

Streszczenie

Radiological characterization of low-and intermediate level (LL/IL)
radioactive waste

Patrycja DYRCZ

W ramach prac konserwacyjnych, modernizacyjnych czy też demontażowych akceleratora cząstek, usuwane są różnego rodzaju komponenty, między innymi te, które zostały aktywowane. W przypadku aktywowanych materiałów wymagane jest przeprowadzenie charakterystyki radiologicznej pod kątem ich eliminacji jako odpadów promieniotwórczych. W niniejszej pracy przedstawiono metodologię charakterystyki radiologicznej odpadów promieniotwórczych wytwarzanych w akceleratorach cząstek w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN). W szczególności koncentrując się na charakterystyce odpadów metalicznych nisko i średnio aktywnych (LL/IL) przeznaczonych do eliminacji po uprzednim ich stopieniu. Celem charakteryzacji jest identyfikacja radionuklidów oraz ocena stężenia ich aktywności w danych odpadach. Charakteryzacja ta opiera się na szeroko zakrojonych obliczeniach analitycznych, które pozwalają przewidzieć, jakie radionuklidy mogą powstać w wyniku interakcji między zderzającymi się cząstkami a wnętrzem akceleratora, jak również jego otoczeniem. Spodziewane radionuklidy można sklasyfikować jako tzw. łatwo mierzalne (Easy-to-measure, ETM), trudno mierzalne (Difficult-to-measure, DTM) oraz niemożliwe do zmierzenia (Impossible-to-measure, ITM). Poziom aktywności radionuklidów ETM ocenia się na podstawie wykonanych pomiarów spektrometrycznych promieniowania gamma danego odpadu radioaktywnego. W przypadku radionuklidów DTM, ich poziom aktywności szacuje się za pomocą doświadczalnej techniki tzw. "scaling factor". Natomiast, poziom aktywności ITM radionuklidów jest oceniany za pomocą analitycznych współczynników skalowania "scaling factor".

Charakterystyka radiologiczna niesie za sobą wiele wyzwań. Odpady, które kwalifikują się do eliminacji jako LL/IL charakteryzują się poziomem mocy dawki przewyższającym $100 \mu\text{Sv/h}$. Taki poziom promieniowania stanowi wyzwanie dla ochrony radiologicznej w trakcie postępowania z odpadami, np. podczas wykonywania pomiarów. Ponadto, odpady te cechują się niejednorodnym rozkładem aktywności. W związku z tym uzyskanie dokładnych wyników z *In-Toto* spektrometrii promieniowania gamma może być trudne, zwłaszcza jeśli analizy są przeprowadzane przy założeniu, że rozkład aktywności jest jednorodny. Aby przezwyciężyć takie trudności, proponujemy nowatorską technikę, polegającą na nieniszczącym oznaczeniu zawartości aktywności radionuklidu (Non-Destructive Assay, NDA). Zadaniem

tej techniki jest oszacowanie niepewności wynikających z założenia o jednorodnym rozkładzie aktywności w odpadach. Technika ta wykorzystuje optymalizację modelu geometrycznego, tak aby określić ilościowo oczekiwane wartości stężenia aktywności zgodnie z dostępnymi informacjami na temat danego odpadu, polegając na spojności emisji wielu promieni gamma (multi-line) oraz pomiarów wykonanych wielokrotnie (multi-count). W pracy przedstawiono również sposób określenia ilościowego stężenia aktywności radionuklidów DTM oraz ITM. Formalizm "scaling factor" zakłada, że istnieje korelacja aktywności między głównym emitentem gamma (Key Nuclide, KN) a trudno mierzalnym (DTM) bazując na zebranych próbkach, które reprezentują populację odpadów. Zatem poziom aktywności radionuklidów DTM danego odpadu należącego do populacji można oszacować za pomocą wartości "scaling factor", a dokładniej średniej geometrycznej rozkładu logarytmicznie normalnego. Proces wyznaczenia "scaling factors" dla radionuklidów DTM może być długi i trudny, ze względu na konieczność zebrania wystarczającej liczby próbek reprezentujących populację odpadów LL/IL. W przypadku radionuklidów niemożliwych do zmierzenia (ITM) stosuje się współczynnik analitycznej korelacji (Correlation factor, CF) uzyskanej dzięki obliczeniom analitycznym przeprowadzonych dla aktywacji radioizotopów w zespole akceleratorów cząstek.

Ponadto w tej dysertacji przedstawiono nową metodykę, która ma służyć oszacowaniu całkowitej aktywności właściwej beta-gamma emitrów w oparciu o uśrednione pomiary mocy dawki dla odpadów LL/IL wytwarzanych w CERN w sposób sprawny operacyjnie w trakcie formowania opakowań odpadowych. Metodologia ta jest weryfikowana za pomocą technik spektroskopii gamma z formalizmem optymalizacji modelu geometrycznego.

Praca ta opisuje szczegółowo metodologię charakteryzacji, wraz z praktycznymi przykładami oraz analizami porównawczymi. W trakcie realizowania niniejszej pracy, opisana powyżej metodologia została zatwierdzona przez Krajową Agencję Gospodarki Odpadami Promieniotwórczymi (French National Agency for Radioactive Waste Management, ANDRA). Przedstawioną metodologię zastosowano dla pierwszej partii odpadów LL/IL przeznaczonych do eliminacji. Dodatkowo, uważa się, że tę metodologię można z powodzeniem zastosować do odpadów promieniotwórczych wytwarzanych w innych akceleratorach cząstek poza CERN.