



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI



Zalecenia techniczne

Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki
dotyczące bezpieczeństwa przechowywania
odpadów promieniotwórczych

Zalecenia techniczne Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki dotyczące bezpieczeństwa przechowywania odpadów promieniotwórczych

Spis treści

Abstrakt	5
1. Wstęp	6
1.1 Informacje ogólne	6
2. Opis obiektów służących do przechowywania odpadów promieniotwórczych	8
2.1. Lokalizacja	9
2.2. Projekt techniczny	9
2.2.1. Wyposażenie dodatkowe	10
Osłony	10
Wentylacja	11
2.3. Eksploatacja	13
Przechowywanie odpadów przejściowych	16
2. 4. Typy pojemników	22
2. 5. Likwidacja	27
2. 6. Postępowanie w przypadku zdarzenia radiacyjnego	28
2. 7. Monitoring radiacyjny	29
2. 8. Ocena bezpieczeństwa	30

Niniejszy dokument został opracowany w Państwowej Agencji Atomistyki na podstawie i z wykorzystaniem następujących materiałów:

- 1 Opracowanie "Bezpieczeństwo obiektów i instalacji do przechowywania odpadów promieniotwórczych", Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, Świerk, styczeń 2015;
- 2 Storage of Radioactive Waste, Safety Guide No. WS-G-6.1, Vienna, 2006;
- 3 Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Operation of Nuclear Power Plants, Safety Guide, No NSG-2.7, Vienna, 2002;
- 4 Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, Safety Guide, No NS-G-2.7, Vienna, 2005;
- 5 Predisposal Management of Radioactive Waste, General Safety Requirements, No GSR Part 5, Vienna, 2009;
- 6 The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste, Safety Guide No GS-G-3.3, Vienna, 2009;
- 7 Leadership, Management and Culture for Safety in Radioactive Waste Management, General Safety Guide No. GSG-16, Vienna, 2022;
- 8 Predisposal Management of Radioactive Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, Specific Safety Guide No. SSG-45, Vienna, 2019;
- 9 Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Fuel Cycle Facilities Specific Safety Guide No. SSG-41 Vienna, 2016;
- 10 Selection of efficient options for processing and storage of radioactive waste in countries with small amounts of waste generation IAEA-TECDOC-1371 Vienna, September 2003;
- 11 Selection of Technical Solutions for the Management of Radioactive Waste IAEA-TECDOC-1817 Vienna, 2017;
- 12 Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Design and Operation of Research Reactors, Safety Guide No. NS-G-4.6, Vienna, 2008;
- 13 Report Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels, Report of Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD), Version 2.2, April 2014;
- 14 Containers for Packaging of Solid and Intermediate Level Radioactive Wastes, TECHNICAL REPORTS SERIES No.355, Vienna, 1993;
- 15 Interim Storage of Radioactive Waste Packages, TECHNICAL REPORTS SERIES No. 390, Vienna, 1998;
- 16 Modular Design of Processing and Storage Facilities for Small Volumes of Low and Intermediate Level Radioactive Waste including Disused Sealed Sources, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.4, Vienna, 2014.

Abstrakt

Zgodnie z art. 110 pkt 3 ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. - Prawo atomowe (Dz. U. z 2024 r. poz. 1277) – dalej w niniejszym dokumencie zwanej „ustawą” - do zakresu działania Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) należy wykonywanie zadań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju, a w tym między innymi wydawanie zaleceń technicznych i organizacyjnych w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Zalecenia Prezesa PAA nie należą do katalogu źródeł powszechnie obowiązującego prawa w Polsce. W związku z tym nie można na ich podstawie przyznawać uprawnień ani nakładać obowiązków jednostkom organizacyjnym.

Niniejszy dokument ma na celu wskazanie podejścia dozоровego PAA do kwestii związanej z przechowywaniem odpadów promieniotwórczych oraz wskazanie najlepszej „drogi” do spełnienia wymagań wynikających z ustawy – Prawo atomowe oraz rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 14 grudnia 2015 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2022 r. poz. 1320). Chociaż niniejsze zalecenia stanowią obszernie omówienie zagadnienia związanego z bezpiecznym przechowywaniem odpadów promieniotwórczych, w żadnym wypadku nie mogą być uważane za omówienie wyczerpujące.

Zgodnie z Art. 7 ust. 1 ustawy za przestrzeganie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej odpowiada kierownik jednostki organizacyjnej wykonującej działalność związaną z narażeniem.

Art. 9 ust. 1 ustawy stanowi, iż kierownik jednostki organizacyjnej zapewnia wykonywanie działalności zgodnie z zasadą optymalizacji, wymagającą, aby – przy rozsądnym uwzględnieniu czynników ekonomicznych i społecznych oraz aktualnego stanu wiedzy technicznej – liczba narażonych pracowników i osób z ogółu ludności oraz prawdopodobieństwo ich narażenia były jak najmniejsze, a otrzymywane przez nich dawki promieniowania jonizującego były możliwie małe.

Zgodnie z Art. 48a ust. 1 ustawy jednostka organizacyjna, w której powstają odpady promieniotwórcze odpowiada za zapewnienie możliwości postępowania z tymi odpadami, w tym za zapewnienie finansowania tego postępowania, od momentu ich powstania aż po ich oddanie do składowania, łącznie z finansowaniem składowania. Jak stanowi art. 48a ust. 2 ustawy kierownik jednostki organizacyjnej prowadzącej postępowanie z odpadami promieniotwórczymi odpowiada za bezpieczeństwo w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi, w szczególności za zapewnienie ochrony radiologicznej, a tam, gdzie ma to zastosowanie, także ochrony fizycznej i zabezpieczeń materiałów jądrowych.

Art. 50 ust. 1 ustawy stanowi, iż odpady promieniotwórcze przechowuje się w sposób zapewniający ochronę ludzi i środowiska pod względem ochrony radiologicznej w warunkach normalnych i w sytuacjach zdarzeń radiacyjnych. Zgodnie z ust. 2 tego artykułu sposób ich przechowywania umożliwi segregację według kategorii i podkategorii.

Stosowanie się przez jednostkę organizacyjną do niniejszych zaleceń ma zapewnić, że przechowywanie odpadów promieniotwórczych nie będzie powodowało negatywnych skutków dla ludności oraz środowiska naturalnego oraz będzie chroniło interesy przyszłych pokoleń.

1. Wstęp

Celem niniejszych zaleceń jest wskazanie oczekiwanych przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki rozwiązań zapewniających bezpieczne przechowywanie odpadów promieniotwórczych w magazynach odpadów promieniotwórczych, bądź przy braku magazynu w miejscu ich powstawania, tj., w pracowniach izotopowych. Przechowywanie ma z definicji charakter przejściowy i oznacza magazynowanie odpadów promieniotwórczych z zamiarem ich ponownego wydobycia i skierowania do dalszych etapów postępowania: przetwarzania, przemieszczania, składowania, bądź odprowadzania w sposób kontrolowany do środowiska. Działalność związana z przechowywaniem odpadów promieniotwórczych ma zapewniać nie tylko ochronę ludzi i środowiska w warunkach normalnych i w sytuacjach zdarzenia radiacyjnego, ale również nie może nakładać nadmiernych obciążeń na przyszłe pokolenia.

Niniejsze zalecenia dotyczą przechowywania odpadów promieniotwórczych stałych, ciekłych i gazowych.

Niniejsza publikacja nie odnosi się do przechowywania:

- odpadów powstających podczas wydobycia i przetwarzania rud uranu i toru;
- innych odpadów zawierających podwyższone stężenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych i odpadów pochodzących z działalności polegającej na przetwarzaniu minerałów;
- wypalonego paliwa jądrowego.

Zawarte w publikacji zalecenia należy stosować do nowych magazynów odpadów promieniotwórczych, ale mogą być również stosowane do już istniejących. Obejmują one zagadnienia związane z wyborem odpowiedniej lokalizacji dla magazynu odpadów promieniotwórczych, jego projektowaniem, stosowaniem dodatkowego wyposażenia, eksploatacją oraz likwidacją. W publikacji opisane są również wymagania dotyczące pojemników stosowanych do przechowywania odpadów promieniotwórczych ciekłych i stałych, postępowania w warunkach zdarzenia radiacyjnego, a także dotyczących monitoringu radiologicznego wewnątrz i na zewnątrz obiektu.

1.1 Informacje ogólne

Odpady promieniotwórcze powstają w trakcie rozruchu, eksploatacji i likwidacji obiektów jądrowych oraz wykonywania działalności z substancjami promieniotwórczymi w przemyśle, medycynie i w jednostkach badawczych. W zależności od profilu działalności jednostki organizacyjnej posiadającej zezwolenie na działalność związaną z narażeniem, z którą związane jest generowanie odpadów promieniotwórczych, cechują się one różną charakterystyką fizyko-chemiczną i radiologiczną. Już w miejscu ich powstawania są one segregowane zgodnie z obowiązującą klasyfikacją do kategorii odpadów nisko-, średnio- i wysokoaktywnych oraz zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych. Segregowanie uwzględnia również m.in. ich postać fizyczną (ciekłe i stałe) i specyficzne własności (biologiczne, chemiczne, w tym niebezpieczne).

Jednym z etapów w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi przed umieszczeniem ich w składowisku jest przechowywanie.

Ma ono na celu m.in.:

- umożliwienie rozpadu zawartych w nich krótkożyciowych izotopów promieniotwórczych do poziomu pozwalającego na wyłączenie odpadów promieniotwórczych spod kontroli dozorowej lub ich odprowadzenie do środowiska.
- zgromadzenie wystarczającej ilości odpadów promieniotwórczych przed ich przekazaniem do innego obiektu w celu dalszego postępowania;
- zgromadzenie wystarczającej ilości odpadów promieniotwórczych przed ich przekazaniem do składowania – w celu optymalizacji transportu, w związku z wymaganiami technologicznymi i organizacyjnymi na składowisku;
- zmniejszenie ilości ciepła wytwarzanego przez odpady wysokoaktywne i średnioaktywne przed ich przekazaniem do składowania;
- zapewnienie postępowania z odpadami promieniotwórczymi w sytuacji, gdy brak jest dla nich opracowanych sposobów dalszego przetwarzania, a także obiektu do składowania odpadów promieniotwórczych.

Okres przechowywania nieprzetworzonych odpadów promieniotwórczych, z uwagi na zagrożenie jakie mogą stwarzać (ze względu na różnorodność, szeroki zakres aktywności, postać chemiczną, posiadaną zmienną podatność na degradację w czasie, a także możliwość generowania gazów pochodzenia radiolitycznego, chemicznego lub biologicznego) powinien być ograniczony. Kierownik jednostki organizacyjnej składając wniosek o wydanie zezwolenia na działalność, której wykonywanie prowadzi do powstawania odpadów promieniotwórczych, oprócz informacji charakteryzującej powstające odpady (charakterystyki odpadów), proponuje termin przekazania tych odpadów do składowania lub przetwarzania, albo proponuje inny niż składowanie lub przetwarzanie sposób dalszego postępowania z odpadami promieniotwórczymi. Charakterystyka odpadów powinna zawierać między innymi informację o:

- stanie skupienia odpadów;
- rodzaju izotopów promieniotwórczych w odpadach;
- maksymalnych spodziewanych wielkościach stężenia promieniotwórczego poszczególnych izotopów promieniotwórczych w odpadach;
- maksymalnej spodziewanej aktywności poszczególnych izotopów promieniotwórczych w odpadach ciekłych powstających w ciągu miesiąca;
- temperaturze przechowywanych odpadów, w przypadku odpadów średnioaktywnych i wysokoaktywnych;
- zawartości organicznych rozpuszczalników, ekstrahentów i olejów, detergentów, związków kompleksujących;
- spodziewanego składu chemicznego, w tym obecności substancji toksycznych, łatwopalnych, biologicznych i innych niebezpiecznych materiałów.

