

ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ НА РЕАКТОРІ ВВР-М

В. І. Слісенко, Н. І. Вальковська,
В. М. Домніков, В. С. Прокопенко, Ю. С. Стрюк

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Проведено аналіз поводження з радіоактивними відходами (РАВ) на дослідницькому ядерному реакторі ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України. Подано дані про утворення РАВ, їх основні характеристики, місця їх тимчасового зберігання та шляхи підвищення рівня радіаційної безпеки при поводженні з РАВ.

Одним з основних завдань забезпечення радіаційної безпеки персоналу та населення при експлуатації ядерних реакторів є недопущення розповсюдження радіоактивних речовин у довкілля. Радіоактивні речовини утворюються в результаті активації матеріалів конструкційних систем та обладнання реактора, а також теплоносія, в основному за рахунок (n, γ)-, (n, p)- та (n, α)-реакцій. Процеси корозії та ерозії активованих конструкційних матеріалів призводять до подання радіоактивних речовин у теплоносій та їх розповсюдження по I-му контуру реактора. Крім цього, до теплоносія можливе надходження продуктів поділу ядер ^{235}U . Непридатні активовані вузли й деталі реактора та зливи теплоносія, в основному, і становлять РАВ на реакторі ВВР-М.

Основним джерелом утворення рідких радіоактивних відходів (РРВ) на реакторі ВВР-М є вода, що використовується в I-му контурі та сховищі відпрацьованого ядерного палива (ВЯП). Середній об'єм штатних технологічних зливів води в процесі експлуатації реактора складає 20 - 25 м³ за рік. До штатних технологічних зливів належать: перелив води з бака реактора; організовані протікання ущільнень насосів I-го контура з метою охолодження сальників; зливи, що утворюються при періодичному розпушуванні іонообмінних фільтрів. Крім штатних технологічних зливів у систему спецканалізації надходять і зливи при ремонтних роботах, а саме зливи: теплоносія з метою часткової або повної його заміни; при гідровипробуваннях; при ремонті обладнання; розчинів, що використовуються для дезактивації. РРВ по двох трубопроводах надходять у два спеціальні резервуари. Один з трубопроводів використовується для відведення РРВ, що виникають у результаті зливання води з I-го контура, сховища ВЯП та при переливі бака реактора і сховища ВЯП; другий - для відведення інших РРВ. Кожен трубопровід обладнано відповідними пристроями для підключення його до того чи іншого резервуара. Об'єм кожного резервуара 330 м³. Резервуари обладнані приладами вимірювання рівнів РРВ та пристроями контролю протікання. Для контролю можливого витікання РРВ із баків резервуарів та трубопроводів створено серію свердловин, з яких періодично відбираються проби ґрунту для визначення наявності в них радіонуклідів. Результати визначення вмісту гамма-випромінюючих радіонуклідів та тритію у зразках ґрунту, відібраних на різних глибинах, свідчать, що тільки у зразках з приповерхневого шару ґрунту спостерігаються вищі рівні питомої активності ^{137}Cs . Вони сформувалися внаслідок аварії на ЧАЕС і не відрізняються від характерних для Києва. Зразки, відібрані на більшій глибині, мають природні радіаційні характеристики.

Радіонуклідний склад та питому активність РРВ, що тимчасово зберігаються в резервуарах, представлено в табл. 1.

Для очищення теплоносія I-го контура використовуються фільтри з іонообмінними смолами, що періодично замінюються. При нормальному режимі роботи реактора сумарна кількість відпрацьованих іоннообмінних смол за рік складає 300 кг. Відпрацьовані іонообмінні смоли вилучаються з фільтрів і тимчасово зберігаються у приміщенні насосної I-го контура в металевих бочках ємністю 100 л. У кожен бочку може бути завантажено не

Таблиця 1. Радіонуклідний склад та питома активність РРВ

Радіонуклід	Питома активність, Кі/л
^{60}Co	$(2 - 3.5) \cdot 10^{-9}$
^{134}Cs	$(5 - 6.5) \cdot 10^{-8}$
^{137}Cs	$(5 - 10) \cdot 10^{-8}$
^{144}Ce	$8 \cdot 10^{-8}$

більше 50 л іонообмінних смол. Вони покриваються шаром води товщиною 50 мм. Після цементування смоли бочки упаковуються в поліетиленову плівку і зберігаються декілька днів у тому ж приміщенні до вивезення на спецкомбінат.

