



НОСОВСЬКИЙ

Анатолій Володимирович — член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, директор Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України

ПРО СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ ДІЯЛЬНОСТІ З ПЕРЕТВОРЕННЯ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» НА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНУ СИСТЕМУ

За матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 8 лютого 2017 року

Тридцять років тому, 30 листопада 1986 р., Державна комісія прийняла на технічне обслуговування законсервованій енергоблок № 4 Чорнобильської АЕС. Для перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему Україна разом із міжнародною спільнотою докладає багато зусиль. Так, наприкінці 2016 року об'єкт «Укриття» накрили новим безпечним конфайнментом (НБК). Однак це лише перший, початковий етап, надалі потрібно провести ще багато наукових досліджень, вжити організаційних і технічних заходів для досягнення кінцевої мети — вилучення паливовмісних матеріалів з об'єкта «Укриття». У доповіді наведено основні положення Програми науково-технічного супроводу на етапах уведення в експлуатацію та експлуатації НБК, яка охоплює всі напрями діяльності з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Понад тридцять років тому, 30 листопада 1986 р., Державна комісія прийняла на технічне обслуговування законсервованій 4-й енергоблок Чорнобильської АЕС. Ця споруда дістала назву об'єкт «Укриття» [1].

Технічне обслуговування законсервованого енергоблока було покладено на Чорнобильську АЕС, а наукове керівництво — на Інститут атомної енергії ім. І.В. Курчатова [2]. Після здобуття Україною незалежності функцію науково-технічного супроводу робіт на об'єкті «Укриття» взяв на себе створений у системі Національної академії наук України Міжвідомчий науково-технічний центр «Укриття» (МНТЦ), який у 2004 р. було реорганізовано в Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (ІПБ АЕС) [3].

Упродовж усіх цих років співробітники ІПБ АЕС виконували на об'єкті «Укриття» наукові та практичні роботи з радіаційної розвідки приміщень аварійного енергоблока з метою



Законсервованій енергоблок № 4 Чорнобильської АЕС — об'єкт «Укриття»

встановлення місцезнаходження залишків ядерного палива, створення систем безпеки, діагностичних та експлуатаційних систем, визначення кількості ядерного палива, дослідження нестійких будівельних конструкцій аварійного енергоблока, розроблення стратегії перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему та ін. [4].

Починаючи з 1993 р. Україна разом із міжнародною спільнотою вживає заходів щодо перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему. Майже в усіх цих роботах беруть активну участь науковці ІПБ АЕС та інших установ НАН України.

29 листопада 2016 р. на Чорнобильській АЕС відбулася урочиста церемонія з нагоди встановлення у проектне положення нового безпечного конфайнменту (НБК). У заході взяли участь Президент України Петро Порошенко, представники посольств країн-донорів, профільних міністерств та відомств. У 2017 р. планується ввести НБК в експлуатацію.

Однак створення НБК є лише першим, початковим етапом перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему. Потрібно провести ще багато наукових досліджень, вжити організаційних і технічних заходів для досягнення кінцевої мети — вилучення паливовмісних матеріалів.

Одразу ж після міжнародного конкурсу 1993 р. було підготовлено технічне завдання на розроблення техніко-економічного обґрунтування з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему та запропоновано перелік заходів, що включав кілька етапів:

- перший етап — стабілізація нестабільних будівельних конструкцій об'єкта;
- другий — спорудження нової локалізуючої оболонки — нового безпечного конфайнменту;
- третій — демонтаж нестабільних будівельних конструкцій, вилучення та захоронення ядерних і радіоактивних матеріалів, зняття 4-го енергоблока з експлуатації.

На сьогодні реалізовано перші два завдання: стабілізація будівельних конструкцій та спорудження НБК. Однак через недостатність фінансування кінцевої запланованої мети проекту так і було досягнуто.