Wybór postępowania z odpadami promieniotwórczymi innego niż składowanie lub przetwarzanie, w szczególności związanego z długoletnim przechowywaniem odpadów promieniotwórczych, wymaga uzasadnienia wykazującego, że spodziewane w wyniku takiego postępowania korzyści naukowe, ekonomiczne, społeczne i inne będą większe niż możliwe, powodowane przez takie postępowanie, szkody dla zdrowia człowieka i stanu środowiska albo wykazania, że przechowywane odpady będą odpadami przejściowymi. Wówczas, kierownik jednostki organizacyjnej we wniosku o wydanie zezwolenia określa czas, po upływie którego przechowywane odpady przejściowe przestaną być odpadami promieniotwórczymi.

W przypadku, gdy w wyniku wykonywanej działalności może powstać konieczność odprowadzenia gazowych lub ciekłych odpadów promieniotwórczych do środowiska, kierownik jednostki organizacyjnej wskazuje:

- aktywność odprowadzanych odpadów i ich stężenie promieniotwórcze w momencie odprowadzania do środowiska,
- skład izotopowy,
- sposób i tempo odprowadzania do środowiska,
- sposób monitoringu uwolnień substancji promieniotwórczych do środowiska,

Proponowane wartości i sposób odprowadzania odpadów promieniotwórczych muszą uwzględniać występujące na świecie dobre praktyki w tym zakresie i są zgodne z zasadą optymalizacji.

2. Opis obiektów służących do przechowywania odpadów promieniotwórczych

Odpady promieniotwórcze mogą być przechowywane w miejscach ich powstawania, tj., w pracowniach izotopowych z otwartymi źródłami promieniotwórczymi lub w wydzielonych magazynach odpadów promieniotwórczych znajdujących się poza pracownią izotopową.

Każde z wyżej wymienionych miejsc przechowywania odpadów promieniotwórczych lub pomieszczenie, w którym to miejsce się znajduje, musi spełniać co najmniej wymagania dla magazynów odpadów promieniotwórczych określone w rozporządzeniu RM w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego.

Ze względu na rodzaj i zakres wykonywanej działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące, magazyny odpadów promieniotwórczych można podzielić na następujące rodzaje:

L.p.	Rodzaj magazynu	Typ magazynu	Możliwa lokalizacja
1	Magazyn odpadów promieniotwórczych powstałych w pracowni izotopowej z otwartymi źródłami promieniotwórczymi	Magazyn stałych odpadów promieniotwórczych	Pracownia izotopowa klasy III, II, I lub wydzielone pomieszczenie
		Magazyn ciekłych odpadów promieniotwórczych	Pracownia izotopowa klasy III, II, I lub wydzielone pomieszczenie
		Magazyn gazowych odpadów promieniotwórczych	Pracownia izotopowa klasy III, II, I.
2	Magazyn odpadów promieniotwórczych powstałych w terenie	Magazyn ciekłych lub stałych odpadów promieniotwórczych	Wydzielone pomieszczenie lub teren spełniający wymagania § 18 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2022 r. poz. 967)
3	Magazyn zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych	Magazyn zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych	Pracownia izotopowa klasy Z lub wydzielone pomieszczenie
4	Magazyn stałych odpadów promieniotwórczych w postaci skażonych lub aktywowanych elementów akceleratora	Magazyn stałych odpadów promieniotwórczych	Pracownia akceleratorowa lub wydzielone pomieszczenie

5	Magazyn odpadów promieniotwórczych w obiekcie jądrowym	Magazyn ciekłych, stałych lub gazowych odpadów promieniotwórczych	Teren obiektu jądrowego
---	--	---	-------------------------

2.1. Lokalizacja

Magazyn odpadów promieniotwórczych powinien być zlokalizowany tak, aby zminimalizować potencjalny wpływ zagrożeń naturalnych lub będących wynikiem działania człowieka.

Magazyn odpadów promieniotwórczych należy lokalizować:

- z dala od głównych ciągów komunikacyjnych w miejscu o ograniczonym dostępie osób z ogółu ludności;
- w pomieszczeniu zapewniającym właściwy poziom bezpieczeństwa fizycznego np. pojedynczy punkt wejścia, wytrzymała, trudna do sforsowania konstrukcja;
- tak aby zapewnić bezpieczny i jak najkrótszy transport odpadów do oraz z magazynu;
- w budynku zaliczonym co najmniej do klasy B odporności pożarowej;
- w pomieszczeniu zabezpieczonym przed możliwością zalania wodą.

W przypadku, gdy magazyn odpadów promieniotwórczych zlokalizowany jest na terenie obiektu jądrowego jego lokalizacja powinna spełniać restrykcyjne wymogi istotne dla lokalizacji obiektu jądrowego.

2.2. Projekt techniczny

Projekt magazynu odpadów promieniotwórczych powinien uwzględniać właściwości oraz ilości przechowywanych odpadów promieniotwórczych oraz związane z nimi potencjalne zagrożenia, a także planowany okres przechowywania odpadów (użytkowania obiektu).

Trwałość użytych materiałów budowlanych powinna odpowiadać przewidywanemu okresowi użytkowania obiektu. Magazyn odpadów promieniotwórczych może być wykonany z betonu, żelbetonu, cegły lub innego materiału o odpowiedniej trwałości. W celu poprawy własności osłonnych można stosować beton z odpowiednimi dodatkami, np. beton limonitowy, beton barytowy, beton hematytowy, czy magnetytowy. Projektując magazyn odpadów promieniotwórczych należy również uwzględnić przyszłe działania związane z jego likwidacją, oraz ponownym wykorzystaniem w innym celu. W związku z tym wskazane jest zastosowanie gładkich, nienasiąkliwych i łatwozmywalnych powierzchni, żywicznych posadzek oraz wyposażenia łatwego do demontażu. Projekt magazynu powinien zapewnić możliwość ponownego wydobycia odpadów, ich przemieszczania, a także możliwość przeprowadzania kontroli stanu technicznego obiektu, jego wyposażenia oraz przechowywanych odpadów, jednocześnie zapewniając zabezpieczenie odpadów przed czynnikami atmosferycznymi i niesprzyjającymi warunkami środowiskowymi, tak aby uniknąć degradacji opakowań, która wpłynęłaby na bezpieczeństwo podczas przechowywania.

Projektując magazyn odpadów promieniotwórczych należy uwzględnić zarówno normalne jak i odbiegające od normy warunki eksploatacji (np. uszkodzenie lub rozszczelnienie się opakowania, rozprzestrzenienie się skażeń promieniotwórczych). Magazyn odpadów promieniotwórczych należy zaprojektować tak, aby stopień osłabienia promieniowania jonizującego przez jego ściany zewnętrzne i stropy lub zastosowane osłony zapobiegał otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności rocznej dawki skutecznej (efektywnej) przekraczającej wartość 0,3 mSv w przypadku zlokalizowania magazynu w budynku nie będącym budynkiem zamieszkania zbiorowego lub budynkiem mieszkalnym. W przypadku

konieczności zlokalizowania magazynu w budynku mieszkalnym albo w budynku zamieszkania zbiorowego zaleca się, aby tak jak w przypadku pracowni izotopowej zlokalizowanej w budynku mieszkalnym albo w budynku zamieszkania zbiorowego, stopień osłabienia promieniowania jonizującego przez jego ściany zewnętrzne i stropy lub zastosowane osłony zapobiegał otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w ciągu kolejnych 12 miesięcy dawki skutecznej (efektywnej) przekraczającej 0,1 mSv. Jeżeli nie ma takiej potrzeby, nie zaleca się lokalizowania magazynu odpadów promieniotwórczych w budynku mieszkalnym albo w budynku zamieszkania zbiorowego. W razie potrzeby należy zapewnić w magazynie dodatkowe, oprócz opakowania odpadów, zabezpieczenia (np. osłony fizyczne, wentylację, systemy filtracyjne wyposażone w filtry). Wyposażenie systemu wentylacyjnego w filtry zapobiega niekontrolowanym uwolnieniom do środowiska izotopów promieniotwórczych w postaci gazowej lub aerozoli.

W zależności od ich przeznaczenia zaleca się stosowanie:

- filtrów absolutnych do usuwania pyłów i aerozoli o średnicy 0,1 – 1,5 µm;
- filtrów do usuwania cząsteczek oraz związków gazowych i zapachowych;
- filtrów węglowych do usuwania par i gazów, w szczególności gazowego CH₃I (jodometan);
- krzemionki pokrytej azotanem srebra do usuwania I₂ (jod);
- filtrów Petrianowa do zatrzymywania aerozoli.

W projekcie magazynu odpadów promieniotwórczych należy uwzględnić wpływ, jaki przechowywane odpady mogą mieć na funkcjonalność systemów i eksploatację obiektu. Kontrola stanu magazynu (jego konstrukcji, układów i komponentów) powinna być możliwa poprzez odpowiednie zaprojektowanie obiektu np. zapewnienie prześwitów wokół regałów na których znajdują się opakowania z odpadami i umożliwienie dostępu urządzeń pomiarowych, lub wyposażenie zbiorników do przechowania odpadów w okienka i zawory inspekcyjne.

Obiekt do przechowywania odpadów promieniotwórczych bezpośrednio związany z obiektem jądrowym i znajdujący się na jego terenie jest obiektem jądrowym i musi spełniać wymagania stawiane obiektom jądrowym.

2.2.1. Wyposażenie dodatkowe

Osłony

Zaprojektowanie osłon będzie zależec od zagrożeń radiologicznych związanych z przechowywanymi odpadami promieniotwórczymi. Projektując osłony szczególną uwagę należy zwrócić na otwory w barierach osłonowych związane z układami wentylacji i przepustami technologicznymi. Różnorodność form stosowanych osłon jest bardzo duża. Stosowane mogą być osłony stałe oraz przenośne. Osłonami stałymi są przeważnie ściany osłonowe, ich elementy wchodzące w skład konstrukcji obiektu, warstwy materiału osłonowego związanego trwale np. ze ścianami, jak tynki barytowe, czy wykładzina z blachy ołowianej. Osłonami stałymi mogą być osłony zbudowane ze specjalnie ukształtowanych bloczków betonowych. Osłonami ruchomymi mogą być montowane doraźnie parawany ochronne i ekrany oraz rozbieralne osłony zbudowane z elementów prefabrykowanych typu kształtki ołowiane. Rolę osłon ruchomych mogą pełnić również wszelkiego typu pojemniki transportowe dla materiałów promieniotwórczych.

Moc dawki promieniowania jonizującego w miejscu przechowywania odpadów można zmniejszać wykorzystując również do osłaniania opakowań z odpadami bardziej aktywnymi, opakowania z odpadami o mniejszej aktywności.

W celu nieprzekroczenia rocznej dawki skutecznej (efektywnej) o wartości 0,1 mSv dla osób z ogółu ludności w przypadku magazynu zlokalizowanego w budynku mieszkalnym lub budynku zamieszkania zbiorowego i 0,3 mSv dla magazynu zlokalizowanego w budynku nie będącym budynkiem mieszkalnym lub budynkiem zamieszkania zbiorowego należy stosować osłony stałe i ruchome. Odpowiednie rozmieszczenie opakowań z odpadami, szczelność tych opakowań oraz osłony ruchome powinny zapobiegać otrzymaniu przez pracowników wykonujących pracę w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące, rocznej dawki przekraczającej ustalony limit użytkowy dawki.

