

ISSN 2353-9062

2 (108) 2017

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI

Wydawca:



Redakcja: UL. Krucza 36, 00-522 Warszawa
TEL. 22 695 98 22, 629 85 93
FAX 22 695 98 15
E-MAIL biuletyn@paa.gov.pl
WWW. paa.gov.pl

Maciej JURKOWSKI, Redaktor naczelny, Przewodniczący Rady Programowej

Marek WOŹNIAK, Redaktor techniczny

ISSN 2353-9062 (publikacja elektroniczna)

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 2 (108) 2017
Warszawa

Spis treści

Bartosz Skłodowski Propedeutyka komunikacji ze społeczeństwem w sytuacjach kryzysowych wywołanych zdarzeniami radiacyjnymi.	5
Maciej Lemiesz Charakter odpowiedzialności za szkodę jądrową na gruncie prawa międzynarodowego.	16
Adam Jaroszek Wykorzystanie rodziny modeli „RESRAD” do oszacowania zagrożenia na terenach skażonych	22
Krzysztof Rzymkowski Zintegrowany system zabezpieczeń	29
Wojciech Głuszewski Identyfikacja i konserwacja dzieł sztuki a ochrona radiologiczna	34

Szanowni Państwo

Bieżący numer Biuletynu w większym niż zazwyczaj stopniu poświęcony jest nietechnicznemu, niemniej bardzo ważnym aspektom dozoru nad bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną.

Otwierający numer artykuł pana **Bartosza Skłodowskiego** obszernie i drobiazgowo naświetla istotne zagadnienie komunikacji społecznej w sytuacjach kryzysowych związanych ze zdarzeniami radiacyjnymi, w tym rolę dozoru jądrowego w komunikacji ze społeczeństwem.

Kolejny artykuł pana **Macieja Lemiesza** zajmuje się istotnymi aspektami na tyle poważnego zdarzenia radiacyjnego, związanego z materiałem jądrowym, że dochodzi w jego wyniku do szkody jądrowej. Omawia mianowicie kwestie odpowiedzialności operatora obiektu jądrowego oraz znaczenia związku przyczynowego między incydem jądrowym a szkodą jądrową, która stanowi podstawę roszczeń poszkodowanego. Poszkodowany w praktyce sam nie dysponuje wiedzą ani środkami technicznymi umożliwiającymi zbadanie skutków zdarzenia radiacyjnego dla zdrowia i środowiska, jest to zadanie odpowiednich służb państwowych – w tym dozoru jądrowego.

Środkom technicznym, jakimi dysponują takie służby, poświęcony jest artykuł pana **Adama Jaroszka** opisujący pakiet programów RESRAD stosowanych do analiz migracji izotopów promieniotwórczych w środowisku oraz oszacowania dawek od różnych dróg narażenia.

Kolejny artykuł dotyczy zagadnienia zabezpieczeń (*safeguards*) materiałów jądrowych. Pan **Krzysztof Rzymkowski** opisuje genezę i zasady funkcjonowania światowego systemu kontroli materiałów jądrowych pod auspicjami międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), którego uczestnikiem jest m.in. Polska.

Bieżący numer Biuletynu zamyka kolejny artykuł pana **Wojciecha Głuszewskiego** poświęcony technikom radiacyjnym. Tym razem jest to relacja z warsztatów, zorganizowanych w Muzeum Archeologicznym w Warszawie w maju br. pod patronatem Prezesa PAA Andrzeja Przybycina, na temat technik radiacyjnych stosowanych w analizach i konserwacji dzieł sztuki i problemów ochrony radiologicznej w kontekście jądrowych technik analitycznych.

Życzymy Państwu owocnej lektury.



Przewodniczący Rady Programowej
Maciej Jurkowski

Propedeutyka komunikacji ze społeczeństwem w sytuacjach kryzysowych wywołanych zdarzeniami radiacyjnymi

Bartosz Skłodowski

Wstęp

Współudział w efektywnym zarządzaniu sytuacjami kryzysowymi powstałymi w następstwie zdarzeń radiacyjnych jest jednym z wielu zadań dozorów jądrowych na całym świecie. Zwykle zadania związane z likwidacją skutków zdarzenia radiacyjnego nie są wykonywane w danym kraju przez dozór jądrowy, a przede wszystkim przez podmioty prowadzące działalność związaną z promieniowaniem jonizującym, mogącą potencjalnie prowadzić do zdarzenia radiacyjnego oraz, w przypadku jego zaistnienia w skali powodują skutki o większym zasięgu, także przez właściwe resorty, np. spraw wewnętrznych czy sytuacji nadzwyczajnych. Jednak to na dozórce jądrowym, w przypadku każdego zdarzenia radiacyjnego, spoczywa obowiązek oceny sytuacji radiacyjnej i informowania władz oraz społeczeństwa o poziomie zagrożenia i wskazywanie, jak uniknąć w zaistniałych warunkach jego skutków. Warto dobitnie podkreślić, że właściwe zarządzanie tego typu sytuacjami jest niezmiernie istotne nie tylko dla państw posiadających rozbudowaną infrastrukturę jądrową i radiologiczną. Skutki zdarzeń radiacyjnych mogą być transgraniczne i dotyczyć wielu państw, nawet tych oddalonych od miejsca, w którym doszło do pierwotnego zdarzenia. Dotyczy to zarówno zdarzeń związanych z obiektami jądrowymi, jak i z kradzieżą, zagubieniem czy niekontrolowanym otwarciem pojemników ze źródłami promieniotwórczymi (zwłaszcza wysokoaktywnymi) i materiałami jądrowymi. Sprawne zarządzanie sytuacjami kryzysowymi powstałymi w wyniku zdarzeń radiacyjnych jest zatem wyzwaniem stojącym potencjalnie przed każdym państwem.

Z opisanych wyżej powodów, a także ze względu na zmieniający się kontekst społeczny, rewolucję informacyjną oraz ciągle rosnącą mobilność, sytuacja kryzysowa

wywołana zdarzeniem radiacyjnym nie może być obecnie zarządzana skutecznie bez odpowiedniej komunikacji ze społeczeństwem. Nawet najszybsze, najbardziej przeciwdziałające i nienaganne pod względem merytorycznym działania techniczne lub interwencyjne, mające na celu ograniczenie skutków zdarzenia radiacyjnego, mogą się okazać niewystarczające, jeżeli nie towarzyszy im dobrze zaplanowane, profesjonalne komunikowanie społeczeństwu przebiegu kryzysu. Ponadto, sprawna komunikacja kryzysowa może pomóc rozwiązać wiele problemów narastających przy zdarzeniu radiacyjnym, a nawet pomóc w zbalansowaniu pewnych niedoborów w zasobach czy też błędów przy operacji usuwania skutków zdarzeń radiacyjnych. Należy pamiętać, że najbardziej brzemiennie w skutkach zdarzenia radiacyjnego, takie jak katastrofa w Czarnobylu, ciężka awaria w Fukushima czy wypadek ze źródłem promieniotwórczym w Goianii (Brazylia), pokazują, jak istotne jest znaczenie właściwej komunikacji ze społeczeństwem w sytuacjach zdarzeń radiacyjnych.

O ile efektywna komunikacja w sytuacjach kryzysowych opiera się na stosunkowo prostych pryncypiach, o tyle sprawna jej realizacja wymaga znacznych przygotowań przed wystąpieniem kryzysu. Komunikowanie w przypadku zdarzeń radiacyjnych jest szczególnie trudne, ze względu na szereg czynników związanych ze społeczną percepcją zastosowań promieniowania jonizującego. Wśród czynników tych wymienić należy:

- fakt, że w przeciwieństwie do zagrożeń związanych z kłękami żywiołowymi, promieniowania jonizującego nie można zaobserwować bezpośrednio,
- strach przed promieniowaniem jonizującym wynikający z braku znajomości zagadnień z nim związanych,
- percepcja zdarzeń radiacyjnych przez pryzmat wybuchów jądrowych oraz katastrof w Czarnobylu i Fuku-

shimie, a raczej tego, w jaki sposób katastrofy te były i są postrzegane przez społeczeństwa.

Podstawą komunikacji kryzysowej jest zatem połączenie aspektów obiektywnych (wynikających z analiz, ocen i decyzji podejmowanych przez dozór jądrowy, zdolności i zasobów właściwych służb i instytucji państwowych oraz ze specyfiki samego zdarzenia radiacyjnego, jego przebiegu i zmieniającej się sytuacji) z aspektami subiektywnymi, takimi jak nastawienie grupy docelowej (społeczeństwa), percepcja ryzyka czy poziom zaufania do instytucji rządowych. Tylko z uwzględnieniem obu komponentów, obiektywnego i subiektywnego, możliwe jest prowadzenie skutecznej komunikacji kryzysowej w sytuacji zdarzeń radiacyjnych.

Podstawy komunikowania zagadnień radiacyjnych i jądrowych

Skuteczne komunikowanie zagadnień radiacyjnych i jądrowych w sytuacji normalnej (pozakryzysowej) jest kluczem do prowadzenia efektywnej komunikacji ze społeczeństwem w sytuacji kryzysowej wywołanej zdarzeniem radiacyjnym. Im skuteczniej dany urząd¹ komunikuje zagadnienia związane z codziennym wykorzystaniem infrastruktury radiologicznej i jądrowej, a przede wszystkim z bezpieczeństwem tego wykorzystania, tym efektywniejsza będzie komunikacja w sytuacji kryzysowej.