Проблемами, що вимагають першочергового вирішення, є пере-

робка РРВ, оскільки в найближчі 2 – 3 роки відбудеться заповнення основних резервуарів тимчасового зберігання РРВ та удосконалення методу отвердження іонообмінних смол.

Проблему переробки РРВ буде вирішено введенням у дію замкнутої очисної установки (ЗОУ). Головними елементами установки є концентратор та довиварювач. Концентратор являє собою апарат з занурюваним нагрівником, а довиварювач – сушилку з газовим прожектором. РРВ подаються в концентратор, де упарюються до отримання концентрованого розчину солей, який повністю обезводнюється в довиварювачі.

Кінцевими продуктами переробки РРВ на ЗОУ є конденсат та сухий сольовий залишок. Конденсат після радіаційного контролю може зливатися в міську каналізаційну мережу або направлятися для поповнення запасу дистилату 1-го контура та на інші технологічні потреби.

Враховуючи те, що сухий сольовий залишок та іонообмінні смоли підлягають цементуванню, постає проблема удосконалення процесу цементування з метою підвищення захисту персоналу, поліпшення якості упаковок і продуктивності процесу. Одним із шляхів удосконалення технології цементування є створення механізованої установки з використанням пристрою дистанційного керування для просторового обертання упаковок (металевих бочок), куди попередньо закладаються в необхідних пропорціях компоненти компаунду (смола/сухий залишок, цемент, добавки, вода).

Отверджені сухі сольові залишки та смоли належать до твердих радіоактивних відходів (ТРВ). ТРВ утворюються при виконанні й інших робіт. Це, зокрема, радіаційно-забруднене обладнання та деталі реактора, зразки матеріалів при наукових дослідженнях, а також засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

З ТРВ тільки відходи I групи відвантажуються на спецкомбінат. Це поліетиленова плівка, ЗІЗ, фільтри з установки по контролю вмісту радіоактивних аерозолів, низькоактивні деталі вузлів 1-го контура. На робочих місцях ТРВ збираються в спеціальні контейнери-збірники, потім пакуються в подвійні пластикові упаковки. Попереднє сортування відходів на органічні, неорганічні, вибухо- та вогненебезпечні здійснюється при їх пакуванні.

Тимчасове зберігання ТРВ I групи до передачі на захоронення чи переробку здійснюється в спеціально відведеному місці реакторного залу (вигородці), відгороженого металевою сіткою та обладнаного стелажми.

ТРВ II та III груп, такі як експериментальне обладнання, деталі, вузли реактора, що зазнали радіаційного опромінення чи забруднилися за рахунок контакту з теплоносієм 1-го контура й потужність дози яких може зменшитися внаслідок розпаду короткоживучих нуклідів, тимчасово зберігаються у спеціальних моніторних каналах (МК), що знаходяться в біологічному захисті реактора. Зараз у них зберігаються відпрацьовані деталі та вузли системи керування й захисту (СУЗ): стержні, іонізаційні камери, канали стержнів та іонізаційних камер, що зазнали опромінення нейтронами.

У моніторних каналах з метою зменшення активності й подальшим конкретним розподілом деталей на групи ТРВ деталі зберігаються 1 – 2 роки, після чого частина з них транспортується до тимчасового сховища (вигородки) як відходи I групи. ТРВ II та III груп транспортуються до спеціально побудованих сховищ. Згідно з проектом ці сховища мають

різні об'єми, товщину стін і перекриття залежно від можливої величини питомої гамма-активності ТРВ. При проектуванні враховувалося, що потужність дози за біологічним захистом при повністю заповнених ємкостях не повинна перевищувати 1,4 мбер/год.