Утворені внаслідок аварії скупчення паливовмісних матеріалів є головним джерелом небезпеки об'єкта «Укриття». За своїм складом і станом вони належать до довгоіснуючих радіоактивних відходів (РАВ), а для деяких з них і до цього часу немає підтвердження, що вони є ядерно безпечними. Головне завдання при перетворенні об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему полягає у вилученні з приміщень об'єкта ядерних матеріалів та інших високоактивних відходів і розміщення їх у спеціалізованому сховищі, яке відповідає всім нормам безпеки [5, 6].

Вилучення паливовмісних матеріалів — основна умова перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему і зняття його з експлуатації. Роботи зі зняття енергоблока з експлуатації можуть розпочатися лише тоді, коли паливовмісні матеріали будуть переведені в ядерно безпечний стан і поставлені на контрольоване зберігання або передані на захоронення.

Ще в 2000 р. в рамках міжнародного Плану здійснення заходів на об'єкті «Укриття» було визначено попередню стратегію вилучення паливовмісних матеріалів [7]. Основні положення цієї стратегії такі:

- паливовмісні матеріали мають бути вилучені протягом терміну служби нового безпечного конфайнменту;
- тривалість виконання робіт з вилучення паливовмісних матеріалів — 40–50 років;
- пріоритетним є переміщення паливовмісних матеріалів і високоактивних РАВ у сховища для остаточного захоронення;
- дослідне вилучення паливовмісних матеріалів слід розпочинати після демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» та завершення випробувань технологій вилучення паливовмісних матеріалів;
- починати масове вилучення паливовмісних матеріалів слід тільки після вирішення питань щодо їх тимчасового зберігання чи захоронення.

Однак надалі продовження робіт з розроблення стратегії і технологій вилучення паливовмісних матеріалів довелося відкласти, тому вони так і не були реалізовані.

Отже, будівництво НБК здійснювалося в умовах, коли не було чіткої стратегії майбутнього вилучення паливовмісних матеріалів і подальшого поводження з ними. Єдиною вимогою до НБК є резервування необхідного технологічного простору для подальшого розміщення і використання технологій вилучення паливовмісних матеріалів та інших РАВ.

У процесі вилучення паливовмісних матеріалів можуть істотно змінюватися радіаційні параметри всередині НБК, що необхідно враховувати при розробленні та обґрунтуванні комплексу додаткових заходів з радіаційного захисту.

Потенційна небезпека паливовмісних матеріалів з часом може зростати внаслідок спонтанного руйнування їх поверхні з утворенням високоактивного пилу [8]. Тому надзвичайно актуальними питаннями є вилучення і кондиціонування паливовмісних матеріалів до того, як процес їх руйнування набуде масштабного характеру.



Наукові співробітники ІПБ АЕС виконують роботи в приміщеннях об'єкта «Укриття»



Урочиста церемонія з нагоди встановлення у проектне положення нового безпечного конфайнменту за участю Президента України Петра Порошенка. Чорнобиль, 29 листопада 2016 р.

Отже, одним із найважливіших завдань є розроблення технологічних рішень щодо вилучення паливовмісних матеріалів з використанням систем НБК та обґрунтування безпеки у процесі їх реалізації. Така попередня робота була виконана фахівцями ІПБ АЕС НАН України, і результатом її стали рекомендації щодо обов'язкового вилучення з об'єкта деяких небезпечних скупчень паливовмісних матеріалів [9].

Вилучені з об'єкта «Укриття» паливовмісні матеріали є довгоіснуючими радіоактивними відходами і підлягають захороненню лише у спеціальних сховищах, облаштованих у стабільних геологічних формаціях. Оскільки таких сховищ в Україні немає і їх створення можливе лише в дуже віддаленій перспективі, потрібно прийняти рішення про тимчасове довгострокове зберігання паливовмісних матеріалів, тобто про організацію проміжного сховища паливовмісних матеріалів. До того ж Україна збирається приймати високоактивні відходи від переробки ядерного палива вітчизняних реакторів, що повертаються з Росії, і планує збудувати для цього тимчасове припо-

верхнє сховище. Ось якраз у такому сховищі й може бути передбачено місце для розміщення високоактивних відходів об'єкта «Укриття».