Przy planowaniu komunikacji związanej z wykorzystaniem promieniowania jonizującego należy przyjąć dwa podstawowe założenia (częściowo wspomniane już wyżej). Po pierwsze, poziom zrozumienia zagadnień związanych z promieniowaniem jonizującym jest stosunkowo niski. Poza wąską grupą osób posiadających wykształcenie kierunkowe bądź pracujących w instytucjach związanych z zagadnieniami radiacyjnymi, zrozumienie tego, czym jest i jakim prawidłowościom podlega promieniowanie jonizujące, jest w znacznym stopniu ograniczone. Założenie to jest prawdziwe praktycznie w odniesieniu do wszystkich współczesnych społeczeństw, a różnice między poziomem wiedzy na temat promieniowania, choć zauważalne pomiędzy krajami rozwiniętymi, a rozwijającymi się, nie mają tu znaczenia.

Kolejnym założeniem które należy przyjąć w komunikowaniu zagadnień związanych z promieniowaniem jonizującym, jest silny, emocjonalny stosunek odbiorców do rzeczonyj tematyki. Pomimo niskiego poziomu wiedzy merytorycznej na dany temat, bardzo duża liczba osób może się obawiać (zupełnie niesłusznie) wpływu źródeł promieniotwórczych oraz obiektów jądrowych na ich życie

i zdrowie. Za koronny przykład tego, jak silny jest emocjonalny stosunek szerszych grup społecznych do tematyki jądrowej, należy uznać sposób, w jaki postrzegana jest awaria w elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi². Planując zatem komunikację dotyczącą tematyki jądrowej i radiologicznej, należy mieć na uwadze negatywne konotacje związane z pojęciami „promieniotwórczość”, „radioaktywny” czy „jądrowy” i dobierać sformułowania w sposób biorący te konotacje pod uwagę.

Efektywne komunikowanie analizowanych zagadnień jest zatem niezwykle trudne. Szczególne trudności może sprawiać planowanie działań komunikacyjnych osobom posiadającym dogłębną wiedzę ekspercką w przedmiotowym zakresie. Spowodowane jest to faktem, że oba opisane wcześniej założenia mogą wywoływać pewnego rodzaju dysonans u osób merytorycznie przygotowanych do reagowania na zdarzenia radiacyjne. U osób zawodowo badających i analizujących zastosowania promieniowania jonizującego dysonans ten może objawiać się tym, że czynnik pierwszy (niski poziom wiedzy merytorycznej społeczeństwa) może powodować dewaluację czy też ignorowanie czynnika drugiego (silnego komponentu emocjonalnego) poprzez **założenie, iż subiektywne przekonania wynikające z braku wiedzy (ignorancji) mogą być w łatwy sposób skorygowane poprzez przedstawienie danych technicznych lub naukowych**. Takie podejście nie zdaje jednak egzaminu w komunikowaniu zagadnień radiacyjnych i jądrowych nawet w sytuacji pozakryzysowej. Natomiast w sytuacji wystąpienia zdarzenia radiacyjnego powyższe założenie **może wręcz prowadzić do efektu odwrotnego niż zamierzony**.

Komunikowanie zagadnień związanych z promieniowaniem jonizującym wymaga **stosowania prostego języka**³. Oczywiście wydaje się, iż pełnego przebiegu zdarzeń radiacyjnych oraz szczegółowych analiz i ekspertyz, jakimi posługuje się dozór jądrowy, nie można opisać za pomocą języka pozbawionego skomplikowanej i merytorycznej siatki pojęciowej. Właściwe, precyzyjne i wywodzące się ze środowiska naukowo-technicznego sformułowania są podstawą współpracy ekspertów w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej i w żadnym razie komunikacja wewnętrzna pomiędzy rzeczonymi ekspertami nie powinna być prowadzona językiem potocznym. Natomiast komunikacja zewnętrzna, dotycząca wszelkich aspektów wykorzystania promieniowania jonizującego (nie tylko sytuacji kryzysowych), powinna być prowadzona z wykorzystaniem języka zrozumiałego dla znakomitej większości społeczeństwa. Należy zatem unikać przekazywania zbyt dużej ilości szczegółów technicznych (w tym wartości w jednostkach, takich jak mSv, Bq czy Gy), for-

¹ W większości przypadków dotyczących analizowanej tematyki będzie to urząd dozoru jądrowego.

² Kompletnie nieznan, czy też nieprzyswajany przez szersze audytorium, jest fakt, że w wyniku narażenia na promieniowanie jonizujące w samej elektrowni nikt nie zginął. W powszechnym dyskursie często stawiany jest znak równości między liczbą ofiar trzęsienia ziemi i tsunami z marca 2011 r. a liczbą ofiar samej awarii w EJ.

³ Szerzej zob.: *Method for Developing a Communication Strategy and Plan for a Nuclear or Radiological Emergency*, Emergency Preparedness and Response, International Atomic Energy Agency, Vienna 2015, s. 2.

mułować zdania krótkie i pozwalające na zrealizowanie ogólnego przekazu, a nie podawać do wiadomości wszystkich technicznych aspektów danego zagadnienia. Zrozumiałość przekazu jest szczególnie istotna dla instytucji dozorowych, których zadaniem jest często nie tylko kontrola i ocena, ale również informowanie o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w kraju. Do analizy przejrzystości tworzonych tekstów można zastosować narzędzia on-line, które pomogą autorom ocenić, jak bardzo skomplikowany jest dany tekst⁴. Dla komunikacji publicznej (społecznej) optymalny poziom skomplikowania (tzw. mglistości) języka stosowanego w komunikatach to FOG 10-12⁵.

Używanie języka prostego i zrozumiałego w przekazie związanym ze stosowaniem promieniowania jonizującego i jego bezpieczeństwem jest najważniejszym wymogiem skutecznej komunikacji w tym zakresie. **Nie oznacza to jednak konieczności rezygnacji ze stosowania również bardziej szczegółowego i technicznego przekazu jako uzupełnienia treści podstawowych.** Należy przy tym pamiętać, iż to właśnie przekaz podstawowy, skonstruowany za pomocą prostego i zrozumiałego języka powinien być eksponowany najbardziej, natomiast przekaz techniczny i ekspercki powinien stanowić jedynie jego uzupełnienie przeznaczone dla osób bardziej dociekliwych, zainteresowanych tematyką bądź posiadających doświadczenie lub wykształcenie kierunkowe.

Kolejnym elementem skutecznego komunikowania zagadnień związanych z promieniowaniem jonizujących jest stosowanie **porównań oraz punktów odniesienia** do dobrze znanej odbiorcom rzeczywistości. Przykładem może tu być komunikowanie otrzymanej dawki promieniowania jonizującego. Przy redakcji komunikatów związanych z potencjalnym narażeniem warto korzystać z łatwych do przyswojenia schematów i porównań, pokazując, że dawka, jaką dana osoba może otrzymać w określonej sytuacji, jest zbliżona do otrzymywanej w czasie x godzin lotu samolotem lub podczas wykonywania y zdjęć rentgenowskich klatki piersiowej⁶. Taka metoda przekazywania informacji o dawkach promieniowania jest zdecydowanie bardziej skuteczna, niż przedstawianie informacji z użyciem jednostek, takich jak mSv lub Gy.

Bardzo ważnym elementem w komunikowaniu analizowanych zagadnień jest stosowanie **wizualizacji, infografik** oraz (w komunikacji cyfrowej) **materiałów filmowych lub animacji**. Każdy przekaz, opatrzone obrazem lub infografiką, przykuwa uwagę w stopniu znacznie większym niż monotony tekst. Stosowane w komunikowaniu tematyki radiologicznej i jądrowej materiały wizualne powinny być wyraźne, opierać się na prostych (opisanych wyżej) skojarzeniach i wykorzystywać prosty język. Należy

również podkreślić, że używanie materiałów wizualnych będących w dyspozycji instytucji wyspecjalizowanych (np. dozorów jądrowych) bez właściwego przygotowania i selekcji może wywołać skutki odwrotne do zamierzonych. Na przykład, wykorzystywane w przekazie podstawowym wykresy (zwłaszcza te, które przedstawiają zmiany w mocy dawki promieniowania – np. ze stacji monitoringu radiacyjnego) powinny być jak najbardziej przejrzyste i jasne w przekazie, a w żadnym przypadku nie powinny wykorzystywać choćby skali logarytmicznej.

Wszystkie opisane wyżej pryncypia skutecznego komunikowania wszelakich zagadnień związanych z promieniowaniem jonizującym powinny być bezwzględnie stosowane również w komunikacji kryzysowej związanej ze zdarzeniami radiacyjnymi. Należy jednak zwrócić uwagę, iż samo zastosowanie tychże pryncypiów może się okazać niewystarczające, ponieważ komunikacja społeczna w sytuacjach kryzysowych ma specyficzną charakterystykę wymagającą stosowania dopasowanych do niej narzędzi.

Charakterystyka i wyzwania dla komunikacji kryzysowej w sytuacji zdarzeniach radiacyjnych

Tworząc charakterystykę komunikacji ze społeczeństwem w sytuacjach kryzysowych, należy zwrócić uwagę na szereg jej cech, które w znacznej mierze rzutują na to, jakie działania muszą być podejmowane, by była ona efektywna. Charakterystykę komunikacji kryzysowej prowadzonej w odniesieniu do zdarzeń radiacyjnych można streścić w następujących punktach:

- Wpływ komunikatów na zachowanie ludzi jest większy niż przy „regularnej” komunikacji.
- U odbiorców występuje potrzeba ciągłej komunikacji ze strony właściwych organów.
- Niepewność i brak kontroli nad kryzysem sprawiają, że komponent emocjonalny może dominować nad komponentem racjonalnym w percepcji ryzyka i przy podejmowaniu decyzji.
- Odbiorcy oczekują niezwłocznych, jasnych wytycznych oraz wytłumaczenia zaistniałej sytuacji.
- Czas na przygotowanie odpowiednich komunikatów jest bardzo krótki – odbiorcy oczekują natychmiastowych informacji.

