

О. С. Лагуненко, В. Є. Хан, О. К. Калиновський, В. О. Кашпур, В. П. Ковальчук,
П. В. Сабенін, О. А. Свирид, А. В. Ткач, С. В. Юрчук

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

Радіоактивні аерозолі в умовах нового безпечного конфайнмента у 2018 р.

Ключові слова:

новий безпечний конфайнмент,
об'єкт «Укриття»,
аерозолі,
об'ємна активність,
медіанний за активністю
аеродинамічний діаметр.

Наведено результати контролю поведінки радіоактивних аерозолів в умовах нового безпечного конфайнмента (НБК) у 2018 р. Максимальна швидкість неорганізованого викиду продуктів Чорнобильської аварії у простір під накриттям НБК спостерігалася в листопаді — 4,6 кБк/(м² · доба). Середньодобова щільність випадання радіоактивних частинок на легку покрівлю у 2018 р. склала 2,2 кБк/(м² · доба). Об'ємна активність суми довгоживучих бета-випромінюючих нуклідів на частинках аерозолу, що надходив в атмосферу через систему «Байпас», знаходилася в діапазоні 0,1–2,6 Бк/м³. Їхніми носіями були частинки з медіанним за активністю аеродинамічним діаметром 4,3–10 мкм. Наведено дані про стан забруднення радіоактивними аерозолями приземного шару атмосфери під накриттям НБК.

Вступ

Завершення будівництва та герметизація огорожувальних контурів нового безпечного конфайнмента (НБК) істотно обмежило в 2018 р. впливом метеорологічних умов навколишнього середовища (атмосферних опадів, температури та вітру) на об'єкт «Укриття». У результаті зміни температурно-вологісного режиму всередині об'єкта відбувається поступове висихання водних скупчень радіоактивно забруднених вод у приміщеннях та зниження вологості повітря, що в свою чергу зумовлює підвищення вторинного пилопідйому, у тому числі з поверхонь паливовмісних матеріалів. Радіоактивний аерозоль, що виноситься з об'єкта «Укриття» повітряними потоками через технологічні отвори та нещільності на верхніх відмітках об'єкта і його легкої покрівлі, став обмежений простором усередині НБК. У результаті цього відбувається випадання радіоактивних частинок на покрівлю об'єкта «Укриття» та інших об'єктів під накриттям НБК.

У 2018 р. були продовжені систематичні дослідження «неорганізованого» викиду радіоактивного аерозолу з об'єкта «Укриття» [1, 2]. Ці спостереження, розпочаті в 1992 р., залишаються важливим джерелом експериментальних даних, необхідних для оцінювання радіаційної безпеки та розуміння процесів, що відбуваються всередині об'єкта «Укриття», а також його впливу на радіоактивне забруднення повітря всередині НБК.

Метою роботи є дослідження динаміки радіоаерозольної ситуації в умовах під накриттям НБК протягом 2018 р.

Матеріали та методика експерименту

Для оцінювання «неорганізованого» викиду радіоактивного аерозолу через технологічні отвори й нещільності легкої покрівлі застосовували акумулюючі планшети з марлі. Опис планшетів детально представлено в роботі [1]. Як і в попередні роки, планшети встановлювали над технологічними люками № 7 (ряд I⁺¹⁴⁰⁰, вісь 46⁺¹³⁰⁰), № 10 (ряд L⁺⁷⁰⁰,

© О. С. Лагуненко, В. Є. Хан, О. К. Калиновський, В. О. Кашпур, В. П. Ковальчук,
П. В. Сабенін, О. А. Свирид, А. В. Ткач, С. В. Юрчук, 2020

вісь 46⁺¹³⁰⁰), № 13 (ряд К⁺⁷⁰⁰, вісь 48₋₇₀₀) і № 15 (ряд Л⁺¹³⁰⁰, вісь 48₋₅₀₀). Для утримання часток аерозолю марлю попередньо просочували нафтопродуктами (літол-24 і масло-розчинник). Заміна планшетів проводиться щомісяця.

Проби аерозолю з системи «Байпас» відбирали через люк, розташований у приміщенні 2016/2 (рис. 1). Відбір аерозольних частинок та їхню класифікацію за розмірами проводили за допомогою 5-каскадного імпактора ІБФ-5К. Пристрій робить градацію частинок за п'ятьма діапазонами аеродинамічного діаметра (АД): <0,5 мкм; 0,5–1,2 мкм; 1,2–3,7 мкм; 3,7–8,5 мкм; 8,5–17,0 мкм. Як п'ятий ступінь (<0,5 мкм) було використано тонкодисперсний фільтр, що давало змогу більш повно вловлювати частинки аерозолю субмікронного розміру. Відбір проби проводили протягом 1–2 тижнів.

