УДК 621.039.74:62-78

І. Я. Кузмяк, В. І. Кравцов

Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна

Розвиток фізичного захисту радіоактивних відходів як крок до підтримання ядерної захищеності

Розглянуто порядок забезпечення фізичного захисту радіоактивних матеріалів, зокрема встановлення рівнів фізичного захисту та його вплив на стан ядерної захищеності в Україні. Наведено короткий огляд походження та видів радіоактивних відходів (РАВ) в Україні, типів сховищ, інших об'єктів, призначених для поводження з РАВ, місця їх зосередження на території України, зокрема в Чорнобильській зоні відчуження, причини виникнення загроз і ризиків. Ефективна протидія цим загрозам — призначення державної системи фізичного захисту і систем фізичного захисту об'єктів. Спираючись на досвід, автори статті, які протягом багатьох років виконують експертизу фізичного захисту проектів створення та модернізації систем фіззахисту об'єктів, призначених для поводження з РАВ, розглядають стан фізичного захисту сховищ та інших об'єктів, їх модернізацію та невирішені проблеми. Окремо розглянуто питання фізичного захисту під час перевезень РАВ. Зроблено висновки щодо напрямів розвитку нормативно-правової бази ядерної захищеності в Україні.

Ключові слова: ядерна захищеність, фізичний захист, радіоактивні відходи, ядерна та радіаційна безпека, система фізичного захисту.

И. Я. Кузмяк, В. И. Кравцов

Развитие физической защиты радиоактивных отходов как шаг в поддержку ядерной защищенности

Рассмотрен порядок обеспечения физической защиты радиоактивных отходов (РАО), в том числе определение уровней физической защиты и ее влияние на состояние ядерной защищенности в Украине. Приведены краткий обзор происхождения и видов РАО в Украине, типов хранилищ, иных объектов, предназначенных для обращения с РАО, места их сосредоточения на территории Украины, включая Чернобыльскую зону отчуждения, причины возникновения угроз и рисков для РАО. Эффективное противодействие этим угрозам — предназначение государственной системы физической защиты и систем физической защиты объектов и установок.

Опираясь на опыт, авторы статьи, которые на протяжении многих лет выполняют экспертизу физзащиты проектов создания и реконструкции систем объектов, предназначенных для обращения с РАО, анализируют состояние физической защиты хранилищ и других объектов, их модернизацию и нерешенные проблемы. Отдельно рассмотрены вопросы физической защиты при перевозках РАО. Сделаны выводы касательно направлений развития нормативно-правовой базы ядерной защищенности в Украине.

Ключевые слова: ядерная защищенность, физическая защита, радиоактивные отходы, ядерная и радиационная безопасность, система физической защиты.

© І. Я. Кузмяк, В. І. Кравцов, 2017

Радіоактивні відходи є неминучим побічним продуктом процесів виробництва атомної електроенергії, використання ядерних технологій, видобування і збагачення урану та деяких інших корисних копалин, застосування джерел іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин у промисловості, медицині та наукових дослідженнях. Зараз в Україні експлуатуються чотири атомні електростанції, одна перебуває на етапі зняття з експлуатації, є три дослідницькі ядерні установки, відновлено три урановидобувні шахти, що входять до складу Східного гірничо-збагачувального комбінату. Кожне з цих підприємств, не кажучи вже про Чорнобильську зону відчуження та об'єкт «Укриття», — це потужне джерело збільшення кількості радіоактивних відходів різної активності та різних видів. Крім того, є ще сховища РАВ ядерно-паливного циклу, сховища РАВ, утворених внаслідок Чорнобильської та інших радіаційних аварій, могильники радіоактивних відходів після демонтажу колишніх військових об'єктів, шахтні звалища та хвостосховища.

Практично всі згадані об'єкти створюють потенційну загрозу радіаційній безпеці населення та оточуючого середовища внаслідок радіаційного випромінювання та радіоактивного забруднення, особливо в разі незабезпечення норм радіаційного захисту та бездумного й неакуратного поводження з РАВ. Найчастіше радіаційні аварії з РАВ виникають внаслідок необережності, нехтування правилами і ненавмисних порушень. Але, беручи до уваги значну кількість радіоактивних матеріалів, нагромаджених в одному місці, концентрацію високої активності та довгоживучість деяких ізотопів, РАВ можуть бути особливо небезпечними в разі навмисних злочинних дій. Крадіжка деяких матеріалів із РАВ, які становлять інтерес для зловмисника, може завершитися радіаційним опроміненням або забрудненням. Розпорошення радіоактивності внаслідок вчинення диверсії на об'єкті, де переробляються чи зберігаються РАВ, може забруднити значні території та загрожувати здоров'ю та добробуту населення.

Запобігання, виявлення і реагування на такі злочинні дії щодо ядерних та інших радіоактивних матеріалів та пов'язаних з ними установок і об'єктів є завданням ядерної захищеності. В Україні, яка має високорозвинену ядерно-енергетичну інфраструктуру, основним напрямом діяльності у цій сфері є фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та інших джерел іонізуючого випромінювання як базова складова ядерної захищеності [1]. Україна була серед ініціаторів розроблення та прийняття Поправки до Конвенції про фізичний захист ядерного матеріалу в 2005 році [2]. Впровадження основоположних принципів фізичного захисту, викладених у Поправці [2], безумовно, не лише дало поштовх до вдосконалення фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів, але й позитивно вплинуло на розвиток та модернізацію систем фізичного захисту РАВ. Значна кількість і різноманітність призначених для поводження з РАВ об'єктів, які експлуатуються в Україні, вимагають специфічних підходів до підтримання на належному рівні їх фізичного захисту. Спеціалісти ДНТЦ ЯРБ відповідно до Порядку проведення державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки, затвердженого наказом Держатомрегулювання України від 21.02.2005 № 21 [3], протягом багатьох років здійснюють експертизу фізичного захисту проектів створення та модернізації систем фізичного захисту об'єктів, призначених для поводження з РАВ.