Zwiększony **wpływ** komunikatów wydawanych przez odpowiednie władze **na zachowanie obywateli w sytuacjach kryzysowych** działa, z jednej strony, na korzyść tych władz, z drugiej zaś pozostawia niewielki margines błędu. Szczególnym przypadkiem będą tu działania interwen-

⁴ Większość wzmiankowanych narzędzi przedstawia wynik w postaci poziomu edukacji wymaganego do zrozumienia tekstu lub liczby lat nauki niezbędnej do zrozumienia danego tekstu.

⁵ Szerzej zob.: <http://www.logios.pl>.

⁶ Przy jednoczesnym określeniu tego, że czynność, do której porównujemy określoną dawkę, nie stwarza żadnego zagrożenia dla życia/zdrowia i podkreśleniu, że nie wywołuje żadnych obaw w społeczeństwie.

cyjne, takie jak ewakuacja, nakaz pozostania w pomieszczeniach zamkniętych lub podanie preparatów ze stabilnym jodem. Zalecenia dotyczące tych działań muszą być sformułowane w sposób perfekcyjnie klarowny i zrozumiały dla osób, których dotyczą, z jednoczesnym zwróceniem uwagi na to, by nie wywołały one paniki u osób, których nie mają obejmować. W praktyce, nie ma tu miejsca na pomyłkę, a konsekwencje niewłaściwego komunikowania działań interwencyjnych mogą być katastrofalne.

Potrzeba **ciągłej, powtarzanej**, a w niektórych wypadkach nawet **nieustającej komunikacji** jest jednym z głównych rozróżnień pomiędzy komunikacją „regularną” a kryzysową. W wypadku zaistnienia sytuacji kryzysowej komunikaty, zwłaszcza te zawierające wytyczne dotyczące rekomendowanego zachowania się ludności, powinny być powtarzane regularnie za pomocą różnorodnych kanałów. Konieczność regularnego powielania przekazu wynika z szeregu czynników. Po pierwsze, w analizowanych sytuacjach odbiorcy odczuwają potrzebę informacji na bieżąco, a często przekazywane komunikaty (będące, przy braku nowych doniesień, powtórzeniami poprzednich informacji) są odpowiedzią na tę potrzebę. Po drugie, powtarzanie istotnych komunikatów oraz wykorzystywanie do tego zróżnicowanych kanałów (media tradycyjne, elektroniczne, społecznościowe lub przekaz bezpośredni za pomocą infrastruktury obrony cywilnej kraju) pozwala na dotarcie do jak największej liczby osób (również tych nie zdających sobie sprawy z wystąpienia sytuacji kryzysowej). Po trzecie wreszcie, powtarzanie wzajemnie ze sobą spójnych komunikatów buduje zaufanie do instytucji odpowiedzialnych za reagowanie kryzysowe, przez co zwiększa szanse na to, iż odbiorcy zinternalizują przekaz pochodzący od odpowiednich władz.

W komunikacji kryzysowej równie ważne jak przedstawianie faktów i wytycznych opartych na analizach prawnych i naukowo-technicznych jest odpowiednie wykorzystanie emocji odbiorców. Przy redagowaniu komunikatów kryzysowych oraz ich dystrybucji należy zatem brać pod uwagę strach (w tym również nieuzasadniony) przed promieniowaniem jonizującym, poczucie niepewności odbiorców oraz ich niezadowolenie i frustracje często skierowane do instytucji dokładających wszelkich starań w celu opanowania sytuacji kryzysowej. Emocje te, choć niewątpliwie niekorzystne dla organów takich jak dozory jądrowe, muszą zostać prawidłowo rozpoznane, przyjęte do wiadomości. Podjęte powinny być również działania mające na celu zapewnienie realizacji poleceń właściwych władz, pomimo częściowego braku zrozumienia dla zalecanych działań (lub braku działań⁷), niechęci czy wręcz agresji werbalnej pod adresem instytucji zarządzających kryzysem.

Czas reakcji instytucji odpowiedzialnej za komunikację kryzysową jest czynnikiem, który może zdecydować o stopniu powodzenia operacji usuwania skutków danego kryzysu. W obecnych czasach informacja o wystąpieniu sytuacji kryzysowej lub chociażby plotka o rzekomym jej wystąpieniu może dotrzeć do milionów ludzi w ciągu kilkunastu minut. Spowodowane jest to w głównej mierze rewolucją informacyjną i stale rozpowszechniającym się dostępem do Internetu. W 2016 roku w ciągu jednej minuty publikowano statystycznie: 3,3 mln postów na Facebooku, 448 tys. tweetów oraz 500 godzin video na YouTube⁸. W warunkach tak szybkiego obiegu informacji publikowanie komunikatu dotyczącego sytuacji kryzysowej w ciągu kilku godzin od jej wystąpienia wydaje się działaniem skrajnie nieprofesjonalnym. Koncentrując się zatem na dostępnych instytucjom publicznym środkach przekazu elektronicznego (strony internetowe, media społecznościowe, powiadomienia e-mail dla dziennikarzy), pierwszy komunikat dotyczący np. zdarzenia radiacyjnego powinien być przekazany w ciągu kilku, maksymalnie kilkunastu minut od otrzymania pierwszych sygnałów (przy czym nie ma tu znaczenia, czy sygnały te pochodzą z oficjalnych, czy też nieoficjalnych źródeł). Oczywiście wydaje się, że w tak krótkim okresie nie sposób jest przedstawić pełnego obrazu sytuacji, natomiast nie zmienia to faktu, iż organizacja odpowiedzialna za zarządzanie kryzysowe (a zatem również za komunikację kryzysową) powinna reagować natychmiastowo, od razu zaznaczając swoją obecność w środkach przekazu. Wymóg ten powinien być stosowany nawet w sytuacji, w której jedyną treścią, jaką można opublikować w danej chwili, jest potwierdzenie świadomości doniesień na dany temat oraz zapewnienie o profesjonalnym i niezwłocznym ich zbadaniu.

Warto w tym miejscu jeszcze raz podkreślić, iż komunikaty przekazywane w sytuacji kryzysowej powinny być nie tylko publikowane niezwłocznie, ale również **dostosowane do grupy docelowej**. W większości przypadków oznacza to konieczność stosowania prostego języka, pozbawionego zbędnego słownictwa merytorycznego, umieszczania najważniejszych informacji na początku tekstu oraz stosowania porównań, punktów odniesienia, wizualizacji.

Dobre praktyki komunikacji kryzysowej

1. Aspekty organizacyjne

Kwestią kluczową dla właściwego prowadzenia komunikacji kryzysowej jest przygotowanie niezbędnych zasobów jeszcze przed wystąpieniem kryzysu. Zasoby te są też konieczne do prowadzenia „regularnej” komunikacji ze społeczeństwem odnoszącej się do zagadnień związanych

⁷ Mowa tu o sytuacji, w której w powszechnym mniemaniu – podsycanym nierzadko przez media, głównie elektroniczne – powinno dojść do określonych działań (np. interwencyjnych), choć nie ma ku nim żadnych obiektywnych przesłanek.

⁸ <http://www.smartinsights.com/internet-marketing-statistics/happens-online-60-seconds/>.

z promieniowaniem jonizującym, która, jak podkreślono wyżej, również ma niemały wpływ na efektywność komunikacji kryzysowej. Pojęcie „niezbędnych zasobów” oznacza tutaj zarówno zasoby ludzkie – personel oraz jego umiejętności i kwalifikacje, jak i zasoby materialne – zasoby finansowe, środki łączności, infrastrukturę komunikacyjną oraz informatyczną.

Zasoby ludzkie są najważniejszą częścią właściwej organizacji komunikacji kryzysowej. W ramach instytucji zajmującej się potencjalnym komunikowaniem kryzysowym wywołanym wystąpieniem zdarzenia radiacyjnego powinna funkcjonować wyodrębniona komórka lub grupa (w skrajnych przypadkach – jedna osoba) zajmująca się komunikacją kryzysową. Skala rzeczony grupy/komórki zależy jest w znacznej mierze od potencjalnych zagrożeń wynikających z charakterystyki infrastruktury radiacyjnej i jądrowej w danym państwie, państwach ościennych oraz w regionie. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się budowanie Grupy Komunikacji Kryzysowej (GKK) wokół komórki zajmującej się zadaniami związanymi z „regularną” komunikacją społeczną. Po pierwsze, pozwala to na korzystanie z doświadczenia profesjonalistów w zakresie komunikacji (a to właśnie kompetencje komunikacyjne, a nie merytoryczne w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej – bj i or przesądzają o skuteczności prowadzonej komunikacji kryzysowej). Po drugie, osoby pracujące w komórce odpowiedzialnej za komunikację ze społeczeństwem w sytuacjach pozakryzysowych są w stanie lepiej wyobrazić sobie potrzeby komunikacyjne odbiorców.

Grupa Komunikacji Kryzysowej nie musi się ograniczać, jeśli chodzi o jej skład, jedynie do osób stale zajmujących się komunikacją społeczną. W sytuacji kryzysowej do pracy w GKK oddelegowani mogą być również dodatkowi pracownicy. Kluczowy jest jednak jasny i zrozumiały **podział zadań, obowiązków i odpowiedzialności**. Oznacza to, że każda z osób funkcjonujących w ramach GKK musi znać dokładnie swoje zadania i być merytorycznie przygotowana do ich wykonywania. Funkcje przypisywane poszczególnym osobom w ramach GKK mogą być różnorodne, niezbędne jest jednak wyznaczenie osoby kierującej Grupą (menedżera ds. komunikacji) oraz rzecznika (prasowego). Co istotne, funkcje to mogą, ale nie muszą być połączone⁹. Wśród innych funkcji, które – w zależności od posiadanych zasobów charakterystyki danej sytuacji kryzysowej – mogą się okazać przydatne w GKK, można wymienić na przykład:

- łącznika z pionami/komórkami merytorycznymi wewnątrz danej instytucji,
- łącznika koordynującego działania komunikacyjne z innymi instytucjami,

- specjalistę ds. nowych mediów,
- specjalistę ds. *media relations*,
- spikerów – osoby o doświadczeniu lub/i wykształceniu technicznym w zakresie bj i or mogące wspierać rzecznika prasowego w wypowiedziach dla mediów.

