загальне) і 2700 част./((см²·хв) (що знімається) (у напрямку приміщення Г077/1).

5. Концентрація аерозолів у повітрі ЗВР не перевищує норм, установлених для приміщень 3-ї підзони.

6. Об'єм отриманих вихідних даних по радіаційних умовах у результаті комплексних досліджень цілком достатній для проектування сховища ВАВ, а також моделювання радіаційних умов і розрахунку дозових навантажень будівельного персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Оптимізація* протирадіаційного захисту та ймовірнісний аналіз безпеки при здійсненні діяльності з перетворення об'єкта "Укриття" : (Звіт) / ІПБ АЕС НАН України. - 2004. - 324 с.
2. *Збірник* робочих інструкцій по експлуатації приладів радіаційного контролю цеху радіаційної безпеки, 43Э-РБ. - ДСП ЧАЕС, 1999.
3. *Контрольні рівні* радіаційної безпеки 41П-С. - ДСП ЧАЕС.
4. *Итоговый отчет* по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблока № 1. 14.50.420.120-01.57.

О. В. Балан, С. Г. Брылка, В. В. Егоров, Ю. В. Морозов, Л. И. Павловский

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

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ХРАНИЛИЩА ВЫСОКОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В МАШИННОМ ЗАЛЕ ЧАЭС

Для решения современной проблемы исчерпания свободного объема существующих хранилищ высокоактивных отходов и обеспечения функционирования инфраструктуры обращения с высокоактивными отходами на ЧАЭС и объекте «Укрытие» запланировано введение на промышленной площадке ЧАЭС хранилища высокоактивных отходов. Хранилище предназначено для приема и долговременного хранения высокоактивных отходов, которые будут образовываться при снятии с эксплуатации энергоблоков ЧАЭС, преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, а также для продуктов переработки ядерного топлива украинских АЭС. Размещение хранилища планируется в машинном зале и имеет экономическое обоснование – зал уже оборудован необходимыми инженерными сетями, грузоподъемными механизмами, транспортными подъездами и системой физической защиты. С целью получения необходимых исходных данных для проектирования хранилища специалистами ИПБ АЭС НАН Украины были проведены комплексные исследования радиационных условий. Были измерены мощность дозы гамма-излучения, плотность поверхностного загрязнения, концентрация аэрозолей в воздухе, а также изучены энергетические характеристики гамма-излучения и угловое распределение интенсивностей гамма-излучения.

Ключевые слова: радиационная обстановка, машинный зал, ЧАЭС, хранилище высокоактивных отходов.

O. V. Balan, S. G. Brylka, V. V. Yehorov, Yu. V. Morozov, L. I. Pavlovsky

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chernobyl, 07270, Ukraine

ESTIMATION OF RADIATION CONDITIONS FOR CONSTRUCTION OF THE STORAGE OF HIGH-LEVEL WASTE IN THE TURBINE HALL CHERNOBYL NPP

To solve the current problem of the depletion of the free volume of existing high-level waste storage facilities and the operation of the high-level waste management infrastructure at the Chernobyl NPP and the object “Ukryttya”, it is planned to introduce high-level waste storage facilities at the Chernobyl industrial site. The storage facility is intended for reception and long-term storage of high-level waste that will be generated when the Chernobyl NPP power units are decommissioned; the object “Ukryttya” is converted into an environmentally safe system and for nuclear fuel reprocessing products of Ukrainian NPPs. The storage location is planned in the turbine hall and has an economic justification - the hall is already equipped with the necessary engineering networks, hoisting mechanisms, transport entrances and security protection system. In order to obtain the necessary initial data for the design of the storage facility, the specialists of the Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the National Academy of Sciences of Ukraine carried out complex studies of radiation conditions. The dose rate of gamma radiation, the density of surface contamination, the concentration of aerosols in the air, and the energy characteristics of gamma radiation and the angular distribution of gamma-radiation intensities were measured.

Keywords: radiation conditions, turbine hall, Chernobyl NPP, storage of high-level waste.

REFERENCES

1. *Optimization* of anti-radiation protection and probabilistic safety analysis in the process of transformation of the "Ukryttya" object : (Report) / ISP NPP. - 2004 - 324 p. (Ukr)
2. *Collection* of working instructions on the operation of radiation control devices for radiation safety department, 43E-RB. - ChNPP SSP, 1999. (Ukr)
3. *Control* levels of radiation safety 41P-S. - DSP ChNPP. (Ukr)
4. *Final* report on the results of integrated engineering and radiation testing of Unit 1. 14.50.420.120-01.57 (Rus)

Надійшла 29.03.2018
Received 29.03.2018