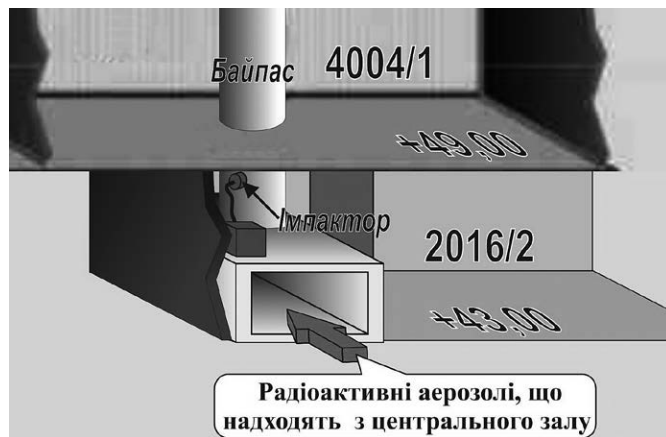


Рис. 1. Відбір проб аерозолю в системі «Байпас»

Для визначення об'ємної активності і складу радіонуклідів проби повітря під накриттям НБК відбирали за допомогою фільтровентиляційної установки (ФВУ) «GRAD-1.8» (рис. 2). Матеріал повітряних фільтрів — тканина Петрянова ФПП-15-1,5, площа фільтра — 0,56 м², продуктивність установки — 450 м³/год. Установка розташована біля південної стіни машинного залу 4-го блока на відмітці +10,00 на перетині осі 42 і ряду А₋₆₀₀₀. Періодичність зміни фільтрів — 7 дб.

Для визначення щільності випадінь радіонуклідів під накриттям НБК використовували планшети марлеві горизонтальні (ПМГ). Тривалість експозиції ПМГ становила один місяць. Перший ПМГ був розташований біля південної стіни машинного залу на перетині осі 42 і ряду А₋₆₀₀₀ (див.

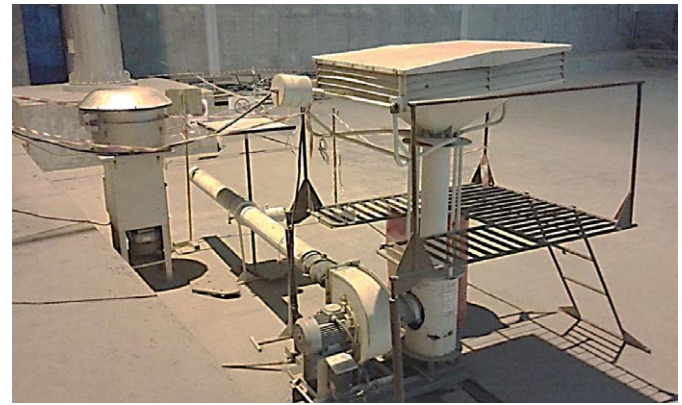


Рис. 2. Розміщення засобів пробовідбору на відмітці +10,00: а — ФВУ «GRAD-1.8»; планшет марлевий горизонтальний; в — імпактор «Andersen»

рис. 2). Другий ПМГ був встановлений у серпні 2018 р. біля західної стіни 4-го блока (перетин осі 59 і ряду Ш).

Проби для визначення дисперсного складу аерозольних частинок-носіїв ¹³⁷Cs у приземному шарі повітря під накриттям НБК біля південної стіни машинного залу блока 4 відбирали шляхом прокачування повітря через імпакторний пристрій «Andersen» (модель РМ-10) із продуктивністю 1 650 м³/доба, який розташований у безпосередній близькості до ФВУ «GRAD-1.8» (див. рис. 2). Пристрій здійснює сортування часток по п'яти АД: <0,8 мкм; 0,8–1,4 мкм; 1,4–2,3 мкм; 2,3–4,9 мкм; 4,9–10,0 мкм. Як п'ятий ступінь (<0,8 мкм) використовується фільтрувальний матеріал Whatman-41 площею 600 см². Відбір проби проводили безперервно протягом 2 тижнів.