Bardzo ważne jest, aby GKK miała szybki, **bezpośredni oraz Nielimitowany dostęp do informacji merytorycznych**, ekspertów dozorowych oraz danych źródłowych. Ponadto, bardzo dobrą praktyką jest dopuszczanie przedstawiciela GKK (lub jej lidera) do udziału w posiedzeniach sztabu kryzysowego w celu zarówno pozyskania przez niego informacji od osób decyzyjnych w zarządzaniu kryzysowym, jak i w celu zarysowania możliwych komunikacyjnych i społecznych konsekwencji wszelkich branż pod uwagę działań.

Odpowiedni czas reakcji GKK na rozwój sytuacji kryzysowej (patrz wyżej) może być zapewniony przez nadanie Grupie lub jej liderowi **odpowiednich kompetencji**. Szczególne znaczenie ma to przy redagowaniu treści krótkich komunikatów, zawierających przekaz podstawowy¹⁰ oraz ich akceptowaniu przez kolejne szczeble w strukturze organizacyjnej. Lider GKK powinien zatem mieć możliwość publikowania komunikatów zawierających przekaz podstawowy w ciągu kilkunastu minut, bez konieczności uzyskiwania zgody więcej niż jednego ośrodka decyzyjnego.

Środki techniczne niezbędne do prowadzenia skutecznej komunikacji kryzysowej to przede wszystkim zasoby teleinformatyczne. Poza tradycyjnymi środkami łączności (telefony, faksy, telefony komórkowe, dostęp do Internetu – w tym mobilnego) instytucja mająca skutecznie komunikować sytuacje kryzysowe związane ze zdarzeniami radiacyjnymi powinna mieć dostęp do wysokiej jakości usług hostingu internetowego. Strona internetowa tejże instytucji jest w obecnych czasach jednym z kluczowych źródeł informacji zarówno dla mediów, jak i odbiorców końcowych (ludności). Mimo to, że strony internetowe wyspecjalizowanych organów administracji rządowej, takich jak dozory jądrowe, nie są z reguły odwiedzane masowo przez internautów, sytuacja kryzysowa może sprawić, iż w ciągu jednego dnia zainteresowanie stroną wzrośnie stu-, a nawet tysiącrotnie. Warto zatem, aby strona właściwej instytucji umiejscowiona była na serwerze o odpowiedniej przepustowości, a ponadto instytucja ta powinna dysponować „zapasową” stroną w wersji tekstowej.

Poza zasobami internetowymi do dyspozycji GKK mogą również być oddane systemy powiadomień SMS¹¹, zasoby obrony cywilnej oraz wszelkie środki komunikacji będące w dyspozycji instytucji odpowiedzialnej za zarządzanie daną sytuacją kryzysową. Do wspomnianych zasobów

⁹ Wysokie kwalifikacje do zarządzania Grupą Komunikacji Kryzysowej nie muszą koniecznie iść w parze z posiadaniem kwalifikacji i predyspozycji do reprezentowania organizacji w mediach (i *vice versa*). Szerzej zob.: W.T. Coombs, *Ongoing Crisis Communication. Planning, managing and responding*. Sage Publications 2015, s. 80–87.

¹⁰ Czyli przekaz skomponowany prostym językiem i zawierający podstawowe informacje.

¹¹ System umożliwiający wysyłanie komunikatów alarmowych do wszystkich numerów GSM w określonej lokalizacji.

technicznych można zaliczyć zarówno środki umożliwiające komunikację masową (z mediami oraz ze społeczeństwem), jak i środki umożliwiające komunikację z pozostałymi instytucjami publicznymi.

Kluczowym elementem przygotowań organizacyjnych do prowadzenia skutecznej komunikacji kryzysowej są **ćwiczenia i szkolenia** osób funkcjonujących w ramach GKK. Szkolenia teoretyczne pozwalają na ciągłe podnoszenie kwalifikacji i kompetencji zawodowych pracowników, natomiast ćwiczenia z zakresu komunikacji kryzysowej sprawdzają te kwalifikacje w praktyce. Ćwiczenia z zakresu komunikowania sytuacji kryzysowych przeprowadzane mogą być w obrębie jednej instytucji lub przy współudziale innych instytucji reagowania kryzysowego, a powtarzane regularnie w znacznym stopniu podnoszą jakość komunikacji ze społeczeństwem w wypadku wystąpienia realnego kryzysu.

2. Grupy docelowe

Prawidłowa identyfikacja grup docelowych może przesądzić o skuteczności komunikacji kryzysowej odnoszącej się do zdarzeń radiacyjnych. Identyfikacji tej należy rzecz jasna dokonać w fazie przygotowania do zarządzania kryzysowego, najlepiej w dokumencie strategicznym, takim jak strategia komunikacji.

Wyliczenie najbardziej istotnych grup odbiorców umożliwia późniejsze dopasowanie do ich potrzeb poszczególnych komunikatów oraz środków przekazu. Sednem dywersyfikacji przekazu kierowanego do różnych grup docelowych nie jest oczywiście rozpowszechnianie sprzecznych ze sobą komunikatów, lecz jedynie różne rozkładanie akcentów i priorytetów w danych komunikatach. W sytuacji zdarzenia radiacyjnego w elektrowni jądrowej komunikaty kierowane do osób w jej bezpośrednim sąsiedztwie mogą być zredagowane inaczej niż do osób z ogółu populacji, zwłaszcza jeśli rozważane jest podjęcie działań interwencyjnych. To samo dotyczy środków przekazu – w przytoczonej sytuacji dla ogółu populacji wystarczającymi mediami będą prasa, radio, telewizja oraz Internet (w tym media społecznościowe), natomiast w przypadku osób zamieszkujących w pobliżu elektrowni jądrowej należałoby wykorzystać również systemy nagłośnienia (np. obrony cywilnej), powiadomienia SMS oraz komunikaty typu TA (*traffic announcement*) w radiach wyposażonych w systemy RDS.

Identyfikacja i kategoryzacja grup docelowych dla komunikacji kryzysowej jest typowa dla danego kraju. Pod uwagę mogą być zatem brane czynniki takie, jak: miejsce zamieszkania (region), wiek¹², sposób podróżowania¹³, a

nawet wyznawana religia¹⁴. Rzecz jasna nie sposób jest przewidzieć wszystkich kluczowych grup docelowych dla wszystkich możliwych zdarzeń radiacyjnych, jednakże znając strukturę i stan infrastruktury jądrowej i radiacyjnej w danym kraju oraz strukturę demograficzną społeczeństwa, można z powodzeniem wytypować grupy docelowe kluczowe dla komunikacji kryzysowej w wypadku najpoważniejszych zdarzeń radiacyjnych.

3. Środki przekazu

Podobnie jak identyfikacja kluczowych grup docelowych, tak identyfikacja dostępnych środków przekazu może przesądzić o skuteczności prowadzonej komunikacji kryzysowej. Analogicznie do grup docelowych stosowne media, dzięki którym dokonywany ma być przekaz kryzysowy, powinny być zidentyfikowane w fazie przygotowania do zarządzania kryzysowego, a zatem przed wystąpieniem samego zdarzenia radiacyjnego.

Wachlarz dostępnych środków przekazu ograniczony jest z jednej strony zasobami dostępnymi dla komunikującej instytucji, z drugiej strony powinien być wyznaczany charakterystyką i potrzebami określonych grup docelowych. Oznacza to, że przy określaniu właściwych środków przekazu należy brać pod uwagę zarówno czynniki subiektywne (zależne od indywidualnych cech odbiorców), jak i obiektywne ograniczenia i możliwości techniczne.

Stosowanie tradycyjnych środków przekazu, takich jak komunikaty dla mediów masowych (prasy, telewizji oraz radia) czy organizacja konferencji prasowych (również transmitowanych w mediach) jest rzecz jasna niezbędne w komunikacji kryzysowej. Wynika to z przyzwyczajenia dużej liczby potencjalnych odbiorców, a także z tego, iż tradycyjne formy przekazu są nadal uznawane za bardziej wiarygodne od nowych mediów.

Do tradycyjnych środków komunikowania się z obywatelami (zwłaszcza w sytuacji, w której instytucji zarządzającej kryzysem niezbędne są pewne informacje od ogółu ludności) należy zaliczyć uruchomienie infolinii przeznaczonej dla danej sytuacji kryzysowej. Rozwiązanie to może być szczególnie przydatne w sytuacji poszukiwania zaginionych lub skradzionych źródeł promieniotwórczych lub zdarzeń radiacyjnych związanych z posiadaniem przez pojedynczą osobę nieosłoniętego źródła promieniotwórczego w miejscu publicznym. Takie rozwiązanie zostało z powodzeniem zastosowane w sytuacji zdarzenia radiacyjnego ujawnionego przy okazji tzw. sprawy Aleksandra Litvinienki.

We współczesnym świecie w każdym praktycznie miejscu nie jest możliwe skuteczne komunikowanie kryzysowe

¹²Na przykład: komunikacja dotycząca zdarzenia radiacyjnego na terenie kampusu uniwersyteckiego – kluczowe dla tej komunikacji może się okazać wykorzystanie nowych mediów.