Зарубіжний і вітчизняний досвід свідчить, що для довгострокового контейнерного зберігання відпрацьованого ядерного палива можуть використовуватися відкриті майданчики, обладнані системами фізичного захисту та іншими системами, які дозволяють безпечно зберігання в спеціальних контейнерах. Така схема довгострокового зберігання цілком придатна і для паливовмісних матеріалів, вилучених з об'єкта «Укриття».

Як майданчик для такого сховища паливовмісних матеріалів пропонується використовувати наявну бетонну монтажну платформу для складання металокожукцій НБК, розташовану на відстані близько 300 м від об'єкта «Укриття». Ця бетонна платформа має діючу освітлювальну мережу, систему відводу зливових вод з басейнами-відстійниками, огороження, а також діючу інфраструктуру фізичного захисту і контролю доступу.

Тривалість періоду вилучення паливовмісних матеріалів з об'єкта «Укриття» станови-

тиме приблизно 50 років у разі однозмінної роботи та п'ятиденного робочого тижня. З урахуванням наявності різних ризиків, у тому числі фінансових, роботи зі створення інфраструктури вилучення паливовмісних матеріалів повинні розпочатися не пізніше 2040 року. До цього часу необхідно завершити демонтаж нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» та вивезення їх за межі НБК.

Усі заходи з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему мають на меті забезпечення захисту персоналу, населення та навколишнього середовища від небезпеки ядерних і радіоактивних матеріалів шляхом їх вилучення, ізоляції та захоронення.

Проте останнім часом починає переважати точка зору, що, оскільки не існує необхідних технологій і технічних засобів поводження з ядерними та високоактивними радіоактивними матеріалами, розташованими на об'єкті «Укриття», необхідно відкласти їх вилучення як мінімум на 50 років, а на цей час перетворити об'єкт «Укриття» на бетонний куб, тобто реалізувати варіант поховання на місці. Така позиція, швидше за все, призведе до того, що таких технологій не буде і через 50 років.

Ідея щодо реалізації варіанта «захоронення на місці» об'єкта «Укриття» зовсім не нова [10]. Раніше не раз висловлювалися пропозиції забетонувати аварійний реактор. Проти цього заперечували і вчені Інституту атомної енергії ім. І.В. Курчатова на чолі з академіком А.П. Александровим, і наші українські фахівці — академік В.Г. Бар'яхтар, Г.О. Готовчиць та багато інших спеціалістів, які не з паперів знають об'єкт «Укриття».

Слід врахувати, що після демонтажу нестабільних будівельних конструкцій об'єкта «Укриття», який необхідно починати відразу ж після введення в експлуатацію НБК, єдиним бар'єром, що перешкоджає поширенню радіоактивних речовин у навколишнє середовище, буде новий безпечний конфайнмент. Тому розроблення технології вилучення і контейнеризації паливовмісних матеріалів з метою створення додаткового бар'єра для ядерно безпечних матеріалів, які лежать фактично



Арка — основна споруда нового безпечного конфайнменту

відкрито, має стати пріоритетним напрямом у перетворенні об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Після введення в експлуатацію НБК поставне ряд нових наукових проблем, пов'язаних як з поточною безпекою об'єкта, так і з безпекою планованих робіт з демонтажу його нестабільних конструкцій, а також з подальшим вилученням паливовмісних матеріалів і поводженням з ними. Прогнозується погіршення радіаційної обстановки в ряді приміщень об'єкта. Підвищення радіоактивного забруднення повітря в приміщеннях об'єкта відбуватиметься внаслідок висихання забруднених поверхонь конструкцій і скупчень ядерних матеріалів. У багатьох випадках такі поверхні і скупчення виявляються недоступними для штатної системи пилопригнічення, через що виникне потреба у нових нестандартних рішеннях щодо мінімізації негативного впливу такого чинника.