Вимірювання активності радіонуклідів у відібраних пробах виконували на гамма-спектрометричному комплексі, що складається з напівпровідникового детектора GL2020R із надчистого германію з берилієвим вікном товщиною 500 мкм і 8 192-канального амплітудного аналізатора імпульсів. Вимірювальний діапазон охоплює енергії від 10 до 1 400 кеВ. Детектор має роздільну здатність 0,57 і 1,2 кеВ для енергій гамма-квантів 122 кеВ (гамма-лінія ⁵⁷Co) і 661,6 кеВ (гамма-лінія ¹³⁷Cs) відповідно. За результатами гамма-спектрометричних вимірювань розраховували сумарну об'ємну активність довгоживучих бета-випромінюючих нуклідів (Σβ)-продуктів Чорнобильської аварії відповідно до співвідношень радіонуклідів з ²⁴¹Am у базовому складі палива 4-го блока на момент вимірювань [3, 4].

Результати контролю викиду радіоактивного аерозолію через технологічні отвори і нещільності легкої покрівлі об'єкта «Укриття»

На рис. 3 представлена динаміка середньодобової питомої швидкості «неорганізованих» викидів $\Sigma\beta$ через нещільності на верхніх відмітках об'єкта «Укриття» і технологічні отвори його легкої покрівлі у 2017–2018 рр. До $\Sigma\beta$ включені ізотопи ^{137}Cs , ^{90}Sr + ^{90}Y , ^{241}Pu . Активність ізотопів ^{90}Sr + ^{90}Y і ^{241}Pu визначали розрахунковим методом. Середньорічна питома швидкість «неорганізованого» викиду $\Sigma\beta$ у 2018 р. склала 2,6 кБк/(м²·доба), що приблизно в півтора рази вище, ніж у 2017 р. – 1,8 кБк/(м²·доба). Як бачимо на рисунку, підвищена швидкість викиду, порівняно з попереднім роком, спостерігалася аж до грудня 2018 р. Це було спричинено виконанням будівельно-монтажних робіт на об'єкті «Укриття» та заходами із введення в експлуатацію НБК, що призводило до збільшення вторинного підйому пилу на верхніх відмітках об'єкта.

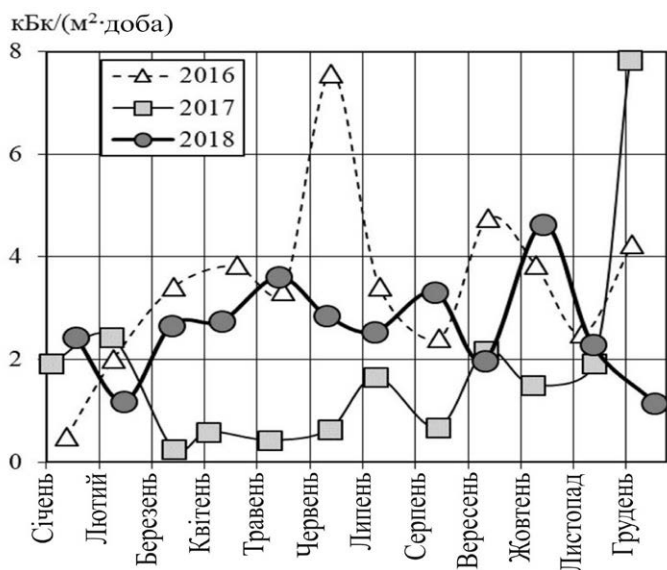


Рис. 3. Динаміка «неорганізованого» викиду $\Sigma\beta$ через нещільності на верхніх відмітках об'єкта «Укриття» у 2016–2018 рр.

Максимальна питома швидкість викиду $\Sigma\beta$ у 2018 р., що усереднена за чотири точки контролю, спостерігалася в листопаді і склала 4,6 кБк/(м²·доба).

Верхня оцінка сумарного «неорганізованого» викиду $\Sigma\beta$ з об'єкта «Укриття» в простір під накриттям НБК у 2018 р. склала 117 МБк (рис. 4), тобто суттєво більше, ніж у 2017 р. (73 МБк).

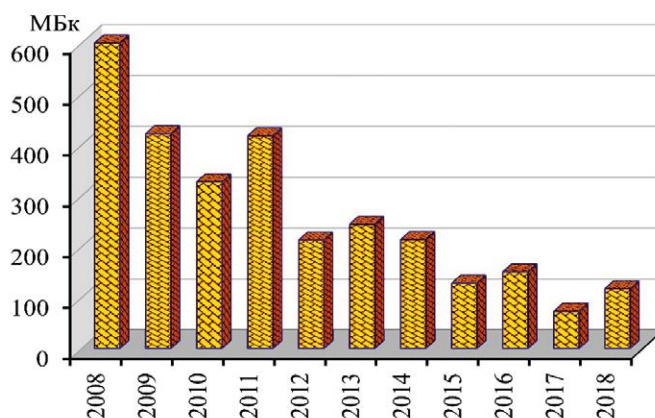


Рис. 4. Динаміка «неорганізованого» викиду $\Sigma\beta$ з об'єкта «Укриття» у 2008–2018 рр.