¹³Radio jest medium idealnie sprawdzającym się w komunikowaniu zdarzeń radiacyjnych w transporcie, które mają wpływ na bezpieczeństwo użytkowników infrastruktury drogowej.

¹⁴W komunikacji kryzysowej w krajach rozwijających się niezwykle ważne jest pozyskanie do współpracy miejscowych liderów opinii – często są to duchowni różnych religii i różnych obrządków.

bez wykorzystania nowych technologii opartych na sieciach telekomunikacyjnych i Internecie¹⁵. W komunikacji kryzysowej niezbędne jest zatem wykorzystywanie strony internetowej, mediów społecznościowych, newsletterów oraz kanałów RSS. Pozwalają one na błyskawiczne dotarcie z przekazem do milionów osób, bez konieczności korzystania z pośrednictwa tradycyjnych mediów. Uzupełnieniem nowych środków przekazu dostępnych dla instytucji zarządzającej kryzysem są środki *stricte* techniczne – pozwalające na nadawanie powiadomień za pomocą radia i sieci komórkowych lub nawet mediów społecznościowych¹⁶.

Ponownie należy podkreślić, że w niektórych przypadkach równie skuteczne jak najnowsze technologie mogą się okazać środki z pozoru mało zaawansowane technologicznie, takie jak systemy nagłaśniające, wykorzystywanie lokalnych liderów opinii (w tym autorytetów społecznych i osób duchownych) czy nawet korzystanie z systemu gongów (w państwach Afryki Środkowej). Oznacza to, iż wykorzystywane kanały komunikacji (środki przekazu) powinny być przypisane do odpowiednich, predefiniowanych grup docelowych. Ważne jest, aby nie tylko treść komunikatu, ale również media, za których pomocą jest on przekazywany, były jak najlepiej dopasowane do obiektywnych i subiektywnych potrzeb poszczególnych grup odbiorców.

4. Relacje z mediami

Szczególnym aspektem komunikacji kryzysowej jest współpraca z mediami. Z jednej strony media należy traktować jako wyjątkowo skuteczny środek przekazu, dzięki któremu komunikaty mogą docierać do milionów odbiorców. Z drugiej strony mogą być one traktowane jako dość specyficzna grupa docelowa, do której kierowane mogą być komunikaty w trakcie sytuacji kryzysowej (komunikaty te mogą, ale nie muszą nieznacznie różnić się od komunikatów publikowanych na stronie internetowej czy w mediach społecznościowych).

Podstawą dobrej współpracy z mediami w sytuacjach kryzysowych jest utrzymywanie stałych zawodowych kontaktów z pojedynczymi dziennikarzami reprezentującymi różne redakcje. Wymaga to oczywiście działań przed wystąpieniem kryzysu, realizowanych podczas „regularnego” komunikowania kwestii związanych z promieniowaniem jonizującym. Jest to szczególne wyzwanie dla dozorów jądrowych, których działalność (zwłaszcza w krajach nie posiadających elektrowni jądrowych) nie budzi zainteresowania mediów. Jednak utrzymywanie regularnego kontaktu, dostarczanie informacji o działal-

ności dozoru jądrowego, bezpieczeństwie jądrowym i ochronie radiologicznej oraz szybkie i precyzyjne odpowiadanie na pytania dziennikarzy służą budowaniu zaufania mediów oraz rozpoznawalności danej instytucji. Paradoksalnie, również same sytuacje kryzysowe, nawet te stwarzające minimalne zagrożenie (lub sytuacje kryzysowe wywołane plotkami – patrz dalej), są doskonałą okazją do budowania wiarygodności, którą można wykorzystywać w kolejnych tego typu sytuacjach.

Nawet prowadząc otwartą i aktywną politykę informacyjną w stosunku do mediów, przy planowaniu strategii komunikacji kryzysowej należy założyć stosunkowo niski poziom wiedzy merytorycznej dziennikarzy w odniesieniu do kwestii bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, zdarzeń radiacyjnych czy chociażby samej infrastruktury jądrowej i radiacyjnej. W sytuacji kryzysowej większość dziennikarzy nie dysponuje czasem na uzupełnienie braków w wiedzy merytorycznej na wymienione tematy, w związku z czym osoby funkcjonujące w ramach GKK powinny być gotowe do odpowiadania na pytania, które z perspektywy wyspecjalizowanych urzędów mogą się wydawać oczywiste lub oparte na błędnych założeniach. Rozwiązaniem tego problemu mogą być przygotowane wcześniej (a zatem przed wystąpieniem kryzysu) materiały informacyjne, takie jak infografiki, prezentacje czy zestawy definicji, które można dołączać do wszystkich komunikatów kierowanych do mediów w sytuacji kryzysowej. Materiały te powinny odpowiadać na podstawowe pytania dotyczące promieniowania jonizującego i zdarzeń radiacyjnych, a także antycypować najczęściej rozpowszechniane mity i niedopowiedzenia związane z tą tematyką.

W sytuacji kryzysowej instytucje rządowe muszą być również gotowe na negatywne nastawienie mediów, bez względu na to, czy są one faktycznie odpowiedzialne za powstanie zagrożenia. Przykładem mogą być instytucje dozoru jądrowego, które często w trakcie zdarzeń radiacyjnych związanych z kradzieżą, zagubieniem lub uszkodzeniem materiałów promieniotwórczych obwiniane są za tego typu incydenty (mimo że odpowiedzialność za takie materiały spoczywa na jednostkach organizacyjnych prowadzących działalność z nimi związaną, a żaden dozór jądrowy nie jest w stanie kontrolować wszystkich takich jednostek przez cały czas). Istotną cechą skutecznej komunikacji kryzysowej jest antycypowanie takich zachowań ze strony mediów oraz pozbawione komponentu emocjonalnego udzielanie odpowiedzi na tego typu pytania, nawet jeśli nie mają one racjonalnych podstaw.

Należy dobitnie podkreślić, że proaktywna otwarta polityka komunikacyjna oraz profesjonalna postawa rzeczownika

¹⁵Więcej osób ma obecnie dostęp do sieci komórkowych, a zatem do Internetu i potencjalnie mediów społecznościowych niż do wody pitnej. Szerzej zob.: V. Casey, *Why can people get access to mobile phones, and not safe water?*, WaterAid, 11 października 2016 (<http://www.wateraid.org/news/blogs/2016/october/why-can-people-get-access-to-mobile-phones-and-not-safe-water>).

¹⁶Przykładem takiego wykorzystania jest tzw. Amber Alert, który emituje sygnał alarmowy oraz wyświetla komunikat (w tym przypadku o uprowadzeniu dziecka) wszystkim użytkownikom danej aplikacji w promieniu x kilometrów od określonego zdarzenia. Szerzej zob.: K. Zgoba, *The Amber Alert: The Appropriate Solution to Preventing Child Abduction*, „The Journal of Psychiatry & Law”, Vol 32, Issue 1, 2004, s. 71–88.

prasowego i pozostałych osób udzielających odpowiedzi na pytania dziennikarzy budzą zaufanie większości mediów. Budowanie dobrych relacji z mediami, nawet w sytuacji stresującej, gdy zachowanie dziennikarzy wydaje się niezrozumiałe i agresywne, pozwala na pogłębienie zaufania do instytucji zarządzającej kryzysem. Jest to jeden z kluczowych celów *media relations*, ponieważ sprawia, że redakcje chętniej skłaniają się do publikowania odpowiednich komunikatów.

5. Redagowanie komunikatów

W fazie przygotowania do zarządzania kryzysowego niezbędne jest zapewnienie właściwego zaplecza organizacyjnego oraz zidentyfikowanie kluczowych dla komunikacji kryzysowej grup docelowych i dobranych do ich potrzeb środków przekazu. Natomiast w fazie reagowania kryzysowego (a częściowo również w fazie odbudowy¹⁷) zagadnieniem kluczowym dla skutecznej komunikacji jest właściwe redagowanie komunikatów. Należy zauważyć, iż brak jest w tym zakresie jednego rozwiązania pasującego do wszystkich możliwych sytuacji kryzysowych wywołanych zdarzeniami radiacyjnymi. Wytyczne dotyczące redagowania komunikatów kryzysowych zawarte mogą być natomiast w katalogu dobrych praktyk dla osób redagujących komunikaty kryzysowe. Podsumujmy zatem, co w tej kwestii napisano wyżej.

- **Podstawowa sprawa to używanie prostego języka.**

Komunikaty powinny być sformułowane w sposób jasny i zrozumiały dla osób wykształconych na poziomie szkoły średniej. W komunikatach podstawowych (kluczowych dla komunikacji kryzysowej) najważniejszym celem nie jest wskazanie technicznych przyczyn ani naukowo przeanalizowanych potencjalnych skutków zdarzenia radiacyjnego, lecz skłonienie określonej grupy ludzi do właściwego zachowania się. Dlatego też w komunikacji kryzysowej powinien być stosowany prosty język, uzupełniony elementami wizualnymi, takimi jak infografiki i wyraziste wykresy. Bardziej precyzyjne, naukowo-techniczne wytłumaczenia zaistniałej sytuacji można dołączać do podstawowych komunikatów w formie załączników.

- **Przy komunikowaniu zdarzeń radiacyjnych należy używać punktów odniesienia i porównań.** Dzięki ich zastosowaniu instytucja komunikująca przebieg oraz potencjalne skutki zdarzenia radiacyjnego może zwiększyć stopień zrozumienia problemu, a co za tym idzie, sprawić, by zachowanie grup docelowych było zgodne z jej oczekiwaniami. Bardzo ważne jest stosowanie metafor i przykładów dobrze oddających sedno problemu, a zarazem prostych do zrozumienia i nie odnoszących się do specjalistycznej wiedzy.