Obowiązkowo należy określić maksymalną wartość mocy dawki promieniowania jonizującego na zewnętrznej powierzchni opakowania z odpadami promieniotwórczymi. Z punktu widzenia kontroli ewentualnego przekroczenia ww. limitów dawki, zaleca się określenie maksymalnej wartości mocy dawki promieniowania jonizującego na zewnętrznej powierzchni stałych i przenośnych osłon oraz zewnętrznych powierzchniach magazynu odpadów promieniotwórczych.

Wentylacja

Kwestię projektowania systemu wentylacyjnego w magazynie odpadów promieniotwórczych należy rozpatrywać w każdym przypadku indywidualnie. Przechowywanie odpadów w miejscu ich powstawania, tj. w pracowniach izotopowych z otwartymi źródłami promieniotwórczymi odbywa się w pomieszczeniach wentylowanych odrębnym systemem wentylacyjnym umożliwiającym co najmniej 3-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. W przypadku magazynu do przechowywania odpadów promieniotwórczych pochodzących z pracowni izotopowej klasy I i II powinien on być wyposażony w wentylację mechaniczną nawiewno-wyciągową zapewniającą co najmniej 6-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Ponieważ wentylacja ta musi działać tylko w czasie przebywania w magazynie pracowników, można system wentylacji wyposażać w urządzenia pozwalające na wyłączenie wentylacji w czasie nieobecności pracowników w magazynie i zapobiegające wejściu do magazynu przed całkowitą wymianą powietrza w pomieszczeniu magazynu, co nastąpi po co najmniej 10 minutach od uruchomienia wentylacji. W magazynach, w których nie przechowuje się odpadów promieniotwórczych pochodzących z pracowni izotopowej klasy I, II lub III dopuszcza się systemy wentylacji, zarówno grawitacyjnej jak i mechanicznej. System wentylacji mechanicznej powinien być zainstalowany w przypadku gdy przechowywane odpady promieniotwórcze generują gazy lub mogą spowodować skażenie promieniotwórcze powietrza (np. odpady zawierające Ra-226 w wyniku rozpadu generują skażenie powietrza Rn-222) oraz w przypadku wystąpienia możliwości lokalnego nagromadzenia gazów łatwopalnych i wybuchowych takich jak wodór wytworzony na drodze radiolizy lub reakcji chemicznych. W takim przypadku zastosowana wentylacja mechaniczna powinna umożliwić zmniejszenie stężenia powstałych gazów lub skażeń do poziomu, który można pominąć z punktu widzenia ochrony radiologicznej, a więc do takiego poziomu, aby nie zostały przekroczone przez pracowników ograniczniki dawki oraz nie zostało narażone środowisko w wyniku uwolnienia powstałych promieniotwórczych gazów do środowiska. Tam gdzie przechowywane są odpady promieniotwórcze niegenerujące gazów, w celu zapewnienia integralności opakowań, wentylacja powinna zapobiegać powstawaniu zjawiska roszczenia na powierzchni opakowań oraz na ścianach pomieszczenia. Projekt systemu wentylacyjnego

może wymagać wprowadzenia filtrów, których celem jest zapobieganie niekontrolowanemu uwolnieniu do środowiska izotopów promieniotwórczych w postaci gazowej lub aerozoli.

Oświetlenie i system ochrony przeciwpożarowej

Należy wprowadzić rozwiązania zapewniające odpowiednie i niezawodne oświetlenie wspomagające eksploatację, kontrolę i ochronę fizyczną miejsc, w których przechowywane są odpady promieniotwórcze. Na wypadek sytuacji awaryjnych konieczne może być wprowadzenie oświetlenia awaryjnego, zasilanego ze źródła niezależnego od konwencjonalnej sieci elektrycznej.

Tam, gdzie istnieje zagrożenie pożarem, należy wprowadzić system ochrony przeciwpożarowej o odpowiedniej wydajności i możliwościach zapewniający wczesne wykrycie i gaszenie pożarów obejmujący alarmy sygnalizujące pożar, czujki dymu, zraszacze, gaśnice, systemy oddymiania. Celem projektowym powinno być ograniczenie zagrożenia polegającego na uwolnieniu izotopów promieniotwórczych lub substancji toksycznych do środowiska oraz wewnątrz obiektu poza strefę przechowywania odpadów, a także ograniczenie ryzyka uszkodzenia pożarowego strefy przechowywania odpadów i układów pomocniczych. System ochrony przeciwpożarowej musi również uwzględniać należyte zatrzymanie i odzyskanie środków służących do gaszenia ognia, które na skutek gaszenia ognia mogą ulec skażeniu (np. zastosowanie układu odprowadzania i zbierania skażonej wody).

Powinna być zapewniona odpowiednia komunikacja wewnętrzna i komunikacja zewnętrzna ze strażą pożarną oraz organem zarządzania kryzysowego.

Kontrolowanie temperatury

W przypadku odpadów średnio- i wysokoaktywnych konieczne może się okazać zainstalowanie układów odprowadzania ciepła i chłodzenia odpadów. Należy zapewnić odprowadzanie ciepła poniżej wartości maksymalnej temperatury projektowej, w celu zapobiegania degradacji zarówno pojemników z odpadami jak i samego obiektu do przechowywania. Jeśli zachodzi potrzeba odprowadzenia dużych ilości ciepła, zalecane jest wykorzystanie biernego układu odprowadzania ciepła (chłodzenie na drodze konwekcji naturalnej), który wykazuje na ogół większą niezawodność niż układy czynne. W przypadku instalowania czynnych układów odprowadzania ciepła należy uwzględnić niezawodność układu oraz jego zachowanie się w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego. W przypadku zbiorników na odpady ciekłe, może zajść potrzeba ogrzewania zbiornika służącego do przechowywania ciekłych odpadów promieniotwórczych, w celu zapobiegnięcia zamarzaniu albo wytrącaniu się substancji w niskiej temperaturze.

Sterowanie i zabezpieczenia

Sterowanie procesami technologicznymi np. urządzeniem do przemieszczania opakowań z odpadami czy też układem wentylacyjnym powinno być niezależne od układów zabezpieczeń. Jeśli nie jest to możliwe, to wprowadzenie układów wspólnych i wzajemnie zależnych należy szczegółowo uzasadnić. Zastosowane sygnały alarmowe i wskaźniki przeznaczone dla operatora powinny być wyraźne i nie powinny prowadzić do pomyłek.

Informacje dotyczące stanu układów istotnych dla bezpieczeństwa, które nie są łatwo dostępne (np. poziom odpadów ciekłych w zbiorniku), powinny być widoczne dla operatora np. poprzez odpowiednie położenie układów wskaźnikowych.

Zabezpieczenia przed niekontrolowanymi uwolnieniami do środowiska

Rozwiązania projektowe magazynu powinny zabezpieczać przed niekontrolowanymi uwolnieniami izotopów promieniotwórczych do środowiska. Obiekt powinien być wyposażony w rozwiązania zapewniające:

- minimalizowanie uwolnień izotopów promieniotwórczych do środowiska poprzez zastosowanie odpowiednich filtrów w wentylacji wyciągowej,
- utrzymywanie wymaganych podciśnień w pomieszczeniach obiektu tam, gdzie to zasadne
- kontrolę ewentualnych przecieków,
- monitoring radiologiczny w magazynie i na zewnątrz magazynu.

Systemy umożliwiające usuwanie odpadów z obiektów

Konieczne jest zapewnienie możliwości wydobycia odpadów po okresie ich przechowywania, a związane z tym operacje powinny być możliwie jak najprostsze.

Zbiorniki do przechowywania odpadów ciekłych należy zaprojektować w taki sposób, aby zapewnić całkowite usunięcie odpadów ciekłych za pomocą zainstalowanych urządzeń opróżniających. W przypadku gdy odpady ciekłe zawierają zawiesiny ciała stałego osadzające się na dnie zbiornika, lub mogą zawierać substancje wytrącające się z roztworu należy zainstalować urządzenie mieszające, takie jak mieszadło mechaniczne, mieszarka pneumatyczna lub pompa cyrkulacyjna. Do okresowego oczyszczania dna zbiornika można stosować urządzenia mobilne. Projekt powinien uwzględniać śluzę ułatwiające usuwanie odpadów, które mogą się wytrącić na wewnętrznych powierzchniach zbiorników.

2.3. Eksploatacja

W celu rozpoczęcia przechowywania odpadów promieniotwórczych wymagane jest uzyskanie zezwolenia Prezesa PAA na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące, polegającej na przechowywaniu odpadów promieniotwórczych. Przechowywanie odpadów promieniotwórczych należy prowadzić zgodnie z procedurami zapewniającymi przestrzeganie ograniczeń i warunków eksploatacyjnych dotyczącymi konkretnego obiektu oraz zgodnie ze sposobem postępowania z odpadami promieniotwórczymi określonym w zezwoleniu Prezesa PAA. Eksploatacja magazynu odpadów promieniotwórczych obejmuje odbiór odpadów, ich przechowywanie oraz ponowne wydobycie, znakowanie opakowań, kontrolę stanu zasobów, kontrolowanie opakowań z odpadami, ochronę radiologiczną, monitorowanie i nadzorowanie, prowadzenie ewidencji oraz przygotowanie odpadów do przekazania do innego obiektu. Działania pomocnicze obejmują: ochronę przed promieniowaniem, monitorowanie i nadzorowanie, testowanie, kontrolowanie komponentów obiektu do przechowywania, obsługę i naprawy.

W czasie eksploatacji magazynu należy uwzględniać również zagrożenia nieradiologiczne związane z charakterystykami fizycznymi, chemicznymi i patogennymi odpadów, ponieważ mogą one wpływać na zdrowie człowieka i na środowisko. W pomieszczeniu, w którym przechowywane są odpady promieniotwórcze nie przechowuje się substancji łatwopalnych, o właściwościach wybuchowych, żrących i o właściwościach utleniających, a także gazów sprężonych.

Konieczne jest wprowadzenie środków zabezpieczających i kontroli dostępu do pomieszczeń, w celu uniemożliwienia nieuprawnionego dostępu ludzi i nieuprawnionego usuwania odpadów promieniotwórczych. Wymagany poziom środków zabezpieczających i kontroli dostępu do obiektu powinien być współmierny z poziomem zagrożeń radiologicznych i uzależniony od sumarycznej aktywności izotopów promieniotwórczych zawartych w przechowywanych odpadach. Szczegóły dotyczące różnych poziomów zabezpieczeń dla źródeł promieniotwórczych zawarte są w przepisach wydanych na podstawie art. 43 ust. 10 ustawy - Prawo atomowe, którymi można kierować się posiłkowo w przypadku zabezpieczeń magazynów odpadów promieniotwórczych.

W celu ustalenia poziomu zabezpieczeń zaleca się skategoryzować odpady promieniotwórcze, na podstawie ich aktywności, stosując wielkość stosunku A/P_2 , gdzie:

„A” jest aktywnością izotopów promieniotwórczych zawartych w odpadach,

„ P_2 ” to poziom progowy aktywności izotopów promieniotwórczych zawartych w odpadach określony w załączniku nr 2 do ustawy. – Prawo atomowe.

W przypadku mieszaniny izotopów promieniotwórczych należy wykorzystać sumy stosunków A/P_2 zgodnie ze wzorem:

$$\frac{A}{P_{2,n}} \text{ nagromadzonych odpadów} = \sum n = \frac{\sum_i A_{i,n}}{P_{2,n}}$$

gdzie:

$A_{i,n}$ = aktywność każdego izotopu promieniotwórczego n,

$P_{2,n}$ = wartość P_2 dla izotopu promieniotwórczego n określona w załączniku nr 2 do ustawy – Prawo atomowe.

Obliczona ze wzoru suma stosunków A/P_2 pozwala na ustalenie poziomu zabezpieczeń zgodnie z Załącznikiem nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 1 października 2021 r. w sprawie zabezpieczeń źródeł promieniotwórczych (Dz. U. z 2021 r. poz. 1958).