Мета цієї статті — проаналізувати заходи з модернізації фізичного захисту РАВ та їх вплив на ядерну захищеність в Україні.

Види РАВ в Україні. Особливістю РАВ порівняно з іншими радіоактивними матеріалами є те, що подальше їх застосування не передбачається [4, 5]. РАВ містять розчини, газоподібні речовини, тверді речовини та об'єкти, зокрема біологічні об'єкти, відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання, переведені у твердий стан рідкі РАВ. Рішення про використання радіоактивних матеріалів, що є продуктами виробничої діяльності, як вторинної сировини залежить від технологічних можливостей та економічної доцільності і з часом може змінюватися. Так, на сьогодні відпрацьоване ядерне паливо ядерних реакторів типу РБМК (Чорнобильська АЕС) не підлягає переробці і класифікується як РАВ. Навпаки, відпрацьоване ядерне паливо ядерних реакторів типу ВВЕР (всі інші АЕС України) підлягає переробці і класифікується не як РАВ, а як ядерні матеріали [5].

Залежно від виду діяльності, внаслідок якої утворилися РАВ, вони можуть бути відходами:

ядерно-паливного циклу — відходами АЕС (зокрема під час зняття АЕС з експлуатації), урановидобувної та переробної промисловості;

відходами від використання радіонуклідів поза ядерно-паливним циклом — у промисловості, науці, медицині;

відходами від дезактивації об'єктів і територій, забруднених внаслідок аварій (зокрема об'єкта «Укриття» та об'єктів у зоні відчуження, існування та функціонування яких зумовлено Чорнобильською аварією і заходами з ліквідації її наслідків);

відходами від функціонування й дезактивації об'єктів Міністерства оборони України.

РАВ відзначаються великою різноманітністю як фізичного стану, так і активності та періоду піврозпаду радіонуклідів, що входять до їх складу. Особливістю структури РАВ, що накопичені в Україні, є значна частина специфічних відходів, утворених внаслідок Чорнобильської аварії. Така різноманітність РАВ (табл. 1) вимагає відповідно спеціалізованих об'єктів для поводження з ними — обробки, кондиціонування, перевезення, зберігання або захоронення. З них можна виділити в окрему групу сховища для тимчасового зберігання РАВ, що належать до ядерних установок на етапі експлуатації (як енергетичних, так і дослідних) і розміщені на їх майданчиках. Фізичний захист цих сховищ забезпечується на рівні ядерних установок, тому в статті вони не розглядаються.

Об'єкти, призначені для поводження з РАВ. Державна корпорація «Українське державне об'єднання "Радон"» (УкрДО «Радон») є головною організацією України, що виконує збирання, транспортування, кондиціонування, тимчасове зберігання РАВ так званого неядерного циклу практично від всіх підприємств держави, в результаті діяльності яких утворюються радіоактивні відходи [6]. До складу УкрДО «Радон» входять спеціалізовані підприємства: шість державних міжобласних спецкомбінатів (ДМСК) у великих регіональних центрах (Київ, Харків, Львів, Одеса, Дніпро, Донецьк) та в Чорнобильській зоні, а також головне підприємство. Шість зазначених ДМСК

Таблиця 1. Номенклатура радіоактивних відходів в Україні [6]

Виробництво та процеси	Рідкі РАВ	Тверді РАВ
1. Ядерно-паливний цикл		
1.1. Видобування і збагачення уранової руди	Шахтні води; маточні розчини	Відходи рудовидобування; хвости від збагачення і вилуговування
1.2. Збагачення урану і виробництво тепловидільних збірок	Маточні розчини; промислові води	Відходи споживання; відходи переробки
1.3 Виробництво електро- та теплової енергії на АЕС	Промислові води; контурні води; дезактиваційний розчин; регенератори; пульпи	Фільтри; обладнання; одяг; ізоляційні матеріали; деталі 1-го контуру
1.4 Зняття з експлуатації, демонтаж енергоблоків та інщих споруд	Води санпропускників, спецпралень; промислові води; контурні води; дезактиваційний розчин;регенератори; пульпи	Одяг; засоби індивідуального захисту;ізоляційні матеріали; будівельні відходи; облицювання; деталі 1-го контуру і корпусу реактора
2. Реабілітація територій, забруднених внаслідок експлуатації об'єктів і аварій		
2.1. Території, забруднені внаслідок Чорнобильської катастрофи	Вода і шлами басейнів охолодження і накопичення; забруднені грунтові та підземні води; гідроокисні пульпи басейнів охолодження і накопичення	Забруднений ґрунт; забруднені пристрої; відходи дезактивації сховищ
2.2. Об'єкт «Укриття»		Опромінене паливо реактора; свіже паливо; відпрацьоване паливо; паливовмісні композитні матеріали
3. Підприємства, дослідницькі центри, медичні установи, спецкомбінати	Промислові води лабораторій; води санпропускників, спецпралень	Одяг; засоби індивідуального захисту; органічні РАВ; відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання

Таблиця 2. Сховища радіоактивних відходів в Україні [7]