- Komunikaty instytucji zarządzającej kryzysem wywołanym zdarzeniem radiacyjnym powinny być zgodne ze stanem faktycznym, **prawdziwe, ale tam gdzie możliwe, unikające stwierdzeń absolutnych**. Na przykład przy komunikowaniu zdarzeń radiacyjnych powinno się unikać stwierdzenia o braku jakiegokolwiek zagrożenia, nawet w sytuacji, w której jakiegokolwiek skażenie czy też narażenie na zwiększone poziomy promieniowania wydaje się skrajnie mało prawdopodobne. Należy w takiej sytuacji używać np. stwierdzeń o braku przesłanek do jakiegokolwiek niepokoju lub o tym, iż nic nie wskazuje na jakiegokolwiek zagrożenie. Punkt ten nie ma zastosowania do sytuacji, w których do kryzysu dochodzi ze względu na pogłoskę lub plotkę o domniemanym (a nie rzeczywistym) zdarzeniu radiacyjnym¹⁸.
- Komunikaty, jeśli pozwala na to sytuacja, powinny **zawierać jasne zalecenia i dawać odbiorcom poczucie kontroli nad sytuacją**. Dzięki jasnym instrukcjom zachowania w określonych przypadkach odbiorcy mają przeczucie, że sami mogą uniknąć zagrożenia wywołanego zdarzeniem radiacyjnym. Mając poczucie kontroli, mniejszą rolę w ich zachowaniu odgrywa strach, w związku z czym stosunkowo łatwiej jest zapobiec panice.
- W żadnym przypadku **nie należy opóźniać wydawania komunikatów** odnoszących się do realnego (bądź domniemanego – patrz dalej) zdarzenia radiacyjnego. Nawet jeśli instytucja zarządzająca sytuacją kryzysową powstałą w wyniku zdarzenia radiacyjnego nie ma wszystkich danych pozwalających na kompleksową ocenę jego skutków (lub jeśli analizy te nie zostały ukończone), powinna i tak komunikować się ze społeczeństwem. W pierwszych, niepełnych jeszcze komunikatach należy w takiej sytuacji potwierdzić przyjęcie zgłoszenia o zdarzeniu radiacyjnym, przedstawić pokrótce obecny stan wiedzy oraz wskazać termin, w którym przedstawione zostaną kolejne informacje. Należy się przy tym kierować zasadą, iż brak komunikatu jest gorszy od przyznania się do tego, że nie posiada się w danej chwili pełnego obrazu sytuacji.
- **Aktualizacje komunikatów publikowane powinny być w sposób jasny i transparentny**. Jeżeli późniejszy komunikat zmienia lub unieważnia w pewnym zakresie komunikat poprzedni, należy wystrzegać się usuwania (w wersji elektronicznej) komunikatu wcześniejszego. W takiej sytuacji komunikat późniejszy powinien zawierać informacje dotyczącą zarówno tego, w jaki sposób jest on rozbieżny z wcześniejszymi informacjami, jak i tego, jakie są powody tychże rozbieżności. Dzięki transparentnemu sposobowi prezentowania komunikatów w układzie chronologicznym można uniknąć podejrzeń o manipulowanie informacją oraz

¹⁷Więcej o roli dozoru jądrowego w różnych fazach zarządzania kryzysowego, zob.: B. Skłodowski, *Rola dozoru jądrowego w systemie bezpieczeństwa państwa – zarys analizy systemowej*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, nr 4/2016, s. 50.

¹⁸O absolutnym braku zagrożenia należy mówić w sytuacji, jeżeli jest pewność, że do zdarzenia faktycznie nie doszło.

próby zatajania przebiegu zdarzenia radiacyjnego. Taki sposób prezentacji komunikatów zmniejsza również poziom dezorientacji w zaistniałej sytuacji. Temu służyć powinno też publikowanie nie tylko daty, ale również godziny danego komunikatu.

- W komunikatach dotyczących zdarzeń radiacyjnych powinno się **jasno określać, kto może być dotknięty skutkami danego zdarzenia**, a kto takimi skutkami dotknięty być nie może. Innymi słowy, dobrze skonstruowany komunikat kryzysowy powinien wywoływać określone działania jednej grupy docelowej, a zarazem zapobiegać panice wśród pozostałych odbiorców.
- **Korzystanie z przygotowanych wcześniej schematów** jest rozwiązaniem w znacznym stopniu ułatwiającym pracę osób w GKK. Znając charakterystykę i stan bezpieczeństwa (oraz zabezpieczeń) infrastruktury jądrowej i radiacyjnej w danym kraju oraz krajach ościennych, można przewidzieć ciąg najpoważniejszych zdarzeń radiacyjnych, możliwych do wystąpienia w regionie. Dla każdego z tych zdarzeń można stworzyć szablon komunikatu dla ludności, szablon komunikatu dla mediów oraz szablony komunikatów na stronę internetową i przeznaczonych do publikacji w mediach społecznościowych. Dla każdego z takich scenariuszy **można przygotować również szereg antycypowanych pytań**, wraz z zatwierdzonymi wcześniej odpowiedziami, co znacznie usprawni i przyspieszy odpowiadanie na pytania mediów.

6. „Kryzys postrzegany” – zarządzanie plotkami

Szczególnym typem sytuacji kryzysowej, która musi być również w szczególności sposobem komunikowana, jest sytuacja „kryzysu postrzeganego” czy też plotki dotyczącej zdarzeń radiacyjnych. Rozróżnić tu należy plotki towarzyszące faktycznie występującym zdarzeniom radiacyjnym od plotek dotyczących rzekomych zdarzeń radiacyjnych (które w ogóle nie wystąpiły). Przykładem pierwszej była plotka dotycząca skażenia oceanu po awarii w Fukushima, wynikająca z rozpowszechnienia w Internecie mapy rzekomo przedstawiającej predykcję skażenia, fałszywie przypisywanej Australian Radiation Services (ARS)¹⁹. Przykładem drugiego typu plotki są pojawiające się co pewien czas w Polsce informacje dotyczące rzekomych awarii elektrowni jądrowych na Ukrainie (często pojawiające się przy planowanych wyłączeniach bądź niegroźnych usterkach, nie mających związku z reaktorem).

W sytuacji kryzysowej ludzie potrzebują informacji i są znacznie bardziej podatni na manipulację i fałszywe wiadomości. Prawdziwym niebezpieczeństwem jest jednak sytuacja, w której ze względu na plotkę towarzyszącą kryzysowi ludzie nie stosują się do instrukcji komunika-

nych przez dozór jądrowy bądź na jej podstawie samodzielnie podejmują akcje mogące im szkodzić (nie konsultowane z lekarzem przyjmowanie preparatów ze stabilnym jodem, niepotrzebna, masowa ewakuacja). Również drugi z przedstawionych typów plotki może nieść ze sobą negatywne skutki (podejmowanie działań na własną rękę bez stosownych zaleceń dozoru jądrowego), lecz należy podkreślić, iż w takim przypadku konsekwencje plotki są znacznie mniej oczywiste. Sprawne kontrolowanie plotki, dokonane poprzez skuteczne i transparentne komunikowanie faktycznych zdarzeń, może zapobiec jej negatywnym skutkom zarówno w pierwszym, jak i w drugim z analizowanych przypadków.

Podstawowym pytaniem, na jakie muszą sobie odpowiedzieć osoby zajmujące się komunikowaniem tematyki zdarzeń radiacyjnych, jest to, czy na daną plotkę w ogóle należy reagować. Oczywiście wydaje się na nie odpowiedź w sytuacji, w której plotka towarzyszy faktycznemu zdarzeniu radiacyjnemu – wymaga ona natychmiastowych i zdecydowanych działań ze względu na potencjalne skutki. Natomiast plotka dotycząca fikcyjnego zdarzenia radiacyjnego z reguły powinna się stać przedmiotem komunikatu (lub serii komunikatów) ze strony właściwych instytucji, chyba że jest ona niegroźna (np. na tyle niedorzeczna, że nie zwiększa z czasem swojego zasięgu) lub nie wywołuje żadnych negatywnych skutków (np. wizerunkowych dla dozoru jądrowego). Podejmując decyzję dotyczącą tego, czy i jak reagować na plotkę, należy mieć na uwadze dwie rzeczy. Po pierwsze, każda sytuacja jest indywidualna i nie można podać jednej „złotej” reguły, według której komunikacja będzie inicjowana lub nie. Po drugie, podejmowanie nieproporcjonalnych do skali i tematyki danej plotki działań może ją paradoksalnie uwiarygodnić (zgodnie z potocznym myśleniem „*skoro rząd się tym zajmuje, to musi coś w tym być*”).

Jeżeli instytucja odpowiedzialna za zarządzanie kryzysowe w sytuacji wystąpienia zdarzeń radiacyjnych zdecydowanie się reagować na rozprzestrzeniającą się plotkę bądź zmuszona będzie do tego, kluczowy wydaje się tu czas reakcji. We współczesnym świecie nośnikiem tego typu niepotwierdzonych i często bardzo szkodliwych informacji jest w znacznej, jeśli nie w głównej mierze Internet. Ze względu na tempo, w jakim informacja może rozejść się w przestrzeni wirtualnej, również czas reakcji odpowiednich instytucji musi być błyskawiczny²⁰.

W komunikatach odnoszących się do plotek i innych niepotwierdzonych informacji najlepiej zestawiać je bezpośrednio z faktami. Na przykład, jeśli w Internecie pojawiają się szokujące doniesienia dotyczące wyników z systemów monitoringu radiacyjnego, warto przedstawić poprawne dane (w sposób przejrzysty i z wykorzystaniem odniesień i przystępnych porównań do otaczającej nas

¹⁹ Mapa została w pełni sfabrykowana, a sama grafika nie związana była w żaden sposób z kwestiami promieniowania jonizującego.