Podczas eksploatacji obiektów do przechowywania odpadów promieniotwórczych należy stosować ustalone procedury technologiczne oraz administracyjne środki kontroli właściwe dla poziomu zagrożenia.

Posegregowane odpady promieniotwórcze powinny być przechowywane w sposób, umożliwiający ich ponowne wydobycie, w celu dalszego przetwarzania, przekazania do innego magazynu odpadów promieniotwórczych lub do składowania. Przetworzone odpady promieniotwórcze powinny być przechowywane oddzielnie od odpadów nieprzetworzonych. Odpady promieniotwórcze i nie promieniotwórcze należy przechowywać osobno, aby uniknąć skażeń krzyżowych i przypadkowego nieuprawnionego zwolnienia z kontroli dozоровej. Czas przechowywania nieprzetworzonych odpadów promieniotwórczych, z uwagi na zagrożenie jakie mogą stworzyć powinien być ograniczony. Zgodnie z § 22 rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa nie jest dopuszczalne przechowywanie w tym samym opakowaniu odpadów promieniotwórczych zaliczonych do różnych kategorii i o różnych stanach skupienia. Zgodnie z § 23 tego rozporządzenia ciekłe odpady promieniotwórcze zawierające izotopy alfa-promieniotwórcze i izotopy promieniotwórcze, których okres połowicznego rozpadu nie przekracza 65 dni należy przechowywać w odrębnych zbiornikach lub pojemnikach oddzielnie od pozostałych ciekłych

odpadów promieniotwórczych, w szczególności tych zawierających organiczne rozpuszczalniki, ekstrahenty i oleje, detergenty o stężeniu przekraczającym 10 mg/dm³, związki kompleksujące o stężeniu przekraczającym 10 mg/dm³, substancje rozpuszczone i osady o zawartości przekraczającej 10 g/dm³.

Przechowywane odpady powinny spełniać ustanowione dla danego magazynu kryteria przyjęcia odpadów do przechowywania, tj. dotyczące cech odpadów oraz opakowań, które zapewniają bezpieczeństwo i ochronę radiologiczną podczas całego okresu przechowywania. Należy prowadzić ewidencję przechowywanych odpadów promieniotwórczych na kartach ewidencyjnych, których wzór określony jest w załączniku nr 2 do rozporządzenia w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego z dnia 14 grudnia 2015 r. Karta ewidencyjna powinna być sporządzona dla każdego opakowania z odpadami promieniotwórczymi i powinna zawierać informacje:

- charakteryzujące odpady promieniotwórcze (postać fizyczna, skład izotopowy, stężenie promieniotwórcze lub aktywność poszczególnych izotopów) i opakowania w których się znajdują;
- dotyczące pomiarów radiologicznych opakowań z odpadami promieniotwórczymi;
- o działaniach w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi;
- dotyczące wyników kontroli zgodności stanu odpadów promieniotwórczych z informacjami zamieszczonymi w karcie ewidencyjnej.

Kierownik jednostki, w której przechowywane są odpady promieniotwórcze powinien nie rzadziej niż raz w roku przeprowadzać kontrolę zgodności stanu odpadów promieniotwórczych z informacjami zamieszczonymi w karcie ewidencyjnej. Kontrola zgodności powinna obejmować następujące czynności kontrolne:

- oględziny;
- pomiary emitowanego promieniowania jonizującego;
- pomiary masy lub objętości odpadów promieniotwórczych.

Przeprowadzenie kontroli powinno zostać odnotowane w karcie ewidencyjnej dla opakowania z odpadami promieniotwórczymi wraz z datą przeprowadzenia kontroli oraz danymi personalnymi osoby, która kontrolę przeprowadziła. W przypadku odpadów, które przestały być odpadami promieniotwórczymi, kontrola zgodności stanu tych odpadów z informacjami zamieszczonymi w karcie ewidencyjnej powinna obejmować sprawdzenie zasadności uznania tych odpadów za odpady niebędące odpadami promieniotwórczymi oraz wyboru sposobu dalszego postępowania z tymi odpadami.

W przypadku jednostek organizacyjnych przyjmujących odpady promieniotwórcze w celu przechowywania oraz jednostek prowadzących działalność związaną z narażeniem polegającą na eksploatacji obiektów jądrowych, kierownik takiej jednostki jest zobowiązany do prowadzenia na podstawie kart ewidencyjnych wspólnej ewidencji dla działań w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi, w formie informatycznej bazy danych. Wspólna ewidencja powinna obejmować w szczególności dane dotyczące:

- miejsca przechowywania odpadów,
- kategorii, do której zakwalifikowano odpady promieniotwórcze,

- charakterystyki fizykochemicznej odpadów promieniotwórczych,
- aktywności całkowitej i stężenia promieniotwórczego każdego izotopu promieniotwórczego zawartego w odpadach promieniotwórczych,
- nazwy jednostki organizacyjnej, która przekazała odpady promieniotwórcze,
- działań w postępowaniu z odpadami promieniotwórczymi.

Personel obsługujący obiekt do przechowywania odpadów promieniotwórczych powinien zapoznać się z charakterem odpadów, zakresem prowadzonej działalności, związanymi z nią zagrożeniami oraz odpowiednimi procedurami eksploatacyjnymi. Potrzeby w zakresie szkolenia i kwalifikacji personelu są zróżnicowane w zależności od wielkości obiektu, ilości odpadów promieniotwórczych, stopnia złożoności i zakresu prowadzonej działalności oraz związanych z nią zagrożeń. Niezależnie od ilości przechowywanych odpadów promieniotwórczych, zawsze wymagany jest wewnętrzny nadzór nad przestrzeganiem wymagań ochrony radiologicznej sprawowany przez osobę, która posiada uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej.

Personel należy przeszkolić w zakresie właściwego reagowania w sytuacji zdarzenia radiacyjnego.

Zmiana warunków przechowywania powinna być uwzględniona w procedurach i planach oraz wymaga uzyskania stosownego zezwolenia. W każdym przypadku należy rozważyć wpływ wszelkich zmian na bezpieczeństwo przechowywanych odpadów.

Należy stosować właściwe środki kontroli dla istniejącego poziomu zagrożenia:

- oceny poprzedzające wykonanie prac oraz szkolenia symulacyjne, których celem jest minimalizacja narażenia podczas działań związanych z eksploatacją i obsługą;
- stosowanie technologii zdalnego przemieszczania w działaniach związanych z eksploatacją i obsługą;
- wprowadzenie kontroli skażeń promieniotwórczych, jeśli dochodzi do przenoszenia lub usuwania przedmiotów ze stref o skażeniach większych do stref o skażeniach mniejszych;
- odpowiednie planowanie i staranne wykonywanie czynności związanych z przechowywaniem, w celu zminimalizowania narażenia podczas działań związanych z eksploatacją i obsługą.

Dla obiektu do przechowywania odpadów promieniotwórczych bezpośrednio związanego z obiektem jądrowym i znajdującego się na jego terenie, który zgodnie z definicją z ustawy – Prawo atomowe jest obiektem jądrowym, należy spełnić wymagania dotyczące eksploatacji obiektów jądrowych wynikające z przepisów prawa oraz z zezwolenia na eksploatację obiektu jądrowego. Obiekt taki musi też być odpowiednio chroniony zgodnie z przepisami dotyczącymi ochrony fizycznej materiałów jądrowych i obiektów jądrowych.

Przechowywanie odpadów przejściowych

Przechowywanie w celu doprowadzenia do rozpadu promieniotwórczego izotopów w odpadach promieniotwórczych jest uzasadnione tylko w przypadku odpadów promieniotwórczych, w których, w momencie ich wytworzenia, stężenie promieniotwórcze

izotopów promieniotwórczych jest takie, że w okresie 3 lat obniży się poniżej wartości kwalifikującej te odpady do odpadów promieniotwórczych (poziom zwolnienia)

Przechowywanie odpadów promieniotwórczych w celu umożliwienia rozpadu, a następnie wyłączenia spod kontroli dozorowej, wymaga wprowadzenia rygorystycznych środków kontroli. Przed wyłączeniem każdej partii odpadów spod kontroli dozorowej należy przeprowadzić kontrolę zgodności stanu tych odpadów z informacjami zamieszczonymi w karcie ewidencyjnej dla opakowania z odpadami promieniotwórczymi obejmującą sprawdzenie zasadności:

- 1) uznania tych odpadów za odpady niebędące odpadami promieniotwórczymi;
- 2) wyboru sposobu dalszego postępowania z tymi odpadami.

Proces postępowania z odpadami promieniotwórczymi przejściowymi komplikuje się, jeżeli odpady te powstają w sposób ciągły. W szczególności, jeżeli są to ciekłe odpady promieniotwórcze, gdyż w przypadku tych odpadów, o wyłączeniu ich spod kontroli dozorowej decyduje nie tylko stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych zawartych w odpadach. Zgodnie z przepisami, do kategorii odpadów promieniotwórczych niskoaktywnych, kwalifikuje się także ciekłe odpady promieniotwórcze zawierające izotop promieniotwórczy o bardzo niskim stężeniu promieniotwórczym (poniżej poziomu zwolnienia), jeżeli aktywność tego izotopu w odpadach, które powstały w okresie nie dłuższym niż 30 dni, przekracza więcej niż tysiąc razy wartość aktywności określoną w przepisach (wartość ta odpowiada wartości aktywności P1 z załącznika nr 2 do ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe). W celu obniżenia tej aktywności niezbędna jest specjalna instalacja do przechowywania przejściowych, ciekłych odpadów promieniotwórczych, zwana często kanalizacją specjalną. Kanalizacja specjalna powinna być tak zaprojektowana, aby zapewnione było ciągłe odprowadzanie z niej odpadów niebędących już odpadami promieniotwórczymi. Nie można tego zapewnić dysponując jednym zbiornikiem do przechowywania odpadów promieniotwórczych. Liczba takich zbiorników będzie zależała od:

- masy odpadów promieniotwórczych powstających w okresie nie dłuższym niż 30 dni;
- stężenia promieniotwórczego izotopów w powstających odpadach promieniotwórczych;
- okresu połowicznego rozpadu izotopów w odpadach promieniotwórczych.

Procedury eksploatacyjne

Należy opracować procedury dotyczące zarządzania i eksploatacji magazynu w warunkach normalnych oraz w warunkach sytuacji awaryjnych, w taki sposób, by wyznaczone osoby odpowiedzialne za eksploatację obiektu były w stanie zrozumieć i wykonać każdą czynność we właściwej kolejności. Należy wyraźnie określić odpowiedzialność za zatwierdzanie wszelkich niezbędnych odstępstw od procedur, które wynikają z powodów operacyjnych. Każde odstępstwo od zatwierdzonej procedury eksploatacyjnej wymaga uzasadnienia oraz określenia jego skutków dla bezpieczeństwa.

Zgodnie z programem zapewnienia jakości należy wprowadzić rozwiązania umożliwiające ocenę i zatwierdzanie procedur eksploatacyjnych oraz informowanie personelu eksploatacyjnego o wszelkich zmianach. Procedury takie należy poddawać okresowym przeglądom w celu uwzględnienia doświadczeń eksploatacyjnych. Wszelkie zmiany należy wprowadzać i dokumentować dopiero po dokonaniu ich przeglądu i oceny z punktu widzenia przestrzegania ograniczeń i warunków eksploatacyjnych oraz po ich zatwierdzeniu przez uprawnione do tego osoby.