Під час демонтажу нестабільних конструкцій, які зараз виконують екрануючі функції, потужність дози всередині НБК зростатиме. Тому одним із важливих завдань наукового супроводу діяльності з демонтажу нестабільних конструкцій є прогнозування зміни радіаційної обстановки в процесі демонтажу, розроблення та обґрунтування комплексу захисних заходів, послідовності демонтажу, екранування, впровадження дистанційних технологій та ін.

Перелік наукових завдань з вилучення паливовмісних матеріалів і безпечного поводжен-

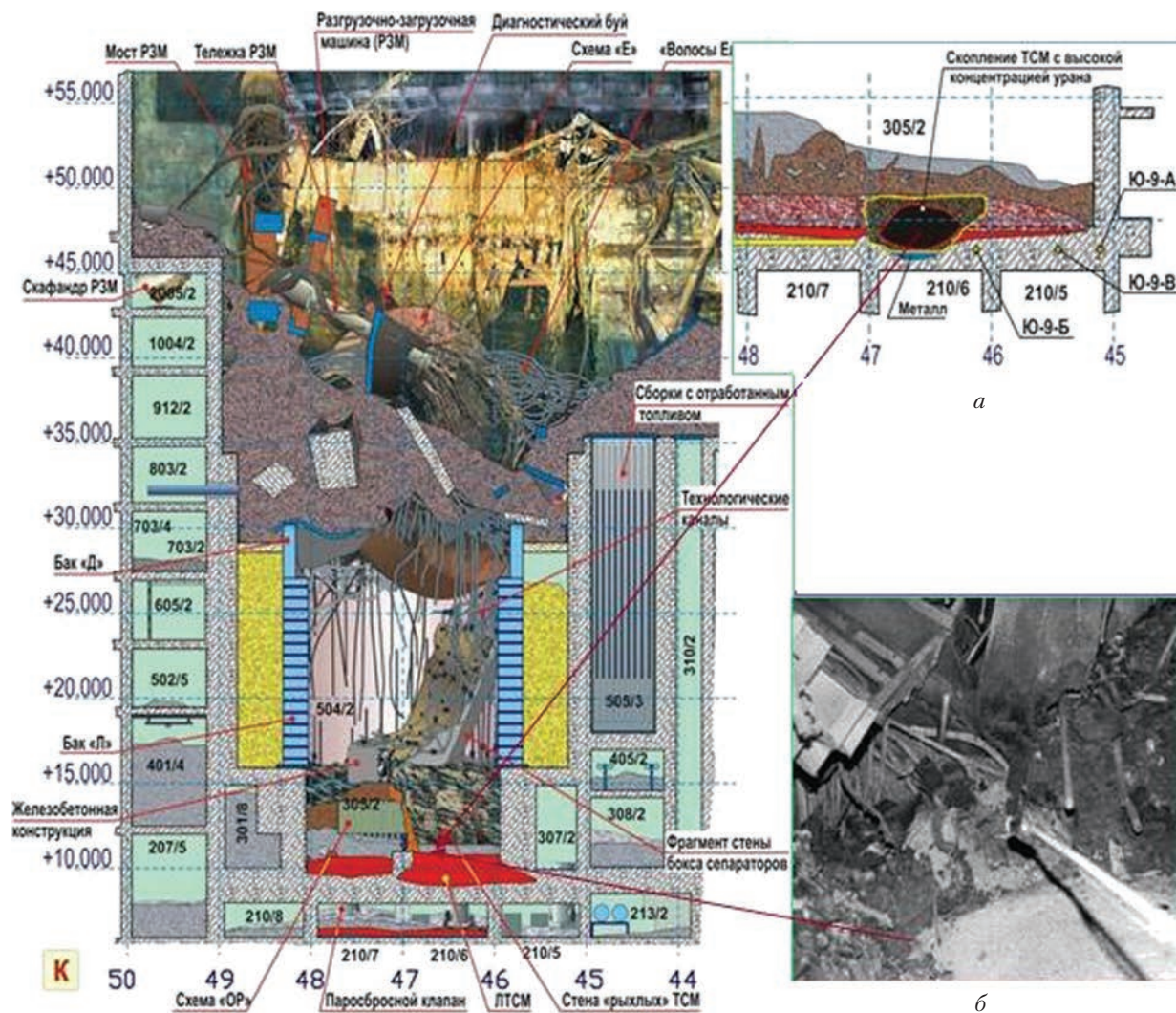


Схема розміщення на об'єкті «Укриття» прихованих скупчень паливовмісних матеріалів. Реальну ядерну небезпеку можуть становити скупчення в південно-східній частині приміщення 305/2 та в центральному залі. Праворуч наведено схему (а) і фото (б) місцезнаходження прихованого скупчення паливовмісних матеріалів у приміщенні 305/2

ня з ними досить великий. Щоб забезпечити ефективно та безпечно виконання робіт на всіх етапах поводження з паливовмісними матеріалами об'єкта «Укриття», необхідно провести комплекс науково-технічних досліджень і розробок, які, зокрема, включають:

- поглиблене вивчення фізико-хімічних властивостей паливовмісних матеріалів з метою прогнозування процесу їх деградації і кількісної оцінки параметрів пилоутворення;

- розроблення методів характеристики та первинного сортування паливовмісних матеріалів та інших РАВ у процесі їх вилучення;
- вдосконалення методів паспортизації паливовмісних матеріалів, у тому числі прямих методів вимірювання вмісту в них ядерних матеріалів;
- розроблення сучасних методів кондиціонування паливовмісних матеріалів для тривалого зберігання з урахуванням їх майбутнього захоронення;

- створення ефективних методів дезактивації забруднених будівельних конструкцій та обладнання;