Об'єкти	Види РАВ	Тип сховищ
*1. Сховища ЦППРВ*1.1 ПЗРВ «Буряківка»	Середньо- та низькоактивніТверді: грунт, бетон, металоломі (забруднені транспортні засоби)	Обваловані траншеї (30)
1.2 ПЗРВ «ІІІ черга ЧАЕС»	Середньо- та низькоактивніТверді: грунт, металеві відходи	Бетонна споруда без перекриття з металевими контейнерами під шаром піскуОбваловані траншеї (2)
1.3 ПЗРВ «Підлісний»	Високоактивні тверді: метал, деревина, фрагменти зруйнованого енергоблока № 4	Бетонні модулі (2)
1.4 Комплекс «Вектор»	Середньо- та низькоактивніТверді	Наземні сховища (4)Приповерхневе сховище (1)
2. ДМСК «Радон»		
2.1 Дніпропетровський	Середньо- та низькоактивні Тверді (зокрема біологічні)Відпрацьовані ДІВ	Приповерхневі бетоновані сховища з надбудовою легкого типуКапітальне сховище великого об'єму для ДІВ
2.2 Київський, Львівський, Одеський, Харківський	Середньо- та низькоактивні Тверді (зокрема біологічні) Рідкі Відпрацьовані ДІВ	Приповерхневі бетоновані сховища з надбудовою легкого типуБетоновані неіржавіючі резервуари для рідких РАВСховища колодязного типу для ДІВ
3. Хвостосховища СхідГЗК	Низькоактивні рідкі РАВ з твердими фракціями	Три оточені дамбами водоймища загальним об'ємом понад $35{\cdot}10^6$ м^3
4. Хвостосховища колишнього ПХЗ	Низькоактивні рідкі РАВ: відвальна пульпа, відходи мийки, дезактивації обладнання	Дев'ять оточених дамбами водоймищ загальним об'ємом понад $28{,}5{\cdot}10^6$ м^3

були створені в 1959—1961 роках для збирання і захоронення РАВ з підприємств і установ, які не відносяться до ядерно-паливного циклу, промислових, медичних і наукових. Всі вони збудовані, як правило, поза містами, за стандартними проектами і містять приповерхневі сховища для твердих і біологічних відходів та відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ). Зокрема, на ПЗРВ Дніпропетровського ДМСК недавно збудовано велике сховище відпрацьованих промислових високоактивних ДІВ, а на ПЗРВ Одеського ДМСК зберігаються радіоізотопні термоелектрогенератори, що містять високоактивні ДІВ.

Державне спеціалізоване підприємство «Центральне підприємство з поводження з радіоактивними відходами» (ДСП ЦППРВ) визначено головним підприємством Державної корпорації «Українське державне об`єднання "Радон"», єдиною національною експлуатуючою організацією з поводження з радіоактивними відходами на стадії їх довгострокового зберігання і захоронення. ДСП «ЦППРВ» є експлуатуючою організацією (оператором) на всіх етапах життєвого циклу сховищ для захоронення РАВ у зоні відчуження: «Буряківка», «Підлісний», «ІІІ черга ЧАЕС» — та дев'яти пунктів тимчасової локалізації РАВ, а також комплексу виробництв з дезактивації, транспортування, перероблення і захоронення радіоактивних відходів «Вектор».

Радіоактивні відходи урановидобувної і переробної промисловості зосереджені в Кіровоградській та Дніпропетровській областях на промислових майданчиках Східного гірничо-збагачувального комбінату (СхідГЗК) та колишнього Придніпровського хімічного заводу (ПХЗ). Це в основному низькоактивні рідкі та тверді відходи гідрометалургійної переробки уранових руд — так звані хвости, які зливалися в природні заглиблення, утворюючи хвостосховища.

Хвостосховища СхідГЗК розташовані біля м. Жовті води. Хвостосховище «Кар'єр бурих залізняків» заповнене і містить $19{,}3{\cdot}10^6$ т РАВ сумарною активністю $27{\cdot}10^3$ Кі. Хвостосховище «Щербаківське» складається з двох секцій: «стара» секція заповнена і вміщує близько $9{\cdot}10^6$ т твердої фази хвостів під шаром води; «нова» секція (балка «Щ») надалі експлуатується, зараз у ній захоронено біля $34{\cdot}10^6$ т відходів сумарною активністю $50{,}2{\cdot}10^3$ Кі.

У м. Камянське та його околицях розташовано дев'ять хвостосховищ колишнього уранового виробництва ПХЗ: «Західне», «Центральний Яр», «Південно-східне», «Дніпровське», «Сухачівське» (секції 1 і 2), «Лантанова фракція», «ДП-6» і «База С». В них зберігається $36{,}34{\cdot}10^6$ т РАВ сумарною активністю $74{,}3{\cdot}10^3$ Кі, що значно перевищує сумарну активність радіонуклідів Чорнобильської зони. Під хвостосховища у ПХЗ використовували глиняні кар'єри та природні яри, з часом їх нарощували ґрунтовими дамбами, місцями зміцненими бетоном.

Загальні характеристики сховищ РАВ України [6, 7], важливі з точки зору ядерної захищеності, наведено в табл. 2.