Два сховища призначено для зберігання ТРВ III групи. Згідно з проектом активність ТРВ, завантажених у кожне сховище, не повинна перевищувати $8,5 \cdot 10^5$ Кі. Зараз у них зберігаються експериментальні зразки, їх уламки, труби та канали реактора, бочки з ТРВ. Ще два сховища призначено для зберігання ТРВ II групи. У них зберігаються спеціальні контейнери, бочки, труби з нержавіючої сталі. Одне сховище призначено для зберігання ТРВ I групи: труби з алюмінію, бочки зі спецодягом, целофаном тощо.

Приміщення, де знаходяться сховища, примикає до реакторного залу і сполучається з ним. Транспортування відходів III групи із МК до сховища здійснюється в транспортному контейнері, який є невід'ємною частиною обладнання реактора. Для зручності транспортування РАВ невеликих розмірів використовуються металеві циліндри-стакани із листової сталі, зовнішній діаметр яких 40 - 60 мм (залежно від габаритів РАВ).

Опромінені зразки після їх випробування в "гарячих" камерах на експериментальних стендах, інші експериментальні пристрої та зразки, що належать до ТРВ III групи, проходять попередню обробку й тимчасово зберігаються в "гарячих" камерах реактора через велику потужність експозиційної дози. ТРВ у "гарячих" камерах упаковуються в спеціальні контейнери. У подальшому вони подаються до перевантажувального контейнера через отвір між "гарячими" камерами та реакторним залом. Радіоактивні зразки між "гарячими" камерами (від першої до всіх інших і навпаки) транспортуються спеціальним пристроєм, керування яким оператор здійснює дистанційно, знаходячись за межами дії радіоактивного випромінювання. До "гарячих" камер опромінені зразки потрапляють із реактора через спеціальний транспортний канал. Схема транспортування забезпечує захист оператора від опромінення навіть при транспортуванні опромінених тепловиділяючих збірок. Розрахунок захисту було здійснено при проектуванні реактора, а випробування - після будівництва. За роки експлуатації реактора змін у конструкції системи транспортування та схеми транспортування не було.

Основні характеристики та місця тимчасового зберігання ТРВ наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Основні характеристики ТРВ

Місце зберігання	Група	Загальна маса, кг	Основні радіонукліди	Сумарна активність, ГБк	Вид упаковки
МК	II, III	350	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{59}Fe	36,0	Спеціальні контейнери
"Гарячі" камери	III	21	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{54}Mn	363,0	Спеціальні контейнери
Вигородка в залі реактора	I	90	^{137}Cs , ^{45}Ca , ^{60}Co , ^{124}Sb	0,0029	Поліетиленові мішки
Сховища 1 і 2	III	430	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{54}Mn	86	Спеціальні контейнери
Сховища 3 і 4	II	930	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{59}Fe	61	Поліетиленові мішки, спеціальні контейнери
Сховище 5	III	4900	^{137}Cs , ^{45}Ca , ^{60}Co , ^{124}Sb	1	Поліетиленові мішки

Радіаційний захист персоналу при роботі з РАВ забезпечується дотриманням комплексу організаційно-технічних заходів, до яких належить, у першу чергу, вимога про неперевищення контрольних рівнів потужності дози в межах та ззовні вигородки,

встановлених для залу реактора. Крім того, доступ персоналу до місць розташування вертикальних каналів контролюваних. У реакторному залі в районі місця тимчасового зберігання ТРВ встановлено бар'єри із знаком радіаційної небезпеки, контролюється потужність дози γ -випромінювання й об'ємна активність повітря за допомогою стаціонарної апаратури радіаційного контролю (АРК). При перевищенні встановлених порогів (контрольних рівнів) зпрацьовує звукова та світлова сигналізація.