- розроблення критеріїв прийому паливовмісних матеріалів на захоронення в стабільних геологічних формаціях з урахуванням необхідності попереднього тривалого зберігання;

- дослідження і розробки зі створення сховища паливовмісних матеріалів у стабільних геологічних формаціях.

Не до кінця з'ясованою залишається і проблема ядерної безпеки деяких скупчень ядерних матеріалів об'єкта «Укриття», через що, з огляду на недостатність наявних у розпорядженні вчених знань про ці скупчення, виникає багато непорозумінь, різних думок та критики. Щоб остаточно закрити питання ядерної безпеки, необхідно виконати додаткові дослідження, результати яких можуть стати основою для обґрунтування ядерної безпеки цих скупчень, і переконати суспільство в неможливості виникнення ядерної аварії. Особливе місце посідають питання визначення критичності паливовмісних матеріалів і прогнозних оцінок можливої зміни параметрів критичності після встановлення НБК в проектне положення. Необхідно забезпечити постійний контроль нейтронних потоків у місцях основних скупчень паливовмісних матеріалів, а також розглянути різні сценарії зміни температурно-вологісного стану паливовмісних матеріалів, що істотно впливає на їх розмножувальні властивості.

Отже, на сьогодні можна виділити такі основні наукові проблеми щодо об'єкта «Укриття», що потребують вирішення і постійної уваги після встановлення НБК у проектне положення:

- моніторинг рівня ядерної та радіаційної безпеки;

- контроль і прогноз стану паливовмісних матеріалів;

- поведінки з ядерними матеріалами та РАВ;

- розроблення технологій демонтажу будівельних конструкцій та вилучення ядерних матеріалів.

Кожна з перелічених наукових проблем потребує величезного обсягу досліджень, ек-



Деградація паливовмісних матеріалів на об'єкті «Укриття»

периментів, побудови аналітичних моделей і розрахунків.