Динаміка щільності випадіння радіонуклідів на легку покрівлю об'єкта «Укриття» представлена на рис. 5. Середньорічна щільність випадіння у 2018 р. склала 2,2 кБк/(м²·доба), що на 30 % вище, ніж у 2017 р., та в два рази вище, ніж у 2016 р. Максимальна щільність випадіння радіонуклідів у 2018 р. спостерігалася в червні.

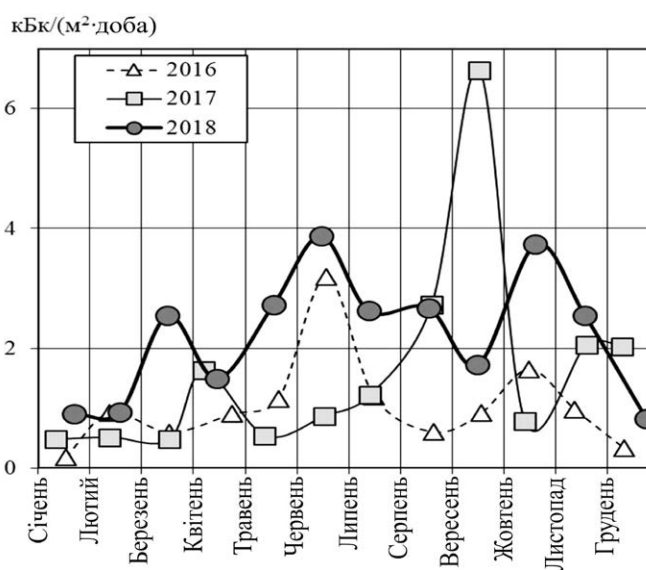


Рис. 5. Динаміка щільності випадіння $\Sigma\beta$ на легку покрівлю об'єкта «Укриття» у 2016–2018 рр.

Коефіцієнт кореляції між «неорганізованим» викидом з об'єкта «Укриття» і щільністю випадіння радіонуклідів на його легку покрівлю у 2018 р. склав 0,70, що в два з половиною рази вище, ніж у 2017 р. (0,28). Це пов'язано з завершенням на початку 2018 р. демонтажу легкої покрівлі машинного залу 4-го блока, що супроводжувалося утворенням і

підйомом радіоактивного будівельного пилу в межах простору під накриттям НБК.

Дослідження дисперсного і радіонуклідного складу аерозолі у викидах з об'єкта «Укриття» через систему «Байпас»

У 2018 р. продовжено розпочаті у 2002 р. спостереження за радіоактивним аерозолем, що надходить із колишнього центрального залу 4-го блока через систему «Байпас» у вентиляційну трубу другої черги Чорнобильської АЕС [1, 2, 5]. Вибір системи «Байпас» як місця відбору проб для досліджень дисперсного і радіонуклідного складу аерозольних викидів з об'єкта «Укриття» обумовлений тим, що сюди надходять об'єднані в центральному залі мікро- і макропотоки з численних приміщень і коридорів об'єкта «Укриття», в тому числі з тих, де знаходяться лавоподібні паливовмісні матеріали (ЛПВМ) і залишки ядерного палива.

Об'ємна активність аерозолів-носіїв продуктів аварії 4-го блока Чорнобильської АЕС. У 2018 р. для визначення об'ємної активності і дисперсного складу радіоактивного аерозолі в системі «Байпас» було виконано 18 відборів проб, у яких об'ємна активність ^{137}Cs коливалася від 55 до 1700 мБк/м³, а ^{241}Am — від 0,94 до 17 мБк/м³. Об'ємна активність $\Sigma\beta$ у 2018 р. змінювалася від 0,1 до 2,6 Бк/м³ (більшість значень в інтервалі 0,5–2 Бк/м³). Найбільш високе значення спостерігалось у жовтні. Середньорічне значення складало 1 Бк/м³. Для порівняння, об'ємна активність $\Sigma\beta$ у 2017 р. змінювалася від 0,47 до 2,7 Бк/м³, при цьому середньорічне значення становило 0,84 Бк/м³.