РАВ на проммайданчику Чорнобильської АЕС. Внаслідок аварії на енергоблоці № 4 Чорнобильської АЕС стався викид великої кількості радіоактивних матеріалів, що розсіялися на значній території, в межах зони

відчуження і далеко поза нею. Проте основна частина цих матеріалів залишилася в межах локальної зони — на території проммайданчика довкола зруйнованого енергоблока, і на самому блоці, над яким було збудовано об'єкт «Укриття». В приміщеннях об'єкта «Укриття» залишилося понад 125 т опроміненого в реакторі палива, 5,5 т свіжого та близько 15 т відпрацьованого палива [6]. Все це класифікується як РАВ. Сюди ж входять паливовмісні маси — лавиноподібне сплавлене опромінене в реакторі паливо, графіт, пісок, а також радіоактивно забруднені металоконструкції та уламки активної зони. Для забезпечення радіаційної безпеки об'єкта «Укриття», подальшого демонтажу старих конструкцій і вилучення радіоактивних матеріалів протягом останніх років зведено новий безпечний конфайнмент — арочну конструкцію 85 м заввишки, яка повністю охоплює об'єкт «Укриття».

У рамках процесу зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС і перетворення об'єкта «Укриття» на безпечну для довкілля систему збудовано нові підприємства для переробки РАВ: переробний завод для рідких РАВ і промисловий комплекс для поводження з твердими РАВ, який містить підземне сховище об'ємом $55 \cdot 10^3$ м^3 для остаточного захоронення середньо- та низькоактивних РАВ.

Отже, на проммайданчику Чорнобильської АЕС існує великий комплекс, призначений для поводження з РАВ, що утворилися внаслідок аварії та в процесі зняття з експлуатації ядерної установки.

Визначення загроз та ризиків для РАВ. Величезна кількість ядерних та інших радіоактивних матеріалів, визначених як радіоактивні відходи і зосереджених у кількох точках локалізації, становлять значний ризик опромінення персоналу та населення, радіоактивного забруднення навколишнього середовища чи інших неприйнятних радіаційних наслідків через природні катаклізми, технологічні несправності або необережне поводження, що може призвести до радіаційної аварії. Тому відповідно до вимог ядерної та радіаційної безпеки об'єкти, призначені для поводження з РАВ, потребують відповідного радіаційного захисту [4, 5]. Разом з тим, радіоактивні відходи можуть являти собою певні матеріальні цінності та бути привабливими й уразливими цілями для правопорушників, а отже, виникають ризики і загрози для РАВ та об'єктів поводження з ними з боку людини. Як свідчить аналіз української практики та світовий досвід, діапазон правопорушень щодо РАВ дуже широкий: від незаконного вилучення із хвостосховищ металобрухту, зокрема кольорового, до спроб пошкодження сховища РАВ з терористичних мотивів. Відповідно і масштаби неприйнятних радіаційних наслідків дуже різні: від загрози здоров'ю самого правопорушника до радіоактивного забруднення значних територій або водоймищ. Для РАВ і об'єктів поводження з ними в Україні основними ризиками є:

крадіжка або інше незаконне заволодіння РАВ для подальшого продажу, коли злочинець не має наміру застосувати радіоактивні матеріали особисто;

крадіжка або інше незаконне заволодіння РАВ з метою виготовлення радіоактивного розпорошувального пристрою («брудної бомби»);

вчинення диверсії безпосередньо на об'єкті.

Найпривабливішим для злочинців є забруднене обладнання, особливо з кольорових металів, щоб збути його як металолом. Переважна більшість правопорушень пов'язана саме з цим і зафіксована в Чорнобильській зоні та на майданчику колишнього ПХЗ. Крадіжка матеріальних цінностей, що є серед РАВ, може мати наслідком опромінення самого правопорушника та оточуючих його людей або забруднення певних приміщень чи ділянок. Беручи до уваги, що відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання розміщуються на пунктах захоронення РАВ, ймовірним є також незаконне вилучення зі сховища відпрацьованих ДІВ для виготовлення «брудної бомби». Проте найбільшою загрозою є масштабне розповсюдження радіоактивних речовин внаслідок пошкодження сховища РАВ.

На даний час ядерна установка Севастопольського університету ядерної енергетики та промисловості на тимчасово окупованій території Криму перебуває поза регулюючим контролем України. Оскільки російська влада заявляла про намір перепрофілювати цей заклад, невідомо, як забезпечується захищеність ядерних матеріалів та РАВ і чи усунена можливість їх незаконного вилучення. Ще небезпечніша ситуація на окупованих територіях Донецької та Луганської областей, де на багатьох підприємствах, особливо шахтах, розміщувалися ДІВ і неодноразово фіксувалися випадки виявлення ДІВ та РАВ поза регуляторним контролем. Зокрема, сховище ПЗРВ Донецького ДМСК розташовується на території Донецького казенного заводу, обладнання якого, за повідомленнями преси, демонтується та вивозиться до Росії. При цьому не відкидається можливість вилучення та розсіяння радіоактивних матеріалів з неприйнятними радіаційними наслідками. Всі такі загрози викладено в нормативно-правовому акті «Проектна загроза для ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та інших джерел іонізуючого випромінювання в Україні» [8], який переглядається кожні два роки і є базовою складовою режиму ядерної захищеності.

Фізичний захист РАВ і ядерна захищеність. Якщо сформулювати стисло, недопущення реалізації всіх вищезгаданих загроз і є завданням фізичного захисту радіоактивних відходів. Фізичний захист — це заходи, розроблені для забезпечення захисту РАВ під час їхньої обробки, кондиціонування, зберігання та перевезення від диверсій та незаконного вилучення, для виявлення та повернення втрачених радіоактивних матеріалів та мінімізації радіологічних наслідків диверсії.