²⁰ Wymaga to oczywiście regularnego monitorowania prasy, portali internetowych (w tym tych lokalnych i niszowych), a także monitorowania mediów społecznościowych.

rzeczywistości), uwiarygodnić je danymi z systemów międzynarodowych (jeśli są dostępne)²¹, a także przedstawić, jeżeli pozwalają na to środki techniczne, podgląd bieżących wyników monitoringu radiacyjnego. Przy reagowaniu na każdą tego typu plotkę bardzo ważne jest stosowanie przystępnego języka oraz dokładne wskazywanie różnic między stanem faktycznym a przedstawianym w niepożądanych komunikatach.

Jak wspomniano wyżej, głównym medium, w którym rozpowszechniane są w dzisiejszych czasach informacje mylne, niepotwierdzone, a czasami wręcz szkodliwe, jest Internet. Internet jest też medium najbardziej odpowiednim do reakcji na tego typu plotki, ponieważ daje możliwość równie szybkiego rozpowszechnienia komunikatu, który dementuje fałszywe doniesienia. Dokonywać tego można poprzez rozsyłanie komunikatów i wniosków o sprostowanie do portali internetowych, ale przede wszystkim poprzez skuteczne działanie w mediach społecznościowych (np. z pomocą rzetelnych i doświadczonych dziennikarzy, liderów opinii i autorytetów).

Poprawnie skonstruowana i zakończona sukcesem kampania informacyjna będąca odpowiedzią na plotki dotyczące zdarzeń radiacyjnych zwiększa wiarygodność dozoru jądrowego (lub innej instytucji zarządzania kryzysowego), co z kolei pomaga w prowadzeniu komunikacji przy okazji kolejnych kryzysów. Kampania taka pokazuje, że prowadzona jest otwarta, proaktywna polityka komunikacyjna, a sama instytucja działa sprawnie i monitoruje sytuację (nie tylko radiacyjną) na bieżąco. Każda instytucja zmagająca się z tego typu problemami może umieścić na swojej stronie internetowej archiwum niepotwierdzonych informacji (plotek) odnoszących się do kwestii promieniowania jonizującego, a zaobserwowanych w ostatnich latach, wraz ze stosownym *dementi*. Dzięki temu możliwe jest wyciąganie wniosków i opracowywanie jeszcze lepszych schematów postępowania, które będą mogły być zastosowane przy okazji przyszłych zdarzeń radiacyjnych.

7. Podsumowanie

Skuteczne komunikowanie zdarzeń radiacyjnych oraz ich wpływu na życie i zdrowie obywateli wiąże się z wieloma wyzwaniem, które wynikają zarówno z natury samej komunikacji kryzysowej, jak i z ogólnych problemów, jakie może sprawiać komunikowanie zagadnień związanych z promieniowaniem jonizującym. Jest to tematyka budząca niekwestionowane emocje, w większości przypadków jednoznacznie kojarzona z hasłami, takimi jak „Fukushima” i „Czarnobyl”.

Kluczowym aspektem skutecznej komunikacji jest właściwa organizacja zasobów w fazie przygotowania do zarządzania kryzysowego. Zapewnienie właściwych zasobów

ludzkich (Grupa Komunikacji Kryzysowej), finansowych i technicznych oraz opracowanie strategii i planów działania na wypadek sytuacji kryzysowej wydaje się tu absolutnym priorytetem. Samo zgromadzenie odpowiednich zasobów jest jednak niewystarczające. Konieczne jest przeprowadzanie regularnych ćwiczeń i symulacji z zakresu komunikacji kryzysowej. Tylko wtedy zostaną wykształcone sprawdzone i prawidłowo działające mechanizmy pozwalające na skuteczne informowanie społeczeństwa o przebiegu i skutkach zdarzenia radiacyjnego oraz o działaniach, które należy podjąć w celu zminimalizowania jego skutków.

Rozwiązaniem w znacznym stopniu ułatwiającym zarządzanie informacją w sytuacji kryzysowej jest wcześniejsza identyfikacja adresatów komunikatów (tj. różnych grup docelowych) oraz przypisanie do nich odpowiednich kanałów komunikacji. Pozwala to Grupie Komunikacji Kryzysowej skoncentrować wysiłki w trakcie kryzysu na redagowaniu komunikatów i odpowiadaniu na pytania mediów (i obywateli), zamiast na analizowaniu, do kogo i za jakim pośrednictwem docierać.

W samej sytuacji kryzysowej komunikaty powinny być publikowane niezwłocznie i regularnie powtarzane, a także zredagowane z wykorzystaniem prostego języka. Treść publikowanych komunikatów powinna zawierać porównania oraz odniesienia do znanych odbiorcom treści, a także wyraźne i jasne wskazania dotyczące tego, jak należy się zachowywać w określonej sytuacji. Bardzo ważne przy redagowaniu komunikatów kryzysowych wydaje się również używanie wizualizacji, prostych schematów i infografik w celu lepszego zobrazowania przekazu.

Najważniejsze jednakże w komunikacji kryzysowej związanej ze zdarzeniami radiacyjnymi jest uświadomienie sobie głównego jej celu. Nie jest nim bynajmniej wyjaśnienie szczegółowego przebiegu oraz skutków danego zdarzenia, ale przekazanie społeczeństwu wytycznych dotyczących właściwego zachowania oraz zapobiegnięcie zachowaniom niepożądanym. Mając na uwadze wskazany cel, należy również pamiętać, iż komunikowanie określonej sytuacji kryzysowej jest zawsze wyjątkowe i niepowtarzalne, a przygotowane wcześniej schematy, szablony i założenia, choć w znacznej mierze pomocne, nie gwarantują jeszcze powodzenia. O skuteczności komunikacji kryzysowej przesądza zatem odpowiednie, indywidualne dostosowanie do zaistniałej sytuacji trzech elementów: grupy docelowej, mediów (kanałów komunikacji) oraz treści komunikatów.

Notka o autorze

Bartosz Skłodowski – doktor nauk społecznych, były pracownik Państwowej Agencji Atomistyki i rzecznik prasowy Prezesa PAA, zewnętrzny ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA).

²¹ Fakt, że dane z systemów międzynarodowych pochodzą z tych samych stacji, co dane prezentowane przez krajowy dozór jądrowy, nie ma tu znaczenia. Każde odwołanie do źródeł międzynarodowych może potencjalnie podnieść wiarygodność danych prezentowanych przez dozór.

Literatura

1. Casey V., *Why can people get access to mobile phones, and not safe water?*, WaterAid, 11 października 2016 (<http://www.wateraid.org/news/blogs/2016/october/why-can-people-get-access-to-mobile-phones-and-not-safe-water>)
2. *Communication with the Public in a Nuclear or Radiological Emergency*, EPR-Public Communications 2012, International Atomic Energy Agency, Vienna, May 2012.
3. Coombs W.T., *Ongoing Crisis Communication. Planning, managing and responding*. Sage Publications 2015.
4. Coombs W.T., Holladay S.J., *Communication and Attributions in a Crisis: An Experimental Study in Crisis Communication*, Journal of Public Relations Research, Volume 8, 1996 – Issue 4, s. 279–295.
5. <https://www.iaea.org/newscenter/news/learning-online-how-to-communicate-with-the-public-during-a-nucl>
6. *Method for Developing a Communication Strategy and Plan for a Nuclear or Radiological Emergency*, Emergency Preparedness and Response, International Atomic Energy Agency, Vienna 2015.
7. Skłodowski B., *Rola dozoru jądrowego w systemie bezpieczeństwa państwa – zarys analizy systemowej*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Nr 4/2016, s. 45–52.
8. Willerton R., *Plain Language and Ethical Action: A Dialogic Approach to Technical Content in the 21st Century*, Routledge, 2012.
9. Zgoba Kr., *The Amber Alert: The Appropriate Solution to Preventing Child Abduction*, The Journal of Psychiatry & Law, Vol 32, Issue 1, 2004, s. 71–88.

Charakter odpowiedzialności za szkodę jądrową na gruncie prawa międzynarodowego

Maciej Lemiesz
Państwowa Agencja Atomistyki

Odpowiedzialność absolutna

Pojęciem odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową jest płaszczyzna roszczeń odszkodowawczych, a zwłaszcza majątkowych między podmiotami prawa prywatnego, w szczególności na linii osoba poszkodowana–operator urządzenia jądrowego lub jego finansowy gwarant (podmiot prywatny lub państwowy). Odpowiedzialność za szkodę jądrową ma charakter obiektywny, czyli zupełnie niezależny od eksploatującego urządzenie jądrowe, co w połączeniu z wąskim katalogiem okoliczności egzoneracyjnych¹ czyni z niej jeden z najsurowszych reżimów odpowiedzialności cywilnej. Żadna ze współczesnych technologii wykorzystywana przez człowieka nie stwarza tak wielkiego zagrożenia jak energetyka atomowa – awaria urządzenia jądrowego może mieć swoje skutki w środowisku przez kilkadziesiąt lat, więc naturalne wydaje się objęcie tej gałęzi przemysłu odpowiedzialnością zobiektywowaną. W ujęciu cywilistycznym jest to odpowiedzialność za powstałe szkody niezależnie od winy zobowiązanego podmiotu – jedyną przesłanką odpowiedzialności jest wystąpienie szkody jądrowej. Ujęcie obowiązku naprawienia szkody przez eksploatującego urządzenie jądrowe jest tak daleko zobiektywizowane, że należy uznać, iż ma charakter absolutny oparty na zasadzie ryzyka² (*objective liability, strict liability, absolute liability*).

Odpowiedzialność absolutna charakteryzuje się bezwzględnym obowiązkiem odszkodowawczym w przypadku wystąpienia szkody. Oprócz oczywistego odróżnienia od odpowiedzialności na zasadzie winy, należy zadać pytanie, czy odpowiedzialność absolutna jest pochodną od

odpowiedzialności na zasadzie ryzyka, czy też odrębną instytucją prawną³.