У 2018 р. середнє значення відношення об'ємної активності ^{137}Cs до об'ємної активності ^{241}Am становило 79, а середнє значення відношення $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,3$. Для порівняння, у 2017 р. середнє значення відношення $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 73$, а середнє значення відношення $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,59$ [1]. Таким чином, частка ^{137}Cs у складі $\Sigma\beta$, що надходила в атмосферу через систему «Байпас», у 2018 р. знизилася в порівнянні з попереднім роком і складала не більше третини.

На рис. 6 представлені результати спостережень динаміки об'ємної активності $\Sigma\beta$ в системі «Байпас» протягом 2003–2018 рр. Як бачимо на рисунку, лінія тренду свідчить про зменшення об'ємної активності $\Sigma\beta$ у викидах через систему «Байпас».

Дисперсність радіоактивного аерозолі. Аналіз розподілу радіонуклідів за розмірами частинок-носіїв показав, що значення медіанного

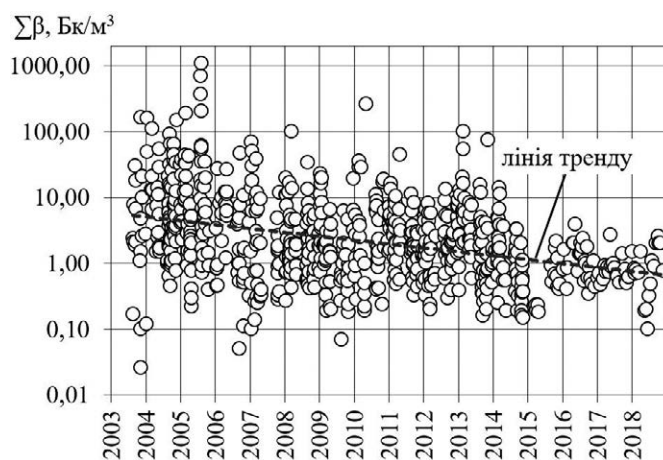


Рис. 6. Динаміка об'ємної активності $\Sigma\beta$ в системі «Байпас» об'єкта «Укриття»

за активністю аеродинамічного діаметра (АМАД) для ^{137}Cs варіювало від 6,5 до 10 мкм, при цьому середньорічне значення становило 8,3 мкм. Для порівняння, у 2016 р. АМАД змінювався в інтервалі 5,7–11 мкм, середнє значення складало 9,7 мкм [5], а в 2017 р. АМАД змінювався в інтервалі 4,9–10 мкм, середньорічне значення — 8,9 мкм [2]. З аналізу даних випливає, що після встановлення арки НБК 27 листопада 2016 р. в проектне положення в наступні 2017–2018 рр. внесок великих частинок-носіїв ^{137}Cs в його об'ємну активність у викидах через систему «Байпас» знижувався. Значення АМАД частинок-носіїв ^{241}Am у 2018 р. в системі «Байпас» варіювало від 8,3 до 10 мкм, а середньорічне значення становило 9,4 мкм.

Спостереження за напрямком повітряного потоку в системі «Байпас». У 2018 р. було продовжено розпочаті у 2015 р. спостереження за напрямком повітряного потоку в системі «Байпас». Контроль напрямку потоку здійснювався щотижня, в тому числі і в дні зміни фільтрів (перезарядки) імпактора ІБФ-5К. Спостереження у 2015–2016 рр. показали, що за широкого діапазону метеорологічних параметрів рух повітря в системі «Байпас» не тільки припинявся, а й був направлений всередину об'єкта [5]. Напрямок потоку повітря «всередину» спостерігався і в більш ранні роки, причому переважно у весняний період, коли виникала значна різниця температур всередині і зовні об'єкта «Укриття».

У 2017 р. було зареєстровано 34 випадки напрямку повітряного потоку «всередину» та 13 випадків «назовні» [1]. У 2018 р. було зареєстровано 39 випадків направлення повітряного потоку «всередину» і 9 випадків «назовні».

Дослідження радіаційного забруднення повітря під накриттям НБК

Об'ємна активність радіонуклідів у повітрі під накриттям НБК. У 2018 р. всередині НБК біля південної стіни машинного залу 4-го блока було відібрано 46 проб забруднення приземного шару повітря. Об'ємна активність ^{137}Cs у повітрі змінювалася в інтервалі від 14 до 890 мБк/м³ за середньорічного значення 160 мБк/м³. Максимальне значення припало на період відбору проби повітря з 23 по 30 січня.