Згідно з основоположними принципами фізичного захисту, для виконання всіх функцій фізичного захисту та підтримання режиму фізичного захисту [2, 9] створюються системи фізичного захисту: на рівні держави — державна система фізичного захисту; на рівні ліцензіата — система фізичного захисту ядерної установки, іншого об'єкта, призначеного для поводження з радіоактивними матеріалами, зокрема відходами. Система фізичного захисту охоплює всі заходи щодо стримування, виявлення, затримки, реагування та подолання зловмисних дій та пом'якшення їх наслідків [9, 10]. Основоположні принципи фізичного захисту та їх імплементацію в Україні детально розглянуто у статті [11].

Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» [8] впроваджує *захищеність* ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання як відповідність рівня фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання законодавству. Безперечно, це визначення, впроваджене в 2010 році, вже потребує перегляду та доповнення. Тим

Таблиця 3. Визначення рівня фізичного захисту РАВ

Об'єкти і матеріали	Категорія	Рівень	Вимоги
Тверді РАВ $D>10^4$ μGr/h Рідкі РАВ $A>10^6$ PC_B^{ingest} Об'єкти для РАВ I категорії	I РАВ	II	Зберігання в захищеній зоні
Тверді РАВ $D=10^2\div10^4$ μGr/h Рідкі РАВ $A=10^2PC_B^{ingest}\div10^6$ PC_B^{ingest} Об'єкти для РАВ II категорії	II РАВ	III	Зберігання в зоні контрольованого доступу
Тверді РАВ $D=10^2\div10^4$μGr/h Рідкі РАВ $A=1PC_B^{ingest}$ч10^2 PC_B^{ingest} Об'єкти для РАВ III категорії	III РАВ	IV	Захист у межах практичної доцільності, на огородженій території під сигналізацією
Відпрацьоване ядерне паливо	II ЯМ	II	Зберігання в захищеній зоні
Відпрацьовані високоактивні джерела іонізуючого випромінювання($A>3{,}7\cdot10^{13}$ Bq, період піврозпаду 5 років і більше)	I ДІВ	III	Зберігання в зоні контрольованого доступу
Відпрацьовані низькоактивні джерела іонізуючого випромінювання($A<3{,}7\cdot10^{13}$ Bq, період піврозпаду менше 5 років)	II ДІВ	IV	Захист в межах практичної доцільності, на огородженій території під сигналізацією

не менш, воно важливе, оскільки враховує один з основоположних принципів фізичного захисту — диференціальний підхід, який реалізується власне через встановлення вимог до рівня фізичного захисту як сукупності регламентованих мінімально необхідних умов для визначення, створення та технічного переоснащення системи фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання та об'єктів, призначених для поводження з РАВ, які забезпечують спроможність системи протистояти ймовірній загрозі злочинного посягання [10, 11]. Рівні фізичного захисту встановлюються для відповідних категорій ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та об'єктів поводження з ними, інших джерел іонізуючого випромінювання, зокрема під час їх перевезення, які класифікуються залежно від їх потенційної небезпеки [12]. Відповідність рівнів фізичного захисту РАВ та об'єктів поводження з ними категоріям матеріалів та дуже стислі вимоги до рівнів наведено в табл. 3.

Детальні вимоги до визначених рівнів викладено у Вимогах до зон обмеження доступу [13], Правилах фізичного захисту [10] та інших нормативно-правових актах з фізичного захисту. Такий уніфікований підхід до визначення рівнів захисту спрощує діяльність ліцензіатів у процесі проектування, створення та підтримання систем фізичного захисту і є унікальним. Проте застосування зазначених Правил [10], як і багатьох інших нормативно-правових актів з фізичного захисту, обмежується ядерними установками і матеріалами, а тому не поширюється на РАВ та ДІВ. Ця прогалина в нормативно-правовій базі значно ослаблює забезпечення фізичного захисту РАВ та ДІВ. Крім того, як показує практика, РАВ та ДІВ можуть становити значно більшу небезпеку, ніж це передбачено в чинних актах. Тому в процесі розробки правил та вимог фізичного захисту РАВ і ДІВ потрібно посилити вимоги до зон обмеження доступу, особливо для нижчих рівнів, та збільшити градацію рівнів для ДІВ, врахувавши вимоги МАГАТЕ [14] і Технічний регламент закритих джерел іонізуючого випромінювання [15]. Це дасть змогу заповнити прогалини у законодавстві та посилить спроможність систем фізичного захисту протистояти зростаючим загрозам, зокрема під час побудови нових сховищ та інших об'єктів поводження з РАВ у Чорнобильській зоні.

Ядерна захищеність перевезень РАВ. В Україні здійснювалося і здійснюється багато перевезень РАВ, зокрема відпрацьованих ДІВ від ліцензіатів на ДМСК «Радон». У майбутньому кількість перевезень зростатиме, враховуючи повернення РАВ від переробки відпрацьованого палива та збільшення сховищ у Чорнобильській зоні. Оскільки під час перевезень в транспортних засобах радіоактивні матеріали найбільш вразливі, вони потребують особливої уваги до ядерної захищеності, зокрема до забезпечення фізичного захисту, обліку та контролю матеріалів при автомобільному транспортуванні.

У той час, як на ядерні матеріали в Україні поширюються правила фізичного захисту при перевезеннях [10] і загальні вимоги до систем фізичного захисту при перевезеннях [16], на перевезення РАВ поширюються лише загальні вимоги, викладені в Порядку визначення рівня фізичного захисту [12]. Тому потребують розробки правила фізичного захисту радіоактивних відходів при перевезеннях, які міститимуть спеціалізовані вимоги до перевезень автомобільним, залізничним, повітряним та водним транспортом.