Вивантаження ТРВ II та III груп з активної зони та транспортування їх до МК чи "гарячих" камер здійснюється при обов'язковому виконанні таких заходів:

- оформлення наряду-допуску на виконання робіт з відповідним інструктажем;
- проведення робіт дистанційно;

- проведення постійного дозиметричного контролю при виконанні персоналом кожної із технологічних операцій як стаціонарною, так і переносною дозиметричною апаратурою.

За роки експлуатації реактора дози опромінення персоналу при проведенні радіаційно-небезпечних робіт не перевищували контрольних рівнів.

Фізичний захист ТРВ здійснюється в рамках заходів по забезпеченню фізичного захисту реакторного залу в цілому - входи до реакторного залу мають сигналізацію про відкриття дверей чи воріт, у залі змонтовано відеокамери, датчики переміщення персоналу. Інформацію від цих датчиків виведено на центральний пульт фізичного захисту реактора, де знаходиться пост охорони.

Організаційну структуру поведження з РАВ на реакторі ВВР-М побудовано на принципі персональної відповідальності. Відповідальним за організацію робіт по поводженню з РАВ є заступник головного інженера реактора з радіаційної безпеки. Безпосереднє керівництво роботами з РАВ здійснюється начальниками змін. За організацію робіт з ТРВ (оформлення документів, ведення обліку, тимчасове зберігання, передача до місць подальшого зберігання) відповідає начальник служби обліку та контролю ядерних матеріалів і радіоактивних речовин. За організацію робіт з іонообмінними фільтрами (вилучення відпрацьованих іонообмінних смол та їх цементування) відповідає начальник ремонтно-технологічної служби, а зберігання, облік та передачу на спецкомбінат здійснює особа зі служби обліку та контролю ядерних матеріалів і радіоактивних речовин. Відповідальним за організацію робіт з РРВ (ведення обліку та тимчасове зберігання) є начальник служби водно-хімічного аналізу. За радіаційний контроль на всіх етапах поведження з РАВ (облік індивідуальних доз опромінення персоналу, ведення радіаційного моніторингу при їх збиранні та видаленні, забезпечення радіаційного моніторингу місць їх зберігання та переробки, організація навчання та перевірки знань персоналу) відповідає начальник служби радіаційного контролю.

Таким чином, організаційно-технічні заходи щодо поведження з РАВ на реакторі ВВР-М забезпечують захист персоналу, населення та навколишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання. Однак крім заходів по мінімізації утворення та надходження РАВ у довкілля необхідно впроваджувати на реакторі ВВР-М сучасні методи та технології по ремонту, реконструкції вузлів та систем реактора. Зокрема, це стосується розробки й впровадження автоматизованої системи цементування іонообмінних смол, впровадження установки для очистки РРВ. Реалізація цих заходів допоможе підвищити рівень радіаційного захисту персоналу при експлуатації реактора ВВР-М.

ОБРАЩЕНИЕ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ НА РЕАКТОРЕ ВВР-М

**В. И. Слисенко, Н. И. Вальковская,
В. Н. Домников, В. С. Прокопенко, Ю. С. Стрюк**

Проведен анализ обращения с радиоактивными отходами (РАО) на реакторе ВВР-М Института ядерных исследований НАН Украины. Приведены данные об образовании РАО, их

основные характеристики, места их временного хранения и пути повышения уровня радиационной безопасности при обращении с РАО.

MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES ON THE WWR-M REACTOR

**V. I. Slisenko, N. I. Valkovska,
V. N. Domnikov, V. S. Prokopenko, Yu. S. Stryuk**

The management of radioactive wastes on WWR-M reactor of the Institute for Nuclear Research has been analyzed. Data of the formation of the radioactive waste, their general characteristics, the place for their storage and ways of increasing the radiation safety while handling with radioactive wastes are presented.

Надійшла до редакції 27.02.01,
після доопрацювання – 28.02.02.