Об'ємна активність ^{241}Am змінювалася в інтервалі від 0,17 до 5,7 мБк/м³ за середньорічного значення 1,7 мБк/м³. Максимальне значення припало на період відбору проби повітря з 6 по 14 листопада.

Об'ємна активність $\Sigma\beta$ у повітрі змінювалася від 20 до 1 100 мБк/м³, при цьому більшість значень була в інтервалі 50–600 мБк/м³. Середньорічне значення складало 250 мБк/м³. Найбільше значення об'ємної активності спостерігалось в кінці січня. Крім того, досить високого значення, близько 700 мБк/м³, $\Sigma\beta$ досягла у листопаді.

Співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$ в приземному шарі повітря у 2018 р. змінювалося суттєво і варіювало від 33 до 441 (рис. 7). Як бачимо на рисунку, більшість значень перебувало в інтервалі 30–150. Середнє значення $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$ для цього діапазону — 75, а $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta$ — 0,56. Таким чином, внесок ^{137}Cs в об'ємну активність $\Sigma\beta$ приземного шару повітря під накриттям НБК у більшості спостережень перевищував 50 %.

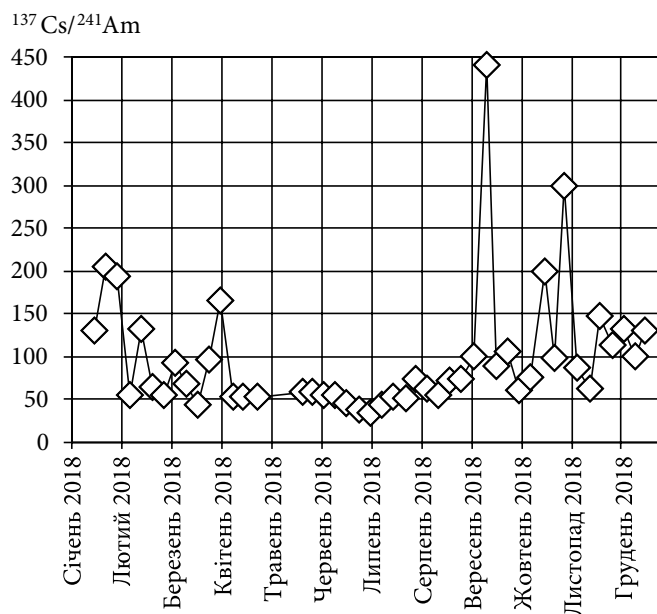


Рис. 7. Співвідношення об'ємних активностей $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$ у повітрі біля стіни машинного залу під накриттям НБК у 2018 р.

Щільність і швидкість випадіння радіонуклідів на підстилаючу поверхню під накриттям НБК. У 2018 р. в районі південної стіни машинного залу 4-го блока в межах простору під накриттям НБК було відібрано 12 проб випадіння радіонуклідів. Щільність випадіння ^{137}Cs змінювалася від 4,6 до 27 Бк/(м² · доба), а середньорічне значення складало 13 Бк/(м² · доба). Щільність випадіння ^{241}Am змінювалася від 0,074 до 0,86 Бк/(м² · доба), при цьому середньорічне значення складало 0,30 Бк/(м² · доба). Максимальні щільності випадіння ^{137}Cs і ^{241}Am припали на період експонування планшету з 24 квітня по 29 травня.

Швидкість випадіння ^{137}Cs змінювалася від $3,4 \cdot 10^{-4}$ до $2,3 \cdot 10^{-3}$ м/с, середньорічне значення складало $1,2 \cdot 10^{-3}$ м/с. Швидкість випадіння ^{241}Am змінювалася від $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $8,1 \cdot 10^{-3}$ м/с, середньорічне значення — $2,0 \cdot 10^{-3}$ м/с.

Біля західної стіни 4-го блока в 2018 р. було відібрано 5 проб випадіння. Щільність випадіння ^{137}Cs змінювалася від 5,2 до 16 Бк/(м² · доба), середньорічне значення складало 10 Бк/(м² · доба). Щільність випадіння ^{241}Am змінювалася від 0,073 до 0,54 Бк/(м² · доба), середньорічне значення — 0,22 Бк/(м² · доба). Максимальні значення щільності випадіння радіонуклідів припали на період експонування планшету з 8 по 28 серпня.