Testy i kontrola

Przed rozpoczęciem eksploatacji magazynu do przechowywania odpadów promieniotwórczych użytkownik powinien przygotować program obsługi, testów i kontroli układów istotnych dla bezpiecznej eksploatacji obiektu. Potrzeby związane z obsługą, testami, badaniami i kontrolą należy uwzględnić już na etapie projektu. Preferuje się nieniszczące badania i kontrole, które obejmują diagnostyczne oceny funkcjonowania w ramach normalnych działań eksploatacyjnych. Należy przeprowadzać okresowe oceny programu, uwzględniając doświadczenia eksploatacyjne.

Okresowej obsłudze, testom i kontrolom powinny być poddane:

- układy służące do przechowywania odpadów, w tym zbiorniki i inne pojemniki;
- układy służące do przemieszczania odpadów, w tym pompy i zawory, dźwigi, wózki widłowe;
- układy grzania i chłodzenia;
- układy służące do monitorowania promieniowania;
- przyrządy dozymetryczne i ich wzorcowanie;
- układy wentylacyjne;
- układy zasilania energią elektryczną, normalne i rezerwowe;
- instalacje i układy pomocnicze, takie jak układy doprowadzające wodę, gaz i sprężone powietrze;
- oświetlenie;
- system ochrony fizycznej;
- konstrukcje budynku i osłony chroniące przed promieniowaniem pod kątem degradacji betonu konstrukcyjnego i stali;
- systemy wykrywania i gaszenia pożaru.

Częstotliwość obsługi, testów i kontroli powinna zapewniać utrzymanie wysokiej niezawodności urządzeń i zachowanie efektywności cech i rozwiązań magazynu na poziomie założeń projektowych dla obiektu. Należy również rozważyć kwestię zapewnienia, że częstotliwość testowania nie wpływa w znaczący sposób na niezawodność dowolnego układu. Nadmierne testowanie może spowodować przedwczesne zużycie lub zwiększenie liczby błędów w obsłudze, co doprowadzi do uszkodzenia układu.

Sprawami zatwierdzania i realizacji programu obsługi, testów i kontroli, a także zatwierdzania powiązanych z nim procedur, powinni się zajmować pracownicy posiadający odpowiednie kwalifikacje, przeszkolenie i doświadczenie. Procedury dotyczące testowania powinny zawierać testowe kryteria odbioru.

Należy prowadzić dokumentację czynności związanych z obsługą, testami i kontrolami. Dokumentację tę należy poddawać okresowym przeglądom w celu określenia tendencji w funkcjonowaniu układów, niezawodności komponentów układu i efektywności obsługi. W takim przeglądzie należy wskazać odpowiednie działania korygujące.

Podkrytyczność

W przypadku przechowywania odpadów promieniotwórczych zawierających znaczące ilości materiałów rozszczepialnych należy zapewnić, że we wszystkich przewidywalnych warunkach eksploatacji obiektu odpady będą utrzymywane w stężeniu, konfiguracji i warunkach zapobiegających osiągnięciu krytyczności podczas układania, przechowywania i ponownego wydobycia odpadów.

W przypadku przechowywania odpadów zawierających materiały rozszczepialne należy rozważyć skutki wynikające ze zmiany konfiguracji odpadów, wprowadzenia moderatora lub usunięcia materiałów (takich jak pochłaniacze neutronów) na skutek zdarzenia wewnętrznego lub zewnętrznego (np. przenoszenie odpadów, wytrącenie fazy stałej z odpadów ciekłych, utrata możliwości szczelnego zamknięcia odpadów, zdarzenie sejsmiczne).

Przechowywanie długoterminowe

Z długoterminowym przechowywaniem odpadów promieniotwórczych mamy do czynienia wtedy, gdy okres przechowywania wynosi co najmniej kilkadziesiąt lat.

W przypadku planowania przechowywania długookresowego należy rozważyć następujące dodatkowe elementy techniczne:

- Układy techniczne, obiekty powinny być zaprojektowane ze zwiększoną odpornością i większymi marginesami bezpieczeństwa a kontrola instytucjonalna powinna być utrzymywana w aktywny sposób. W miarę możliwości należy wykorzystywać bierne rozwiązania bezpieczeństwa.
- Informacje o obiekcie, odpadach i opakowaniach należy zachować w postaci czytelnej i zrozumiałej dla przyszłych pokoleń. W dłuższym okresie może nastąpić znaczące pogorszenie jakości dokumentów (zarówno w postaci materialnej jak i elektronicznej).
- Nieumyślne lub zamierzone wtargnięcie na teren obiektu do przechowywania może być bardziej prawdopodobne i należy je uwzględnić w ocenie bezpieczeństwa.

W przypadku przedłużenia czasu przechowywania poza okres pierwotnie zamierzony może dojść do przekroczenia projektowego czasu użytkowania obiektu. W przypadku gdyby miało to nastąpić należy dokonać ponownej oceny pierwotnego projektu, eksploatacji, oceny bezpieczeństwa i innych elementów strategii przechowywania odpadów.

W przypadku przedłużenia czasu przechowywania poza okres pierwotnie określony szczególnego znaczenia nabiera zapewnienie integralności opakowań. W tym celu należy prowadzić kontrolę środowiska w jakim odpady są przechowywane, zwłaszcza tych jego elementów, które mają wpływ na integralność opakowań, tj. temperatury, wilgotności jak również należy zapobiegać wnikaniu i osadzaniu się soli. Znaczenie dla zachowania integralności ma również procedura ich przemieszczania oraz odpowiednie rozmieszczenie opakowań, tak aby nie uległy one uszkodzeniu. Opakowania z odpadami muszą zachować integralność, dlatego tak ważna jest ich kontrola podczas przechowywania, aby upewnić się, że są one solidne konstrukcyjnie i mogą nadal zachować swoje funkcje izolacyjne i zapobiegać wszelkiego rodzaju wyciekom. Jest to zazwyczaj kontrola wizualna, bądź za pomocą innej nieinwazyjnej techniki. Dobrą praktyką stosowaną w niektórych krajach jest umieszczanie atrap opakowań nie zawierających odpadów promieniotwórczych w miejscach przechowywania odpadów, co pozwala ocenić wpływ warunków atmosferycznych (temperatury i wilgotności) panujących w magazynie bez konieczności przemieszczania prawdziwego opakowania z odpadami oraz umożliwia śledzenie trendów jeśli chodzi o degradację opakowania. Ograniczeniem tej metody jest to, że takie opakowania atrapy pozwalają zidentyfikować jedynie objawy starzenia się opakowania spowodowane środowiskiem zewnętrznym, podczas gdy efekty starzenia wynikające z oddziaływania radionuklidów z matrycą w opakowaniu nie będą widoczne. Należy pamiętać, że inspekcje

powinny być przeprowadzane w sposób minimalizujący dawki dla pracowników. W związku z tym może być wymagana możliwość zdalnego podglądu (np. monitorów CCTV o wysokiej rozdzielczości z możliwością obracania i powiększania), zapewnienia przejść lub korytarzy inspekcyjnych, drzwi wejściowych itp. Wykrycie znacznego lub nieoczekiwanego pogorszenia stanu opakowania z odpadami oznacza, że główna bariera została naruszona lub może zostać naruszona w krótkim czasie. W związku z tym powinien być wdrożony plan działań naprawczych, który może obejmować zastosowanie dodatkowego opakowania, przepakowanie odpadów i oczyszczenie terenu, jeśli doszło do rozlania, rozproszenia, w celu przywrócenia opakowań do bezpiecznego stanu. Potencjalne problemy z opakowaniami z odpadami należy rozważyć zanim zajdzie konieczność podjęcia jakichkolwiek działań fizycznych. W pewnych przypadkach uzasadnione może być przeniesienie opakowań z odpadami do nowego obiektu do przechowywania niż dodatkowe opakowywanie lub wymiana opakowania odpadów.

W przypadku nieprzewidzianego przechowywania długookresowego należy rozpatrzyć sposoby łagodzenia skutków związanych z potencjalnymi zmianami zachodzącymi w przechowywanych odpadach promieniotwórczych. Zmiany takie mogą obejmować:

- wytwarzanie niebezpiecznych gazów na drodze reakcji chemicznych i radiolizy (np. powstawanie wodoru na drodze radiolizy) oraz stopniowy wzrost ciśnienia wewnątrz pojemnika z odpadami;
- wytwarzanie substancji palnych lub korozyjnych;
- przyspieszenie korozji metali (zwłaszcza stali węglowej);
- postaciową degradację odpadów.

Sprawy te są szczególnie ważne w przypadku przechowywania odpadów przez dłuższy czas, kiedy może dojść do kumulacji małych efektów.

Ze względu na upływ czasu elementy służące do przenoszenia i podnoszenia opakowań również mogą również ulec uszkodzeniu a ich stan pogorszeniu w stosunku do stanu pierwotnego i wymagają kontroli oraz oceny technicznej przed przemieszczaniem opakowań. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych lub ciężkich opakowań podnoszonych od góry, opakowań, które były przechowywane przez dłuższy czas i/lub opakowań, które były przechowywane w wilgotnym lub przybrzeżnym środowisku.

W przypadku przedłużenia czasu przechowywania niezwykle istotne jest zapewnienie długoterminowej integralności oznaczeń i numerów indeksowych na opakowaniach odpadów, co powinno stanowić element zarządzania informacjami. Dane dotyczące poszczególnych opakowań odpadów powinny być przechowywane przez długi czas w taki sposób, aby można było prześledzić historię odpadów i opakowań. Może to obejmować szczegółowe informacje o tym, kiedy i jak dane opakowanie zostało wyprodukowane, jak długo było przechowywane, szczegóły dotyczące jego zawartości i właściwości w momencie gdy umieszczono je w magazynie oraz historia miejsca przechowywania itp. Zazwyczaj dane te śledzone są za pośrednictwem jednej lub kilku wyspecjalizowanych komputerowych baz danych, które często są ze sobą powiązane. Należy rozważyć, jako jeden z elementów rozwoju systemu przechowywania danych, konserwację baz danych, w tym przeniesienie na nowy sprzęt i nową platformę programową. Jest to szczególnie ważne, gdy kopie dokumentacji „czytelne dla człowieka” nie są zachowywane. W przypadku akt archiwizowanych w formie elektronicznej przez okres dłuższy niż kilka lat należy również rozważyć archiwizację oryginalnego sprzętu niezbędnego do odczytania akt w przypadku dezaktualizacji technologii. Przykładowo

większość nowoczesnych komputerów nie ma już możliwości odczytu „dyskietek” ani taśm z danymi, które kiedyś były podstawowym środkiem elektronicznego przechowywania danych. Dokumentacja, czy to w formie papierowej, mikrofilmów czy elektronicznej, będzie musiała być chroniona przed naturalną, celową lub przypadkową degradacją (np. przed pożarem, powodzią, uszkodzeniem przez owady, gniciem itp.). Duplikaty są często przechowywane w różnych miejscach, aby pomóc ograniczyć możliwość utraty lub uszkodzenia poszczególnych kopii. Raporty generowane na podstawie dokumentacji często wymagają przedkładania organom regulacyjnym w określonych odstępach czasu i/lub w określonym formacie. Wymagania te należy również wziąć pod uwagę przy projektowaniu systemu zarządzania dokumentacją, aby zapewnić, że wszystkie niezbędne informacje są rejestrowane i śledzone.

Transport wewnętrzny

Należy zaprojektować system transportu wewnętrznego odpadów, który:

- zapewni bezpieczne ich przemieszczanie we wszelkich przewidywanych warunkach,
- zminimalizuje odległości i czas transportu odpadów,
- zminimalizuje możliwość uszkodzenia opakowań z odpadami,
- zapewni bezpieczne postępowanie z opakowaniami nietypowymi i uszkodzonymi,
- zminimalizuje możliwości skażenia samego wyposażenia,
- zminimalizuje możliwość rozprzestrzeniania skażeń promieniotwórczych,
- uwzględni konieczność redukcji ewentualnych błędów ludzkich.