Модернізація систем фізичного захисту об'єктів, призначених для поводження з РАВ. Проте навіть наявна нормативно-правова база дає змогу оцінити значні кроки в модернізації систем фізичного захисту РАВ, зроблені в Україні з 2005 року по теперішній час. Особливо стимулювала прогрес у ядерній захищеності РАВ перша Проектна загроза, затверджена Указом Президента України в 2011 році, яка з того часу оновлювалася двічі [8].

На основі цього документа оператори об'єктів, призначених для поводження з РАВ, розробляють об'єктові проектні загрози, протистояти яким повинні системи фізичного захисту.

Системи фізичного захисту сховищ РАВ на міжобласних спецкомбінатах «Радон» створювалися на початку 1960-х; вони складалися з огорож, систем сигналізації та відомчої охорони. У 2005—2010 роках з'являються індивідуальні проекти модернізації систем фізичного захисту (СФЗ) ПЗРВ Дніпропетровського, Львівського та Харківського ДМСК; реконструюються та зміцнюються інженерні споруди сховищ, ворота, огорожі та інші фізичні бар'єри, створюються сучасні автоматизовані системи спостереження та виявлення проникнення, які відповідають регулюючим вимогам. При спорудженні у 2011 році на ПЗРВ Дніпропетровського ДМСК приміщення зберігання відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання (ТРВ-1) проектується автоматизований комплекс інженерно-технічних засобів, який увійшов до складу модернізованої СФЗ. У 2013 році Одеським ДМСК розробляється проект капітального ремонту периметральної охоронної сигналізації, охоронного освітлення та відеоспостереження ПЗРВ, але оскільки проект не враховував вимог законодавства України, норм і правил фізичного захисту, його було відхилено. Беручи до уваги, що на ПЗРВ Одеського ДМСК зберігаються високоактивні відпрацьовані ДІВ, система фізичного захисту ПЗРВ потребує комплексної модернізації відповідно до об'єктової проектної загрози та проведення оцінки стану фізичного захисту. Потребує комплексної модернізації і система фізичного захисту Київського ДМСК; зважаючи на те, що ПЗРВ розташований у межах мегаполісу з кількома мільйонами населення і створює значні ризики, це питання є невідкладним.

Сучасні об'єкти поводження з РАВ УкрДО «Радон» на комплексі «Вектор», що тепер підпорядкований ЦППРВ, споруджувалися з урахуванням діючих вимог фізичного захисту. Територія комплексу обладнана по єдиному периметру капітальними інженерними спорудами, системами спостереження, виявлення та обробки інформації. Таким чином, СФЗ «Вектор» відповідає сучасним вимогам ядерної захищеності. Проте системи фізичного захисту інших ПЗРВ, що експлуатує ЦППРВ («Буряківка», «Підлісний», «ІІІ черга ЧАЕС»), протягом багатьох років постійно недофінансовувалися і потребують термінової модернізації. Особливо це стосується системи фізичного захисту ПЗРВ «Підлісний», єдиного в Україні ПЗРВ, призначеного для розміщення високоактивних РАВ. У 2008 році для нього було розроблено проект модернізаціїї та проведено зонування, оновлено інженерно-технічні засоби охорони, проте створення ефективної СФЗ так і не завершено. На ПЗРВ «Підлісний» має забезпечуватися підвищений рівень фізичного захисту.

Об'єкти поводження з РАВ, розміщені на майданчику Чорнобильської АЕС, захищені нарівні з ядерними матеріалами [17], рівень фізичного захисту РАВ відповідає законодавству. СФЗ об'єкта «Укриття», яка входить до складу СФЗ ЧАЕС, періодично модернізується та трансформується в зв'язку з будівництвом на майданчику. Перед спорудженням нового безпечного конфайнменту конфігурацію периметра СФЗ було змінено, щоб розмістити для нього будівельний майданчик. На СФЗ створено автоматизований комплекс інженерно-технічних засобів, що забезпечує сучасний рівень фізичного захисту. Отже, на Чорнобильській АЕС забезпечено ядерну захищеність комплексу об'єктів, призначених для поводження з РАВ.

Із 2010 року, в основному завдяки наглядовій діяльності Держатомрегулювання, на рівні держави почали приділяти увагу фізичному захисту хвостосховищ та інших сховищ РАВ на проммайданчиках СхідГЗК та колишнього ПХЗ. На території колишнього ПХЗ розміщуються понад два десятки різнопрофільних підприємств, як значних державних — «Цирконій» чи «Смоли», так і дрібних приватних, що з'являлися і швидко зникали. За забезпечення фізичного захисту та охорони всього майданчика відповідає державне підприємство «38 ВІТЧ». Хоча останні десять років керівництво цього підприємства змінювалося дуже часто, певні зрушення у фізичному захисті об'єктів майданчика ПХЗ відбулися. У 2008 році було розроблено проект «Реконструкція об'єкта "Інженерно-технічний комплекс охорони режимної території колишнього уранового виробництва ВО ПХЗ"», за яким здійснено реконструкцію огорожі, систем освітлення та сигналізації на периметрі зони обмеження доступу та контрольно-перепускному пункті. Це обмежило доступ місцевого населення, яке незаконно вилучало радіоактивно забруднений кольоровий металобрухт, опромінюючись та забруднюючи довкілля. Проте найбільшою загрозою є заподіяння шкоди дамбам хвостосховищ, які займають значні площі: у разі витоку з них рідких РАВ може статися радіаційна аварія. Тому 2010 року було розроблено проекти огородження хвостосховищ «Дніпровське», «База С», «Сухачівське 1 і 2 секції», «Лантанова фракція», які частково вирішували питання охорони хвостосховищ. Проте, враховуючи величезні об'єми рідких РАВ і високу сумарну активність радіонуклідів, повинен бути забезпечений підвищений рівень фізичного захисту.