Співвідношення $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$ у випадіннях для більшості проб було в межах значень 30–70. При цьому в пробах, відібраних біля південної стіни машинного залу 4-го блока, середньорічне значення становило 44, а біля західної стіни — 57.

Дисперсний склад частинок-носіїв ^{137}Cs і ^{241}Am у повітрі під накриттям НБК. У 2018 р. були продовжені дослідження дисперсного складу радіоактивного аерозолі в повітрі біля південної стіни машинного залу блока 4, розпочаті у 1997 р. [6]. Усього протягом року було виконано 16 відборів проб, у яких об'ємна активність ^{137}Cs коливалася від 2,5 до 71 мБк/м³, а ^{241}Am — від 0,01 до 0,75 мБк/м³. Аналіз розподілу радіонуклідів за розміром частинок-носіїв виявив, що АМАД носіїв ^{137}Cs варіював від 1,3 до 2,4 мкм, а ^{241}Am — від 2,2 до 2,9 мкм.

Порівняння результатів спостережень у 2018 р. і в попередні роки свідчить про те, що зберігається загальна тенденція присутності більше половини ^{137}Cs та ^{241}Am на частинках з аеродинамічним діаметром (АД) в інтервалі 2–8 мкм. При цьому частка ^{137}Cs , що припадала на частинки з АД менше 0,8 мкм, у 2018 р. змінювалася суттєво і варіювала від 9 до 36 %, а частка ^{241}Am у більшості проб становила 4–11 % і тільки в двох випадках досягала 20 %.

Висновки

У 2018 р. «неорганізований» викид радіоактивно-го аерозолу з об'єкта «Укриття» був майже в півтора рази вищим порівняно з 2017 р., що обумовлено збільшенням вторинного підйому радіоактивного пилу на верхніх відмітках об'єкта в результаті будівельно-монтажних робіт і заходів із введення в експлуатацію НБК.

Герметизація НБК протягом 2018 р. суттєво знизила інтенсивність повітрообміну між простором під накриттям НБК і навколишнім середовищем. Унаслідок цього середньорічна щільність випадіння радіонуклідів на легку покрівлю об'єкта «Укриття» зросла на 30 % у порівнянні з 2017 р. і склала 2,2 кБк/(м²·доба).

У результаті поступового змінення температурно-вологісного режиму в об'єкті «Укриття» у 2018 р. спостерігалось збільшення кількості випадків руху повітря всередину об'єкта через систему «Байпас».

АМАД носіїв ¹³⁷Cs в повітрі, що надходило з центрального залу об'єкта «Укриття» у 2018 р., знаходився в інтервалі 4,3–10 мкм за середньорічного значення 8,3 мкм. Внесок великих частинок у сумарну активність аерозолу в 2018 р. у порівнянні з 2017 р. знизився.

Після встановлення НБК в проектне положення і герметизації його огорожувальних контурів у просторі між південною стіною машинного залу 4-го блоку і стіною арки НБК спостерігається зниження рівня забруднення повітря, а також щільності випадіння радіонуклідів на підстилаючу поверхню.

Список використаної літератури

1. Огородников Б. И. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986–2006 гг. / Б. И. Огородников, Э. М. Пазухин, А. А. Ключников. — Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2008. — 456 с.
2. Лагуненко А. С. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в условиях нового безопасного конфайнмента в 2017 г. / А. С. Лагуненко, В. Е. Хан, А. К. Калиновский, В. А. Краснов, В. А. Кашпур, В. П. Ковальчук // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля. — 2017. — Вып. 31. — С. 68–75.
3. Радиационно-физические характеристики топлива 4-го энергоблока ЧАЭС и оценка их погрешности: справочник / А. А. Боровой, А. А. Довбенко, В. М. Маркушев и др. / КЭ при ИАЭ им. И. В. Курчатова. — Инв. № 11.07-06/172. — Чернобыль, 1989. — 115 с.

4. Определение ядерно-физических характеристик топлива 4-го энергоблока ЧАЭС : отчет о НИР / ИБРАЭ АН СССР. — Инв. № 52/11-20. — Москва, 1991.
5. Лагуненко А. С. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2015–2016 гг. / А. С. Лагуненко, В. Е. Хан, А. К. Калиновский, В. А. Краснов, В. А. Кашпур, С. А. Довыдьков // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля. — 2017. — Вып. 29. — С. 69–77.
6. Гаргер Е. К. Экспериментальная оценка величины мощности выброса радиоактивных аэрозолей из проемов объекта «Укрытие» / Е. К. Гаргер, В. А. Кашпур, А. А. Корнеев, А. А. Курочкин // Междунар. конф. «Пятнадцать лет Чернобыльской катастрофы. Опыт преодоления». — Киев, 2001. — С. 11.