System transportu wewnętrznego powinien podlegać pełnej ocenie bezpieczeństwa. Tam, gdzie jest to konieczne, należy stosować ograniczenia operacyjne mające na celu minimalizację skutków uderzeń i zderzeń, takie jak ograniczenia wysokości podnoszenia i prędkości urządzeń przemieszczających oraz wytyczenie specjalnych tras przemieszczania obciążeń.

Urządzenia i systemy transportowe należy wyposażyć w odpowiednie blokady, tak aby zapobiec działaniom niebezpiecznym, takim jak nieprawidłowe ułożenie odpadów, przypadkowe zwolnienie ładunku lub zastosowanie niewłaściwych sił przy podnoszeniu i przemieszczaniu.

W każdej sytuacji, gdy jest to możliwe należy stosować zdalne sterowanie urządzeniami transportowymi z możliwością obserwacji działań na monitorach.

Wszelkie urządzenia do przemieszczania zdalnego należy zaprojektować tak, aby zapewnić możliwość ich sterowania i naprawy z pomieszczenia obsługi, którego konstrukcja powinna chronić pracowników obsługi przed promieniowaniem i innymi szkodliwymi czynnikami (hałas, skażenia promieniotwórcze). Przez transport wewnętrzny odpadów promieniotwórczych należy rozumieć transport wyłącznie na terenie jednostki organizacyjnej posiadającej zezwolenie Prezesa PAA na wykonywanie działalności, która prowadzi do powstawania tych odpadów. Zezwolenie to powinno określać wymagania i warunki dotyczące wewnętrznego transportu odpadów promieniotwórczych.

Opakowanie z odpadami może być w trakcie wykonywania czynności transportowych na zewnątrz magazynu wystawione na działanie promieni słonecznych, wilgotności i temperatury otoczenia (należy określić wartości minimalne/maksymalne w ciągu roku dla każdego

magazynu). Czynności transportowe nie powinny być wykonywane podczas niesprzyjających warunków pogodowych, takich jak silne wiatry, burze z piorunami, ulewny deszcz lub śnieg. Łączny czas trwania takiej ekspozycji nie powinien przekraczać 24 godzin.

2. 4. Typy pojemników

Opakowanie przeznaczone do przechowywania odpadów promieniotwórczych powinno być dostosowane do stanu skupienia i właściwości fizykochemicznych odpadów, przy czym materiał, z którego wykonane jest opakowanie, nie może wchodzić w reakcje chemiczne z odpadami. Przy wyborze opakowania do przechowywania odpadów promieniotwórczych należy uwzględnić planowany okres przechowywania i dalsze postępowanie z odpadami. Wybierając pojemnik należy rozważyć również jego zachowanie w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych. Stałe odpady promieniotwórcze powinny być przechowywane w pojemnikach metalowych, ceramicznych, kompozytowych lub z tworzyw sztucznych. W przypadku stałych odpadów promieniotwórczych niskoaktywnych mogą one być przechowywane w workach i opakowaniach foliowych, o ile taki sposób przechowywania zapewnia ochronę ludzi i środowiska w warunkach normalnych i w sytuacjach awaryjnych, w szczególności zabezpiecza odpady przed rozproszeniem lub uwolnieniem. Na opakowaniu do przechowywania odpadów promieniotwórczych średnioaktywnych i wysokoaktywnych należy umieścić informacje o temperaturze, której nie mogą przekroczyć przechowywane odpady, oraz o temperaturze, której nie może przekroczyć opakowanie z odpadami. Najbardziej powszechnym materiałem z którego wykonane są pojemniki jest stal węglowa (stal miękka). Jednakże trzeba mieć na uwadze, że pojemniki wykonane ze stali węglowej nie są odporne na korozję, dlatego zaleca się zabezpieczyć ich powierzchnie przez zastosowanie dodatkowych powłok ochronnych na zewnątrz i wewnątrz pojemnika takich jak żywica epoksydowa, fosforan i chromian cynku, emalia, czy żywica silikonowa. Należy też mieć na uwadze, że pojemniki ze stali węglowej i innych metali mogą ulec zniszczeniu w wyniku reakcji galwanicznych, gdy pojemniki wejdą w kontakt z niepomalowanymi powierzchniami innych metali. W przypadku, gdy pożądanym jest zwiększenie ochrony przed promieniowaniem, wytrzymałości mechanicznej oraz długoterminowej stabilności opakowania na odpady, pojemnik ze stali węglowej może być wyścielany warstwą betonu. Bardziej odpornym materiałem jeśli chodzi o korozję jest stal nierdzewna, jednakże w warunkach dużej wilgotności tworząca się w wyniku kondensacji cienka warstwa filmu na powierzchni pojemnika ze stali nierdzewnej także powoduje jego korozję. Powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne pojemników, na ile jest to praktycznie możliwe, powinny być wolne od szczelin, rowków i wystających elementów. Wszystkie zewnętrzne połączenia z użyciem śrub powinny być uszczelnione. W przypadku zastosowania uszczelek elastomerowych lub typu O-ring należy pamiętać o skróconej w warunkach działania promieniowania jonizującego trwałości materiału uszczelniającego. Odpady wielkogabarytowe, takie jak wytwornice pary, stabilizatory ciśnienia, wymienniki ciepła, pompy, silniki usunięte w jednym kawałku, po zamknięciu wszystkich otworów i odpowiednim zabezpieczeniu mogą służyć jako własne pojemniki w czasie przechowywania.

Przechowywanie ciekłych odpadów promieniotwórczych zawsze jest rozwiązaniem tymczasowym, a objętość tych odpadów powinna być utrzymywana na minimalnym poziomie. Ciekłe odpady promieniotwórcze powinny być przechowywane w zbiornikach stalowych pokrytych wewnątrz powłoką chemoodporną, zbiornikach betonowych uszczelnionych od

wewnątrz i pokrytych powłoką chemoodporną lub zbiornikach z tworzyw sztucznych laminowanych. Należy mieć na uwadze, że jako powłokę chemoodporną nie traktujemy powłoki powstającej w wyniku samorzutnej pasywacji powierzchni zbiornika. Zbiorniki powinny być posadowione w szczelnych pomieszczeniach posiadających odpowiednią pojemność, odporność radiacyjną, chemoodporność i mogących w sytuacjach awaryjnych przejąć rolę zbiornika awaryjnego. Zaleca się umieszczać zbiorniki na powierzchni ziemi, w celu łatwego dostępu do nich w czasie działań konserwacyjnych, interwencyjnych i likwidacyjnych. Do przechowywania ciekłych odpadów promieniotwórczych kwaśnych zaleca się zbiorniki wykonane ze stali nierdzewnej. Przykładowo ze stali nierdzewnej typu 304L mogą być wykonane zbiorniki do przechowywania ciekłych odpadów zawierających kwas azotowy. Zbiorniki ze stali nierdzewnej typu 316L, ze względu na znaczną zawartość Mo (molibdenu) są bardziej odporne na korozję wżerową. Stal nierdzewna typu 321 (18:8:1Ti) ma również szerokie zastosowanie w przemyśle jądrowym. Jednakże przy wysokich stężeniach chlorków lub fluorków w ciekłych odpadach nie zaleca się stosowania zbiorników ze stali nierdzewnej z uwagi na jej podatność na korozję szczelinową lub wżerową. Zbiorniki wykonane ze stali duplexowej austenityczno-ferrytycznej o wysokiej zawartości niklu lub tytanu są bardzo dobre do przechowywania promieniotwórczych roztworów zawierających chlorki, ale należy unikać ich stosowania do przechowywania roztworów zawierających fluorki.

W przypadku promieniotwórczych ciekłych odpadów alkalicznych zaleca się ich przechowywanie w zbiornikach ze stali węglowej. W przypadku stosowania zbiorników żelbetonowych należy umieścić w środku odpowiednią wykładzinę, chemicznie kompatybilną z ciekłymi odpadami. Wykładzina może być wykonana ze stali nierdzewnej lub ze stali miękkiej, jak również z bitumenu lub gumy, chociaż te ostatnie mogą nie spełniać swoich funkcji w warunkach promieniowania jonizującego o dużej mocy. Należy również zwrócić uwagę, aby odpady ciekłe nie wchodziły w reakcję z betonem, w przypadku przecieku przez wykładzinę. Niektóre z pojemników ze względu na charakter ciekłych odpadów i ich właściwości powinny być przechowywane w specjalnych szafkach w magazynie. Każdy nawet najmniejszy pojemnik powinien posiadać oznakowanie, jak również dołączone karty charakterystyki substancji chemicznych tak, aby osoby mające styczność z ciekłymi odpadami wiedziały o ich właściwościach chemicznych.

Odpady ciekłe generowane w pracowniach izotopowych, mogą być przechowywane w małych pojemnikach z tworzywa sztucznego, np. o pojemności 5 dm³, które dodatkowo umieszcza się w odpornych chemicznie i radiacyjnie kuwetach o odpowiedniej pojemności, zapobiegających rozprzestrzenianiu się ciekłego odpadu promieniotwórczego w przypadku uszkodzenia pojemnika. Polipropylen jest najlepszym rozwiązaniem jeśli chodzi o krótkotrwałe przechowywanie wodnych roztworów promieniotwórczych. Zaleca się stosowanie nieprzezroczystych pojemników na roztwory wrażliwe na promieniowanie UV do krótkotrwałego przechowywania. Pojemniki należy umieszczać na tacach ociekowych wykonanych z plastiku lub metalu o pojemności 130% pojemności pojemnika. Szkło do przechowywania ciekłych odpadów promieniotwórczych nie jest zalecane ze względu na jego kruchość. Jeśli jednak użycie pojemnika ze szkła jest nieuniknione, nie powinno ono mieć bezpośredniego kontaktu z metalowymi powierzchniami (np. nie należy ustawiać szkła na metalowych stojakach) i zawsze należy je chronić przed przypadkowym pęknięciem (np. umieszczając wewnątrz formy z polistyrenu bądź wewnątrz innego plastikowego pojemnika itp.). Łatwopalne ciecze muszą być przechowywane w nieprzezroczystych

metalowych pojemnikach, ponieważ plastikowe pojemniki mogą się stopić podczas ogrzewania zewnętrznego i spowodować pożar.

W przypadku ciekłych odpadów organicznych należy stosować nieprzezroczyste pojemniki z polipropylenu lub metalu. Pojemniki powinny być umieszczone na metalowej tacce ociekowej o pojemności 130 %. Nie jest zalecane stosowanie szkła do przechowywania, a w przypadku gdy jego użycia nie da się uniknąć należy stosować przyciemnione szkło i pojemnik szklany umieścić w styropianowej formie lub pojemniku z ołowiu. Zaleca się, w przypadku gdy objętość przekracza trzy litry przechowywać pojemnik w obudowanej szafce. Ze względu na nietrwałość pojemników z polipropylenu (wskutek działania promieniowania jonizującego, promieniowania UV i rozpuszczania chemicznego) zaleca się przeprowadzać kontrolę odpadów ciekłych co dwa tygodnie, odgazowywać pojemniki z ciekłymi odpadami co 3 miesiące, trzymać pojemniki z daleka od światła słonecznego (w tym świetlówki) oraz zastępować co dwa lata pojemniki polipropylenowe nowymi.