На СхідГЗК в 2013 році було розроблено проект огородження хвостосховища «Балка Щ» (Щербаківська), проте загальна ситуація з фізичним захистом хвостосховищ така сама, як на майданчику колишнього ПХЗ.

Висновки

Протягом останніх років в Україні робляться помітні кроки до забезпечення захищеності радіоактивних матеріалів. Розроблено проекти і здійснено модернізацію низки ключових об'єктів, призначених для поводження з РАВ. Нові об'єкти будуються з дотриманням вимог фізичного захисту, зокрема визначаються та враховуються загрози радіоактивним відходам та об'єктам. Проте системи фізичного захисту низки сховищ, як тих, що розташовані в межах ненаселених територій Чорнобильської зони та промайданчиків СхідГЗК і колишнього ПХЗ, так і біля міст з мільйонним населенням, потребують невідкладної перебудови.

Оцінка стану фізичного захисту об'єктів, призначених для поводження з РАВ, ускладнюється через недостатню нормативно-правову базу фізичного захисту радіоактивних відходів, яка дуже мало розвинута порівняно з вимогами до ядерних установок і ядерних матеріалів. Необхідно закінчити розробку і затвердити Правила фізичного захисту радіоактивних відходів, що міститимуть загальні вимоги до систем фізичного захисту РАВ та перевезень РАВ. Лише після вирішення зазначених питань можна говорити про забезпечення захищеності радіоактивних відходів як стану, за якого забезпечується ефективний захист радіоактивних відходів і пов'язаних з ними установок чи об'єктів, від диверсій, крадіжок, інших зловмисних актів заходами та методами різних видів діяльності, основним з яких є фізичний захист.

Список використаної літератури

1. Кузмяк І. Я., Кравцов В. І., Печериця О. В., Пасєка О. В. Ядерна захищеність: синонім фізичного захисту чи складова ядерної та радіаційної безпеки? *Ядерна та радіаційна безпека*. 2017. № 2(74). С. 51—59.

2. Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, GOV/INF/2005/10-GC(49)/INF/6, Vienna, IAEA, (2005). 8 p.

3. Порядок проведення державної експертизи ядерної та радіаційної безпеки : НП 306.1.107—2005 К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2005. 8 с.

4. Закон України 39/95-ВР «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1995. № 12. Ст. 81.

5. Закон України 255/95-ВР «Про поводження з радіоактивними відходами». *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1995. № 27. Ст. 199.

6. Авдеев О. К., Кретинин А. А., Леденев А. И., Скворцов В. В., Удод В. В., Шахов А. А. Радиоактивные отходы Украины: состояние, проблемы, решения: Монография. К. : Изд. центр «ДрУк», 2003. 400 с.

7. Кретинин А. А., Авдеев О. К., Бернадина Л. И., Шахов А. А., Леденев А. И., Яковлев В. М., Поляков В. Д., Федевич О. М. Хранилища радиоактивных отходов в Украине: Монография. К. : Форест-А, 2008. 147 с.

8. Указ Президента України від 27.08.2015 № 520/14т/2015 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 20 липня 2015 року "Про Проектну загрозу для ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів та інших джерел іонізуючого випромінювання в Україні"».

9. Закон України 2064-III «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання». *Відомості Верховної ради України (ВВР)*. 2001. № 1. Ст. 1.

10. Правила фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів : НП 306.8.126—2006. К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2006. 18 с.

11. Кузмяк І. Я., Кравцов В. І. З досвіду імплементації основоположних принципів фізичного захисту ядерних установок, ядерних та інших радіоактивних матеріалів. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2012. Вип. 4(56). С. 67—73.

12. Порядок визначення рівня фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання відповідно до їх категорії. Затверджено постановою КМУ від 26.04.2003 № 625. *Урядовий кур'єр*. 21.05.2003. № 91.

13. Вимоги до зон обмеження доступу, контролю та управління доступом у зони обмеження доступу : НП 306.8.176—2011. К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2011. 18 с.

14. Code of Conduct on the Safety and Security Radioactive Sources / IAEA/CODEOC/2004. Vienna, IAEA, 2004. 03-84B3. 16 p.

15. Технічний регламент закритих джерел іонізуючого випромінювання. Затверджено постановою КМУ від 05.12.2007 № 1382. *Офіційний вісник України*. 17.12.2007. № 93.

16. Загальні вимоги до систем фізичного захисту ядерних матеріалів при їх перевезенні : НП 306.8.147—2008. К. : Державний комітет ядерного регулювання України, 2008. 13 с.

17. Катунин Е. И., Салий Л. М. Учет, контроль и физическа защита ядерних материалов на объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2011.Вип. 1(49). С. 53—57.

References

1.*Kuzmiak, I.Ya., Kravtsov, V.I., Pecherytsia, O.V., Pasieka, O.V.* (2017), "Nuclear Security: A Synonym of Physical Protection or a Component of Nuclear and Radiation Safety?" [Yaderna zakhyshchenist: synonym fizychnoho zakhystu chy skladova yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky?], *Nuclear and Radiation Safety Journal*, No. 2(74), pp. 51—59. (Ukr)

2.Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, GOV/INF/2005/10-GC(49)/INF/6, Vienna, IAEA, 2005, 8 p.