З метою планування подальших робіт після насування НБК було ініційовано підготовку Програми науково-технічного супроводу на етапах введення в експлуатацію та експлуатації нового безпечного конфайнменту об'єкта «Укриття» [11]. Замовником розроблення цієї програми виступило Державне спеціалізоване підприємство «Чорнобильська АЕС». На сьогодні науковці Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України спільно з фахівцями Державного науководослідного інституту будівельних конструкцій розробили таку програму, і вона пройшла обговорення вченими радами цих установ та науково-технічною радою ДСП «Чорнобильська АЕС».



Будівельний майданчик нового безпечного конфайнменту

Ця програма охоплює такі напрями:

- у короткостроковій перспективі, до завершення демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» — науково-технічний супровід діяльності на етапах введення в експлуатацію та експлуатації комплексу НБК;

- у довгостроковій перспективі — науково-технічний супровід діяльності з реалізації подальшого перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Програма супроводу складається з двох незалежних частин. Перша частина стосується питань забезпечення надійності будівельних конструкцій і включає такі основні напрями:

- контроль стану будівельних конструкцій об'єкта «Укриття» та НБК;

- виконання геодезичних спостережень за станом будівельних конструкцій;

- аналіз обсягу контролю на період до початку раннього демонтажу нестабільних конструкцій і показань датчиків системи контролю конструкцій НБК;

- розроблення експлуатаційної документації на виконання робіт з моніторингу технічного стану будівельних конструкцій в цілому та ін.

Друга частина програми охоплює питання забезпечення ядерної та радіаційної безпеки і включає:

- дослідження впливу зміни стану паливовмісних матеріалів на рівень ядерної безпеки;

- створення додаткової системи локального контролю підкритичності ядерно небезпечних скупчень;

- створення та супровід єдиної бази даних контролю підкритичності;

- розроблення процедур ідентифікації підкритичних аномалій у показаннях детекторів нейтронів та датчиків температури;

- оцінку ефективності штатних систем пригнічення параметрів критичності;

- контроль динаміки нейтронної активності і температури паливовмісних матеріалів у процесі зміни температурно-вологісного режиму НБК;

- дослідження впливу нових умов експлуатації об'єкта «Укриття» під НБК на рівень радіаційної безпеки;

- дослідження впливу зміни стану паливовмісних матеріалів на динаміку їх деградації, вивчення просторових, кутових і енергетичних характеристик полів іонізуючого випромінювання в НБК, у тому числі в міру розкриття об'єкта «Укриття» в результаті демонтажу його нестабільних конструкцій;

- оцінку викидів радіоактивних аерозолів у простір під НБК;

- аналіз повітряних потоків і пов'язаних з цим змін радіаційної обстановки через перенесення пилу всередині об'єкта «Укриття»;

- оцінку зміни радіонуклідного і елементного складу водних скупчень і донних відкладів;

- проведення гідрогеологічного моніторингу;

- комплексний аналіз потенційних аварій;

- аналіз функціонування систем і компонентів НБК, важливих для безпеки, та їх взаємодії з існуючими системами і компонентами об'єкта «Укриття» та ін.

Виконання наведеного вище переліку робіт забезпечить належну науково-технічну підтримку діяльності з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему та необхідний рівень ядерної і радіаційної безпеки.

Отже, завершення робіт зі створення НБК є сьогодні головним завданням гарантування безпеки об'єкта «Укриття», виконання якого дозволить суттєво знизити ризик можливого радіоактивного забруднення навколишнього середовища в результаті обвалу нестійких будівельних конструкцій об'єкта. Однак це лише початковий етап перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

Детальний аналіз запланованої подальшої діяльності з перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему дозволив сформулювати, обґрунтувати та розробити Програму науково-технічного супроводу на етапах введення в експлуатацію та експлуатації нового безпечного конфайнменту об'єкта «Укриття», яка з урахуванням вже наявних та отриманих нових знань охоплює перелік робіт, що потребують науково-технічного супроводу.