Specyficzne ciecze wymagają szczególnej uwagi:

- należy unikać wlewania różnych płynów do tego samego pojemnika, np. mieszania kwasu z zasadą, roztworów węglanowych z nadtlenkiem, substancji organicznych z nieorganicznymi itp.;
- kwas azotowy należy przechowywać w magazynie chemicznym z dala od substancji takich jak aceton, kwas octowy, alkohol, kwas chromowy, anilina, kwas cyjanowodorowy, siarkowodór i wszelkie łatwopalne substancje;
- żrące roztwory (kwas solny, wodorotlenek potasu, wodorotlenek amonu, fenol) muszą być przechowywane w plastikowych pojemnikach (polipropylenowych lub polietylenowych) poniżej poziomu oczu;
- utleniacze (nadsiarczany, nadchlorany, nadmanganiany, halogenki, nadtlenki, kwas chromowy) należy przechowywać w przyciemnionym szkle wewnątrz formy polistyrenowej. Nie należy używać korkowych ani gumowych korków;
- reaktywne i potencjalnie wybuchowe chemikalia wymagają specjalnej uwagi, np. wodorki, borowodorki, substancje piroforyczne należy przechowywać z dala od jakichkolwiek innych roztworów wodnych w szafce, w suchym środowisku, takim jak eksykator wypełniony gazem obojętnym (azotem lub argonem), azydki, nadchlorany muszą być przechowywane w chłodnym, suchym miejscu z dala od źródeł ciepła i źródeł zapłonu, takich jak otwarty ogień, gorące powierzchnie, źródła iskier i bezpośrednio światło słoneczne.

Podczas przechowywania ciekłych odpadów o własnościach korozyjnych należy zachować szczególne środki ostrożności, stosując pojemniki o podwójnych ścianach i nieprzepuszczalne wykładziny. W przypadku gdy obiekt nie posiada kanalizacji specjalnej na ciekłe odpady promieniotwórcze, przechowuje się je wyłącznie w zbiornikach i pojemnikach ze stali nierdzewnej lub z tworzyw sztucznych, których pojemność nie przekracza 100 dm³, oraz w zabezpieczonych przed uszkodzeniami mechanicznymi pojemnikach szklanych lub ceramicznych, których pojemność nie przekracza 25 dm³.

Zbiornik lub pojemnik do przechowywania ciekłych odpadów promieniotwórczych umieszcza się w pokrytej od wewnątrz powłoką chemoodporną wannie stalowej lub betonowej, której pojemność jest nie mniejsza od objętości umieszczonego w niej pojemnika lub zbiornika. Ze względów radiologicznych, w szczególności ze względu na ewentualną likwidację zagrożenia i usuwanie skutków zdarzenia radiacyjnego powstałego w wyniku uszkodzenia zbiorników lub

pojemników do przechowywania ciekłych odpadów promieniotwórczych, zastosowanie zbiorników lub pojemników dwupłaszczowych nie zwalnia z obowiązku umieszczenia ich w wannie, o której mowa wyżej.

Odpady które mogą ulegać rozproszeniu, takie jak ciecze, gazy i pyły, należy monitorować ze względu na ryzyko uwolnień skażeń promieniotwórczych. Jeśli podczas przechowywania odpadów pojemnik wykazuje oznaki degradacji, należy podjąć odpowiednie działania, między innymi kontrolę jego szczelności. W przypadku wykrycia nieszczelności należy zastosować dodatkowe opakowanie lub przepakować odpady promieniotwórcze.

Przedmioty ostre, takie jak strzykawki, stłuczki szklane należy gromadzić oddzielnie i przechowywać w pojemnikach odpornych na przebicie (np. pojemnikach metalowych).

Odpady promieniotwórcze należy zapakować w sposób uniemożliwiający dostęp ptaków, owadów lub gryzoni, które mogą stanowić poważne zagrożenie dla szczelności opakowania z odpadami promieniotwórczymi. Jest to szczególnie istotne w przypadku przechowywania odpadów promieniotwórczych niebezpiecznych biologicznie, lub w przypadku przechowywania odpadów w workach plastikowych.

Pojemniki służące do przechowywania odpadów promieniotwórczych powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby odpady promieniotwórcze w nich przechowywane pozostawały szczelnie zamknięte niezależnie od operacji jakim są poddawane. W przypadku gdy pojemnik stanowi główną barierę zatrzymującą odpady, wytrzymałość i integralność pojemnika należy dobrać do rodzaju odpadów i stężenia zawartych w odpadach izotopów promieniotwórczych. Wybierając pojemnik należy uwzględnić statyczne i dynamiczne obciążenia wynikające z przemieszczania i ustawiania opakowań z odpadami w sterty poprzez uwzględnienie grubości ścian pojemników, ich ciężaru po napełnieniu oraz kierunku układania. Pojemnik powinien wytrzymać upadek na płaską betonową podłogę, w dowolnej orientacji z wysokości 4 m lub najwyższej wysokości przeładunkowej, w zależności od tego która wysokość jest większa. Pojemnik powinien być tak zaprojektowany, aby w wyniku upadku nie nastąpiło uwolnienie znajdujących się w nim odpadów. Wybór pojemnika powinien uwzględniać warunki przechowywania, tj. temperaturę otoczenia i wilgotność. Należy unikać umieszczania pojemników na powierzchniach, na których może dochodzić do okresowej kondensacji pary wodnej, ponieważ może to przyspieszyć korodowanie pojemnika. Pojemnik wraz z zamknięciem powinien zapobiegać wnikaniu wody do jego środka. Pojemnik ze znajdującymi się w nim odpadami powinien wytrzymać wszelkie różnice ciśnień, które mogą powstać między wnętrzem pojemnika a otoczeniem w normalnych warunkach eksploatacji i przechowywania. Pojemniki na odpady mogące wydzielać gazy wybuchowe (np. radionuklidy emitujące promieniowanie alfa w matrycy odpadów organicznych) muszą być odpowiednio wentylowane. Otwory wentylacyjne (lub zawory) muszą mieć metalową konstrukcję odporną na korozję, zawierać wysokowydajne filtry cząstek stałych (HEPA) i muszą być zaprojektowane tak, aby nie zatykały się ani zaślepiły z powodu korozji, wnikania wody lub wnikania materiału zasyпки (jeśli jest zastosowany). Odpowietrznik (zawór) powinien być umieszczony w taki sposób, aby uniemożliwić przedostawanie się wody do zawartości. Gazy w przestrzeni nad zbiornikiem powinny być okresowo monitorowane, aby upewnić się, że nie następuje kumulacja gazów wybuchowych. Pojemnik na odpady powinien być w stanie oddać ciepło wytwarzane w wyniku rozpadu radioaktywnego izotopów zawartych w odpadach, bez zmiany stanu fizycznego opakowania lub jego zawartości. Pojemnik powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby jego integralność nie została naruszona przez zastosowanie mocowań obciążających. Powierzchnia zewnętrzna pojemnika, prowadnice wózka widłowego i inne elementy zewnętrzne służące do podnoszenia powinny być wystarczająco wytrzymałe na przypadkowe

uszkodzenia, jakie mogą wystąpić podczas czynności w trakcie przechowywania. Ponadto pojemnik powinien wytrzymać przypadkowe uderzenie, np. uderzenie innych upuszczanych opakowań. Każde opakowanie powinno być kompatybilne z formą odpadów, wszelkimi elementami wewnętrznymi umieszczanymi w środku pojemnika (np. wewnętrzne prowadnice do centralizacji odpadów, łopatką do mieszania odpadów z matrycą unieruchamiającą, pojemnik wewnętrzny/wkładka), elementami służącymi do podnoszenia (uchwyty, zawiesia, ramy do podnoszenia, haki), innymi opakowaniami na odpady układanymi w stosy, drzwiami wejściowymi, betonową podłogą oraz systemem mocowania jednostki transportującej.

We wszystkich przypadkach odpady powinny być w takiej postaci, aby możliwe było ich wydobycie po zakończeniu okresu przechowywania. Jeśli przewiduje się wydłużenie okresu przechowywania, forma odpadów oraz rodzaj opakowania powinien to uwzględniać. Przy wyborze opakowania powinny być uwzględnione szczególne właściwości odpadów promieniotwórczych oraz procesy jakim podlegają, takie jak:

- reakcje chemiczne i galwaniczne w wyniku oddziaływań odpadów promieniotwórczych z pojemnikiem prowadzące do korozji (np. w czasie kontaktu części metalowych w odpadach z wewnętrzną powierzchnią metalową pojemnika, w celu ochrony przed tym mechanizmem należy ocynkować wewnętrzną powierzchnię pojemnika lub stosować wkładkę z tworzywa sztucznego),
- właściwości piroforyczne odpadów (metali) prowadzące do samozapłonu,
- porowatość pewnych odpadów nieorganicznych niemetalicznych (beton i pewne materiały izolacyjne) powoduje, że mogą być skażone objętościowo,
- palność odpadów organicznych, w tym celulozy i tworzyw sztucznych oraz cieczy scyntylacyjnych powodująca potencjalne zagrożenie pożarowe,
- rozpraszalność pyłów i popiołów,
- osadzanie i zatężanie zawieszin ciała stałego zawartych w odpadach ciekłych,
- rozprężanie odpadów sprasowanych powodujące trudności w wydobywaniu odpadów ponadto sprasowanie w tym samym pojemniku materiałów do siebie niepodobnych może doprowadzić do bliskiego kontaktu mieszanin aktywnych chemicznie, co może spowodować zwiększoną korozję, samozapalenie lub inne szkodliwe skutki,
- wytwarzanie wewnątrz opakowania z odpadami gazów na drodze powolnych reakcji chemicznych, np. wodoru, może prowadzić do dodatkowych problemów w zakresie bezpieczeństwa, utraty integralności opakowania,
- radioliza polichlorku winylu oraz teflonu (uszczelki, plastikowe torebki wewnątrz pojemnika) może doprowadzić do powstania substancji korozyjnych, takich jak HCl, chlor lub fluor w postaci gazowej, które mogą spowodować korozję i naruszyć integralność opakowania,
- zwiększona aktywność biologiczna odpadów zawierających materiał biologiczny w przypadku obecności wody w odpadach prowadząca do wytwarzania CO₂/CH₄,
- reakcja niektórych metali, takich jak aluminium, magnez, uran i cyrkon w odpadach, z wodą z zaprawy cementowej prowadząca do wytworzenia gazowego wodoru. Pojemnik powinien być wystarczająco wytrzymały, aby wytrzymać wewnętrzne detonacje lub posiadać wentylację aby utrzymać stężenie wodoru w pustych przestrzeniach opakowania poniżej granicy wybuchowości.

Potencjalne zagrożenie związane z odpadami należy zmniejszać w stopniu, w jakim jest to konieczne na każdym etapie procesu przechowywania. Tak więc w możliwie największym stopniu należy minimalizować aktywność chemiczną odpadów biorąc pod uwagę wymagania

wynikające z kolejnych etapów postępowania z odpadami promieniotwórczymi, w szczególności ze składowaniem.

W celu wykluczenia pożaru lub wybuchu należy zakazać umieszczania w opakowaniu na odpady następujących materiałów:

- reaktywnych lub wrażliwych na wstrząsy chemikaliów,
- materiałów wybuchowych i sprężonych gazów,
- materiałów łatwopalnych (lub materiałów, które rozkładają się na materiały łatwopalne),
- materiałów piroforycznych (> 1 % masy radionuklidów piroforycznych),
- drobin metali (cząstki, proszek, wióry itp.) takich jak uran lub pluton, ponieważ może nastąpić zjawisko samozapłonu; jeśli planujemy długotrwale przechowywać uran lub pluton to powinny być one przechowywane w postaci tlenku lub stabilnego związku chemicznego.

W przypadku niektórych odpadów możliwe jest powstawanie skażonych aerozoli. W większości przypadków zbiorniki do przechowywania odpadów będą odpowietrzane w sposób naturalny, ale wiele zbiorników może wymagać specjalnie wbudowanych urządzeń odpowietrzających. Ponadto budowa zbiorników powinna ułatwiać kontrolę umożliwiającą wczesne wykrywanie wszelkich wad i uszkodzeń zbiorników, łącznie z przeciekami.