3.NP 306.1.107—2005. Procedure for State Review of Nuclear and Radiation Safety [Poriadok provedennia derzhavnoi ekspertyzy yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky], Kyiv, State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, 2005, 8 p. (Ukr)

4. Law of Ukraine 39/95-VR "On Nuclear Energy Use and Radiation Safety" [Zakon Ukrainy 39/95-VR "Pro vykorystannia yadernoi enerhii ta radiatsiinu bezpeku], *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 1995, No. 12, Art. 81. (Ukr)

5. Law of Ukraine 255/95-VR "On Radioactive Waste Management" [Pro povodzhennia z radioaktyvnymy vidkhodamy], Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine, 1995, No. 27, Art. 199. (Ukr)

6. *Avdieiev, O.K., Kretinin, A.A., Ledenev, A.I., Skvortsov, V.V., Udod, V.V., Shakhov, A.A.* (2003), "Radioactive Waste in Ukraine: State, Problems, Solutions: Monography" [Radioaktivnyie otkhody Ukrainy: sostoianiie, problemy, resheniia: Monografiia], Kyiv, DrUk Publishing House, 400 p. (Rus)

7. *Kretinin, A.A., Avdieiev, O.K., Bernadina, L.I., Shakhov, A.A., Ledenev, A.I., Yakovliev, V.M., Poliakov, V.D., Fedevich, O.M.* (2008), "Radioactive Waste Storage Facilities in Ukraine" [Khranilishcha radioaktivnykh otkhodov v Ukraine: Monografiia], Kyiv, Forest-A, 147 p. (Rus)

8. Decree of the President of Ukraine No. 520/14t/2015 dated 27 August 2015 "On Decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of 20 July 2015 "On Design-Basis Threat for Nuclear Installations, Nuclear Materials, Radioactive Waste and Other Radiation Sources in Ukraine" [Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 27.08.2015 No. 520/14t/2015 "Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 20 lypnia 2015 roku "Pro Proektnu zahrozu dlia yadernykh ustanovok, yadernykh materialiv, radioaktyvnykh vidkhodiv ta inshykh dzherel ionizuiuchoho vyprominiuvannia v Ukraini]. (Ukr)

9. Law of Ukraine 2064-III "On Physical Protection of Nuclear Installations, Nuclear Materials, Radioactive Waste, Other Radiation Sources" [Pro fizychnyi zakhyst yadernykh ustanovok, yadernykh materialiv, radioaktyvnykh vidkhodiv, inshykh dzherel ionizuiuchoho vyprominiuvannia], *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 2001, No. 1, Art. 1. (Ukr)

10. NP 306.8.126—2006. Physical Protection Rules for Nuclear Installations and Nuclear Material [Pravyla fizychnoho zakhystu yadernykh ustanovok ta yadernykh materialiv], Kyiv, State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, 2006, 18 p. (Ukr)

11. *Kuzmiak, I.Ya., Kravtsov, V.I.* (2012), "Ukraine's Efforts in Implementing Fundamental Physical Protection Principles of Nuclear Installations, Nuclear and Other Radioactive Materials" [Z dosvidu implementatsii osnovopolozhnykh pryntsypiv fizychnoho zakhystu yadernykh ustanovok, yadernykh ta inshykh radioaktyvnykh materialiv], *Nuclear and Radiation Safety Journal*, No. 4(56), pp. 67—73. (Ukr)

12. Procedure for Defining Physical Protection Level of Nuclear Installations, Nuclear Materials, Radioactive Waste, Other Radiation Sources According to their Categories" [Poriadok vyznachennia rivnia fizychnoho zakhystu yadernykh ustanovok, yadernykh materialiv, radioaktyvnykh vidkhodiv, inshykh dzherel ionizuiuchoho vyprominiuvannia vidpovidno do ikh katehorii], Approved by Cabinet Resolution No. 625 dated 26 April 2003, *Uriadovyi Kurier*, 21 May 2003, No. 91. (Ukr)

13. NP 306.8.176—2011. Requirements for Limited Access to Zones, Oversight and Control of Access to Limited Access Areas [Vymohy do zon obmezhennia dostupu, kontroliu ta upravlinnia dostupom u zony obmezhennia dostupu], Kyiv, State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, 2011, 18 p. (Ukr)

14. Code of Conduct on the Safety and Security Radioactive Sources / IAEA/CODEOC/2004, Vienna, IAEA, 2004, 03-84B3, 16 .

15. "Technical Specifications for Sealed Radiation Sources" [Tehknichnyi rehlament zakrytykh dzherel ionizuiuchoho vyprominiuvannia], Approved by Cabinet Resolution No. 1382 dated 05 December 2007, *Official Journal of Ukraine*, 17 December 2007, No. 93. (Ukr)

16. NP 306.8.147—2008. General Requirements for Physical Protection in Transport of Nuclear Materials [Zahalni vymohy do system fizychnoho zakhystu yadernykh materialiv pry ikh perevezenni], Kyiv, State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine, 2008, 13 p. (Ukr)

17. *Katunin, Ye.I., Salii, L.M.* (2011), "Accounting, Control and Physical Protection of Nuclear Material at Chornobyl NPP" [Uchiot, kontrol i fizicheskaia zashchita yadernykh materialov na obiekte "Ukrytiie" Chernobylskoi AES], Nuclear and Radiation Safety Journal, 2011, No. 1(49), pp. 53—57. (Rus)

Отримано 04.07.2017.