Кінцевою метою перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему є виділення ядерних матеріалів з об'єкта, пакування їх у контейнери і розміщення контейнерів у спеціально створеному сховищі. Саме на цих роботах мають бути зосереджені зусилля України і міжнародного співтовариства. Момент, коли перший контейнер з ядерними матеріалами буде видалений з території об'єкта «Укриття», стане реальною точкою відліку в його дійсному перетворенні на екологічно безпечну систему.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барьяхтар В.Г. *Чернобыльская катастрофа*. К.: Наук. думка, 1995.
2. Герасько В.Н., Ключников А.А., Купный В.И., Носовский А.В., Щербин В.Н. *Объект «Укрытие». История, состояние и перспективы*. К.: Интерграфик, 1997.
3. Носовський А.В. Досвід будівництва захисної оболонки над енергоблоком № 4 Чорнобильської АЕС, що зазнав за проектною аварією: погляд через 30 років. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2016. № 1. С. 3–13.
4. Краснов В.О., Носовський А.В., Рудько В.М., Щербін В.М. *Об'єкт «Укриття»: 30 років після аварії*. Чорнобиль, 2016.
5. Закон України від 11.12.1998 № 309-ХІV. Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблока цієї АЕС на екологічно безпечну систему. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/309-14>.
6. Стратегія преобразования объекта «Укрытие». Согласовано решением Межведомственной комиссии по вопросам комплексного решения проблем Чернобыльской АЭС, протокол № 2 от 12.03.2001. https://fireprevention2009.io.ua/s613545/preobrazovanie_obekta_ukrytie_v_ekologicheskii_bezopasnyuyu_sistemu.
7. *Стратегия извлечения ТСМ и обращения с РАО*. К.: НАЭК Энергоатом, 2000.
8. Носовський А.В. Що робити далі з енергоблоком № 4 Чорнобильської АЕС? До 30-ї річниці будівництва об'єкта «Укриття». *Ядерна та радіаційна безпека*. 2016. № 4. С. 45–51.
9. Розробка науково-технічних засад та обґрунтування принципів технологічних рішень щодо вилучення ПВМ із об'єкта «Укриття» з використанням майбутнього безпечного конфайнменту та створення відповідної інфраструктури для подальшого поводження з ними: Звіт з НДР, заключний. ІПБ АЕС НАН України. Арх. № 4018. Чорнобиль, 2015.
10. Принципиальные подходы к вопросу преобразования объекта «Укрытие» в долговременную, неизменяемую экологически безопасную систему. Решение НТС Минатомэнергопрома СССР от 15.03.1991. М., 1991. С. 21.
11. Програма науково-технічного супроводу на етапах введення в експлуатацію та експлуатації Нового безпечного конфайнменту об'єкта «Укриття». ДСП ЧАЕС, інв. № 16 від 22.12.2016. Славутич, 2016. С. 28.

A.V. Nosovskyi

Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv)

ABOUT THE STATE AND PERSPECTIVES OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT ACTIVITY FOR TRANSFORMATION OF THE SHELTER OBJECT INTO AN ECOLOGICALLY SAFE SYSTEM

According to the materials of scientific report at the meeting of Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine, February 8, 2017

Thirty years ago, on November 30, 1986, the State Commission took over for maintenance the preserved ChNPP Unit 4. Ukraine, jointly with the international community, is undertaking measures for transformation of the Shelter into ecologically safe system. Late in 2016 the Shelter was covered with the New Safe Confinement (NSC). The report shows that creation of the NSC is just the initial phase of transformation of the Shelter Object into ecologically safe system and there is a need to conduct numerous research, to take organizational and technical measures to achieve the ultimate goal – the removal of fuel materials. The article provides basic provisions of the “Program of scientific and technical support at the stages of NSC commissioning and operation” that cover all activities of the Shelter transformation.