Odpady ciekłe mogą zawierać zawiesiny ciała stałego, które osadzając się na dnie zbiornika tworzą szlam. W przypadku takich odpadów należy zapewnić możliwość ich fluidyzacji poprzez zastosowanie urządzenia mieszającego typu mieszadło mechaniczne czy pompa cyrkulacyjna, itp.

2. 5. Likwidacja

Określenie „likwidacja” odnosi się do działań administracyjnych i technicznych podejmowanych dla umożliwienia wyłączenia obiektu po zakończeniu jego eksploatacji spod kontroli dozоровej, przez co rozumie się zmianę jego przeznaczenia. Likwidacja magazynu odpadów promieniotwórczych wymaga usunięcia wszystkich przechowywanych odpadów promieniotwórczych, a następnie przeprowadzenia pomiarów na obecność powierzchniowych skażeń promieniotwórczych. Obiekt może wymagać dekontaminacji i usunięcia skażonych materiałów i skażonego wyposażenia. Działania te prowadzi się w celu wyeliminowania zagrożenia radiologicznego. Przed likwidacją obiektu do przechowywania należy przygotować plan likwidacji. W przypadku przechowywania odpadów w niezależnym obiekcie należy przygotować plan likwidacji przeznaczony dla tego właśnie obiektu. W przypadku obiektu jądrowego, magazyn odpadów promieniotwórczych może stanowić integralną część obiektu jądrowego i wtedy plan likwidacji obejmuje likwidację obiektu jądrowego wraz ze znajdującym się w nim magazynem. Częściej jednak mamy do czynienia z sytuacją, gdy magazyn odpadów promieniotwórczych jest osobnym budynkiem i wtedy likwidacja takiego obiektu jądrowego jest przeprowadzana zgodnie z odrębnym planem likwidacji obiektu jądrowego.

2. 6. Postępowanie w przypadku zdarzenia radiacyjnego

Opracowany i wdrożony plan postępowania awaryjnego powinien wynikać, z opracowanego przez kierownika jednostki organizacyjnej, systemu zarządzania sytuacjami zdarzeń radiacyjnych, po dokonaniu analizy zagrożeń, jakie mogą mieć miejsce w związku

z działalnością wykonywaną przez jednostkę organizacyjną, uwzględniając kategoryzację zagrożeń. Od kwalifikacji wykonywanej działalności do kategorii zagrożeń, będzie zależała ewentualna konieczność:

- uzgadniania projektu zakładowego planu postępowania awaryjnego z wojewodą, komendantem wojewódzkim Państwowej Straży Pożarnej oraz komendantem wojewódzkim Policji;
- funkcjonowania na terenie jednostki organizacyjnej całodobowej służby awaryjnej dla celów reagowania awaryjnego;
- całodobowej obecności na terenie jednostki organizacyjnej osoby upoważnionej do klasyfikacji zdarzeń radiacyjnych;
- wyznaczenia strefy zewnętrznej obejmującej obszar wokół jednostki organizacyjnej, na którym podejmowane są przygotowania do wprowadzenia natychmiastowych działań interwencyjnych w przypadku zdarzenia radiacyjnego w celu ograniczenia ryzyka wystąpienia skutków stochastycznych narażenia osób z ogółu ludności;
- opracowania i wdrożenia programu monitoringu radiacyjnego środowiska na terenie i poza terenem jednostki organizacyjnej, w sytuacji normalnej oraz w przypadku zdarzenia radiacyjnego;
- zapewnienia rozwiązań organizacyjnych i technicznych oraz zasobów ludzkich gwarantujących prawidłową i niezwłoczną realizację zadań w przypadku zdarzenia radiacyjnego;
- określenia w zakładowym planie postępowania awaryjnego minimalnej liczby pracowników, w tym członków ekip awaryjnych, niezbędną do prowadzenia działań interwencyjnych w przypadku zdarzenia radiacyjnego oraz zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w takiej sytuacji.

Należy przeprowadzić szkolenia pracowników tak, aby w sposób właściwy rozpoznawali i reagowali na wypadek sytuacji awaryjnych. Powinni być wyznaczeni pracownicy wchodzący w skład ekipy awaryjnej, którzy będą pełnić określoną funkcję podczas zdarzenia radiacyjnego i mogą zostać narażeni podczas wykonywania zadań w związku ze zdarzeniem radiacyjnym. Szkolenia członków ekipy awaryjnej przygotowujące do działania w przypadku zdarzenia radiacyjnego, powinny odbywać się nie rzadziej niż co 2 lata.

Plan postępowania awaryjnego dla działalności związanych z funkcjonowaniem magazynów odpadów promieniotwórczych powinien określać zadania w zakresie: przygotowania, reagowania, zarządzania sytuacją narażenia istniejącego, na wypadek zdarzeń radiacyjnych takich jak: rozszczelnienie zbiornika z ciekłymi odpadami promieniotwórczymi lub uwolnienie substancji promieniotwórczej do środowiska.

Szczegółowa zawartość zakładowego planu postępowania awaryjnego wynika z przepisów wydanych na podstawie art. 86i ust. 7 ustawy – Prawo atomowe.

2. 7. Monitoring radiacyjny

Prowadzenie monitoringu radiacyjnego jest konieczne dla określania poziomów promieniowania zewnętrznego i skażeń promieniotwórczych powierzchni wewnątrz obiektu do przechowywania odpadów promieniotwórczych, wzdłuż granic obiektu oraz na powierzchniach opakowań z odpadami. W obiektach, w których odpady luzem są prasowane i przepakowywane w celu dalszego przechowywania lub transportu, może zająć potrzeba monitorowania skażeń promieniotwórczych powietrza.

W tych obiektach, w których istnieje możliwość wystąpienia promieniotwórczych skażeń powierzchniowych, przy wyjściach należy umieścić przyrządy, przenośne lub zamocowane na stałe, do wykrywania skażeń zewnętrznych u osób wchodzących do magazynu. Przyrządy monitorujące powinny być okresowo sprawdzane i kalibrowane. Skala energii i zakres pomiarowy przyrządów należy dobrać do rodzaju izotopów promieniotwórczych zawartych w odpadach oraz spodziewanego zakresu poziomów promieniowania i skażeń promieniotwórczych.

Działalność polegająca na przechowywaniu odpadów promieniotwórczych powinna być wykonywana zgodnie z zasadą optymalizacji wymagającą, aby – przy rozsądnym uwzględnieniu czynników ekonomicznych i społecznych oraz aktualnego stanu wiedzy technicznej liczba narażonych pracowników i osób z ogółu ludności oraz prawdopodobieństwo ich narażenia były jak najmniejsze, a otrzymywane przez nich dawki promieniowania jonizującego były możliwie małe. Również uwolnienia do środowiska muszą być kontrolowane zgodnie z wymogami prawnymi. Sposób odprowadzania odpadów, aktywność odprowadzonych odpadów i ich dopuszczalne stężenie promieniotwórcze w momencie odprowadzania do środowiska, Prezes PAA określa w zezwoleniu.

W przypadku przeprowadzania innych niż rutynowe czynności związanych z przechowywaniem odpadów, takich jak postępowanie z opakowaniami zawierającymi niescharakteryzowane odpady, odpowietrzanie stref, w których wentylacja nie działa w sposób ciągły, przemieszczanie odpadów przez przejścia dla personelu, może zajść potrzeba wprowadzenia dodatkowych procedur ochrony przed promieniowaniem.

Należy zapewnić monitorowanie warunków radiologicznych w obiekcie poprzez pomiary mocy dawki promieniowania jonizującego, stężenia substancji promieniotwórczych w powietrzu, poziomu promieniotwórczych skażeń powierzchniowych związanych i niezwiązanych, a także wielkości strumienia neutronów. W strefach kontrolowanych należy zastosować przyrządy do pomiarów ciągłych wyposażone w sygnały alarmowe, do informowania o wartościach mocy dawki promieniowania jonizującego i stężeniach substancji promieniotwórczych w powietrzu.

Do monitorowania poszczególnych miejsc w strefach kontrolowanych w celu wykrycia skażeń promieniotwórczych należy użyć przenośnych mierników mocy dawki promieniowania jonizującego. Przy wyjściach ze wszystkich stref kontrolowanych lub przejściach ze strefy bardziej skażonej do mniej skażonej, należy ustawić stacjonarne lub przenośne przyrządy do wykrywania skażeń zewnętrznych pracowników.

Tam, gdzie zachodzi taka potrzeba, należy wprowadzić również monitorowanie warunków chemicznych (np. stężeń chlorków lub gazów palnych, właściwości cieczy) oraz parametrów nie-radiologicznych, takich jak np. temperatura, ciśnienie, wilgotność, natężenia przepływu substancji chłodzących.

Stosowany sprzęt dozymetryczny powinien być odpowiedni ze względu na rodzaj emitowanego przez odpady promieniotwórcze promieniowania, urządzenia pomiarowe powinny być okresowo poddawane sprawdzeniu i kalibracji. Przyrządy dozymetryczne stosowane do kontroli i oceny narażenia, niepodlegające obowiązkowi kontroli metrologicznej określonej w przepisach o miarach, powinny posiadać świadectwo wzorcowania. Świadectwo wzorcowania wydaje laboratorium pomiarowe posiadające akredytację otrzymaną na podstawie odrębnych przepisów. W pobliżu zbiorników do przechowywania odpadów ciekłych

należy zaprojektować studzienki ściekowe wyposażone w odpowiednie przyrządy monitorujące ewentualne wycieki ze zbiorników.

2. 8. Ocena bezpieczeństwa

Bezpieczeństwo eksploatacji magazynów odpadów promieniotwórczych można osiągnąć postępując zgodnie z udokumentowanymi procedurami i instrukcjami. W procedurach i instrukcjach powinny być uwzględnione takie zagadnienia jak:

- opis obiektu i sposobu jego użytkowania;
- limity aktywności dla izotopów promieniotwórczych;
- limity dla uwalniania izotopów promieniotwórczych do środowiska;
- osoby odpowiedzialne za obiekt;
- kontrola dostępu;
- moc dawki promieniowania jonizującego na powierzchni opakowania z odpadami promieniotwórczymi;
- rodzaj materiałów, których przechowywanie jest dozwolone;
- zasady dotyczące segregowania, pakowania i oznaczania odpadów;
- prowadzenie ewidencji;
- plany na wypadek sytuacji awaryjnych.

Ograniczenia związane z ilością odpadów uwzględniając rodzaj i aktywność izotopów promieniotwórczych stanowią kluczowy element zarządzania ryzykiem, który służy do zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji magazynu, zwłaszcza w warunkach odbiegających od normalnej eksploatacji.

Magazyn odpadów promieniotwórczych bezpośrednio związany oraz znajdujący się na terenie obiektu jądrowego jest ustawowo obiektem jądrowym. W związku z tym musi on spełniać nie tylko wymagania dotyczące magazynów odpadów promieniotwórczych, ale również restrykcyjne wymagania bezpieczeństwa dla obiektów jądrowych.

Analiza bezpieczeństwa powinna obejmować ocenę ryzyka podczas normalnej eksploatacji, eksploatacji odbiegającej od normy i podczas wystąpienia zdarzeń zewnętrznych, a także powinna zawierać ocenę dawek na granicy terenu obiektu i potencjalnego narażenia w miejscach, do których dostęp nie jest ograniczony.

W przypadku przechowywania długoterminowego należy zadbać, aby informacje o obiekcie, odpadach, ich charakterystyce i opakowaniach, były czytelne dla przyszłych pokoleń.