**O. S. Lagunenکو, V. Ye. Khan, O. K. Kalynovskiy,
V. O. Kashpur, V. P. Kovalchuk, P. V. Sabenin,
O. A. Svirid, A. V. Tkach, S. V. Yurchuk**

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

Radioactive Aerosols under Conditions of New Safe Confinement in 2018

The results of monitoring of radioactive aerosols emissions from the Shelter object in 2018 are given. The maximum value of «unorganized» release rate was observed in November and was 4.6 kBq/(m²·day). The completion of construction and sealing of the enclosing contours of the New safe confinement (NSC) in 2018 completely limited the influence of meteorological environmental conditions: precipitation, temperature and wind on the Shelter object. As a result of changes in the temperature and humidity conditions inside the facility, water accumulations of radioactively contaminated water in rooms gradually dry up, air humidity decreases, which in turn helps to increase the secondary dust lift, including from the surfaces of fuel-containing masses. In 2018, the average daily density of radioactive particles precipitation on the light roofing totalled 2.2 kBq/(m²·day), which was higher than in the previous years. Increase in release of radioactive particles intensity on the Shelter object's light roofing is provided by implementation of building and assembly works under the NSC Arch. The concentration of sum of long-lived beta-emitting aerosols-carriers (⁹⁰Sr + ⁹⁰Y and ¹³⁷Cs) entering the atmosphere through the Bypass

system was within the range of 0.1-2.6 Bq/m³. Besides, ¹³⁷Cs share was 30%. The particles with 4.3-10 μm active median aerodynamic diameter acted as their carriers. Stable trend is observed in reducing the sum of long-lived beta-emitting aerosols in unorganized releases through «Bypass» system. Airflow movement within «Bypass» system has unstable character. In 2018, airflow direction inside the Shelter object was prevailing. The data on the contamination by radioactive aerosols of the atmosphere surface layer under the NSC Arch are represented.

Keywords: New safe confinement, Shelter object, aerosols, volume activity, activity median aerodynamic diameter.

References

- Ogorodnikov B. I., Pazukhin E. M., Klyuchnikov A. A. (2008). *Radioaktivnye aerezoli ob'yekta "Ukrytie": 1986–2006 gg.* [Radioactive aerosols of the Shelter object: 1986–2006]. Chornobyl: ISP NPP, NAS of Ukraine, 456 p. (in Russ.)
- Lagunenکو A. S., Khan V. E., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A., Kashpur V. O., Kovalchuk V. P. (2017). [Monitoring of radioactive aerosol releases from Shelter object within conditions of New Safe Confinement in 2017]. *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsiy i Chornobylya* [Problems of nuclear power plants' safety and of Chornobyl], vol. 31, pp. 68–75. (in Russ.)
- Borovoi A. A., Dovbenko A. A., Markushev V. M. et al. (1989). *Radiatsionno-phizicheskiye kharakteristiki topliva 4-go bloka ChAES i otsenka ikh pogreshnosti* [Radiation-physical characteristics of the fuel of 4th power unit of the Chornobyl NPP and estimation of their error]. Chornobyl: CE at I. V. Kurchatov Institute of Atomic Energy; inv. no. 11.07-06/172, 115 p. (in Russ.)
- Research investigation report "Determination of the nuclear-physical characteristics of the fuel of the 4th power unit of the ChNPP"; inv. no. 52/11-20). Moscow IBRAE, NAS of USSR, 1991. (in Russ.)
- Lagunenکو A. S., Khan V. E., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A., Kashpur V. O., Dovydkov. S. A. (2017). [Monitoring of releases of radioactive aerosols from Shelter object in 2015–2016]. *Problemy bezpeky atomnykh elektrostantsiy i Chornobylya* [Problems of nuclear power plants' safety and of Chornobyl], vol. 29, pp. 69–77. (in Russ.)
- Garger Ye. K., Kashpur V. A., Korneyev A. A., Kurochkin A. A. (2001). [Experimental estimation of the amount of emission of radioactive aerosols from the openings of the Shelter object]. Proceedings of the *Int. conf. "Fifteen years of the Chornobyl accident. Overcoming Experience"*. Kyiv, p. 11. (in Russ.)

Надійшла 03.12.2019

Received 03.12.2019