Zwrot „odpowiedzialność absolutna” rozumiany jest jako coś bezwzględnego, bez wyjątków, nie mający żadnych zastrzeżeń. Analizując różne akty prawa międzynarodowego, można stwierdzić, iż pod tym terminem kryją się dwa różne ujęcia odpowiedzialności – czystej, surowej (absolutnej) oraz złagodzonej (niemal absolutnej). Przykładem takiego rozróżnienia w źródłach prawa międzynarodowego jest Konwencja o międzynarodowej odpowiedzialności za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne⁴. Art. 2 Konwencji o odpowiedzialności za obiekty kosmiczne wprowadza zasadę absolutnej odpowiedzialności państw, statuując, iż państwo, które wypuszcza obiekt kosmiczny, jest „bezwzględnie zobowiązane do zapłacenia odszkodowania za szkodę na powierzchni ziemi lub statku powietrznym podczas lotu”. Zdaniem J. Rajskiego precyzyjniej będzie stwierdzić, iż jest to odpowiedzialność „nieomal absolutna” ze względu na możliwość zwolnienia się przez państwo z odpowiedzialności, jeśli wykaże się, iż szkoda nastąpiła w wyniku „w całości albo w części z rażącego niedbalstwa lub czynu bądź zaniechania, którego dopuszczono się z zamiarem wywołania szkody po stronie państwa wnoszącego roszczenie lub osób fizycznych albo prawnych, które ono reprezentuje”⁵. Odpowiedzialność absolutna *expressis verbis* wyrażona jest w punkcie drugim tego samego artykułu, która przewidziana jest w przypadkach działalności niezgodnej z prawem międzynarodowym w przestrzeni kosmicznej: „Zwolnienie nie przysługuje w wypadkach, w których szkoda wynika z działalności prowadzonej przez państwo wypuszczające, sprzecznej z prawem między-

¹ Okoliczności wyłączające odpowiedzialność za dane zdarzenie mające najczęściej charakter zdarzenia faktycznego, na które może się powołać operator urządzenia jądrowego w celu zwolnienia się od odpowiedzialności.

² Charakterystykę odpowiedzialności opartej na zasadzie ryzyka autor przybliżył w artykule umieszczonym w Biuletynie nr 4/2016.

³ Spotyka się także pogląd, że odpowiedzialność absolutna implikuje odpowiedzialność za szkodę wynikającą z działania siły wyższej.

⁴ Konwencja z 29 III 1972 roku o międzynarodowej odpowiedzialności za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne (Dz.U., Nr 27, poz. 154).

⁵ Art.6 ust. 1 konwencji o odpowiedzialności za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne.

narodowym, w szczególności z Kartą Narodów Zjednoczonych i z Układem o zasadach działalności państw w zakresie badań i wykorzystania przestrzeni kosmicznej, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi.”. Takie ujęcie odpowiedzialności absolutnej zdaniem T. Gadkowskiego „pełni funkcję kompensacyjną i prewencyjną, jak również represyjną”, z czym nie zgadza się Z. Brodecki, który przyznał odpowiedzialności absolutnej rolę prewencyjną. Należy również zaznaczyć stanowisko Kanady opublikowane w sprawie *Cosmos 954*, które brzmi „(...) *the standard of absolute liability for space activities, in particular activities involving the use of nuclear energy, is considered to have become a general principle of international law*”.

Tak przedstawione zagadnienie rodzi pytanie: czy odpowiedzialność cywilna operatora za szkodę jądrową jest odpowiedzialnością absolutną *sensu stricto*, czy też zastrzeżoną odpowiedzialnością na zasadzie ryzyka?

Konwencje paryska i wiedeńska przewidują wąski katalog okoliczności egzoneracyjnych, co pozwala na przypisanie odpowiedzialności za szkodę jądrową odpowiedzialności niemal absolutnej. Należy również mieć na uwadze, że zwroty „*absolute liability*” oraz „*strict liability*” są stosowane zamiennie i pochodzą z judykatury anglosaskiej na oznaczenie odpowiedzialności niezależnej od winy, czyli obiektywnej.

Bardziej właściwe będzie jednak uznanie odpowiedzialności za szkodę jądrową za odpowiedzialność opartą na zasadzie ryzyka, która swoim charakterem zbliżona jest do odpowiedzialności absolutnej, nazywanie jej odpowiedzialnością absolutną powinno być rozumiane jako ułatwienie terminologiczne. Zdaniem J. Łopuskiego pojęcie „odpowiedzialność niemal absolutna” mogłoby wskazywać na stopień zaostżenia odpowiedzialności, proporcjonalny do stopnia stwarzanego zagrożenia.

Okoliczności wyłączające odpowiedzialność

Okoliczności wyłączające odpowiedzialność za dane zdarzenie nazywa się przesłankami egzoneracyjnymi lub eksoneracyjnymi. Ich katalog wyznacza granice odpowiedzialności podmiotu zobowiązanego – zawężając ich liczbę, zaostża się przez to zakres odpowiedzialności, służąc tym samym ochronie poszkodowanych w wyniku zdarzenia jądrowego. Okoliczności wyłączające odpowiedzialność operatora urządzenia jądrowego w konwencjach sformułowane są w wyjątkowo wąskim zakresie i sprowadzają się wyłącznie do zdarzeń o nadzwyczajnym charakterze i niemożliwych do przewidzenia. Cechą charakterystyczną prawa odpowiedzialności za szkody jądrowe jest rezygnacja z siły wyższej (*force majeure, act of God*) jako przesłanki egzoneracyjnej, która jest związana z odpowiedzialnością na zasadzie ryzyka. Jest to bardzo słuszna koncepcja, ponieważ możliwe byłoby uznanie samego wypadku

jądrowego jako zdarzenia niemożliwego do przewidzenia i zapobieżenia, które jednocześnie rodziłoby przesłankę odpowiedzialności oraz okoliczność z niej zwalniająca.

Katalog okoliczności egzoneracyjnych w Konwencji paryskiej i wiedeńskiej jest ze sobą tożsamy. Art. IV ust. 3 Konwencji wiedeńskiej stanowi iż: „*nie można przypisać odpowiedzialności osobie eksploatującej, jeżeli wykaże ona, że szkoda jądrowa jest bezpośrednio spowodowana konfliktem zbrojnym, działaniem wojennym, wojną domową lub powstaniem.*”⁶ Do tych przesłanek należy również dodać okoliczność opisaną w ust. 2 tego samego artykułu: „*jeżeli osoba eksploatująca udowodni, że szkoda wynika całkowicie lub częściowo na skutek rażącego zaniedbania osoby, która doznała szkody, albo na skutek działania lub zaniechania osoby, popełnionego z zamiarem wyrządzenia szkody, właściwy sąd może, o ile jego prawo tak przewiduje, zwolnić całkowicie lub częściowo osobę eksploatującą z obowiązku zapłaty odszkodowania w zakresie szkody doznanej przez osobę poszkodowaną.*”. Należy zaznaczyć, że powyższy przepis nie należy bezwzględnie zaliczać do katalogu okoliczności wyłączających, ponieważ daje on możliwość państwom-stronom, aby w swoim wewnętrznym ustawodawstwie wprowadziły dodatkowe złagodzenie dla operatora urządzenia jądrowego. Taka możliwość została przyjęta w polskim prawodawstwie, art. 101 ust. 3 ustawy – Prawo atomowe stanowi: „*Jeżeli poszkodowany, na skutek umyślnego zachowania, przyczynił się do powstania lub zwiększenia szkody, sąd może zwolnić całkowicie lub częściowo osobę eksploatującą z obowiązku naprawienia szkody w odniesieniu do szkody doznanej przez poszkodowanego.*” W żadnym wypadku nie może być on stosowany bezpośrednio, stanowi jedynie okoliczność braną pod uwagę przy ocenianiu stopnia przyczynienia się poszkodowanego, jego wina nie jest okolicznością łagodzącą. W porównaniu do Konwencji wiedeńskiej, Konwencja paryska w art. 6 pkt c zawiera podobne postanowienia, jednakże wprowadza wyjątek od zasady skanalizowanej odpowiedzialności operatora. Nie zwalnia on *expressis verbis* eksploatującego w przypadku zawinionego zachowania poszkodowanego, tylko rozszerza możliwość wystąpienia z roszczeniem przez poszkodowanego przeciwko osobie, która swoim rozmyślnym działaniem spowodowała szkodę, a eksploatujący nie ponosi za jej działania odpowiedzialności.

Jak już było wspomniane, okoliczności egzoneracyjne przewidziane przez obie Konwencje przewidują cztery zbliżone do siebie przypadki: konflikt zbrojny, działanie wojenne, wojna domowa lub powstanie. Ich cechą wspólną jest użycie siły w konflikcie (wewnętrznym lub zewnętrznym), na który eksploatujący nie może mieć wpływu oraz nie ma odpowiednich środków, by przeciwdziałać ewentualnym konsekwencjom użycia przeciw niemu siły – w przypadku wystąpienia szkody jądrowej eksploatujący stawiany byłby na równi z innymi ofiarami działań mili-

⁶ Por. art. 9 Konwencji paryskiej.

tarnych. Bez wątplenia, najszerszy zakres znaczeniowy ma termin „konflikt zbrojny”, który może oznaczać „stan walki orężnej między państwami”, bądź też pozbawiony charakteru międzypaństwowego. „Konflikt zbrojny” tożsamy jest z pojęciem „wojny”. Należy zaznaczyć, że w komentarzu do Konwencji paryskiej ubrano oba terminy w jedno określenie „niepokojów o charakterze międzynarodowym”. Przyjmuje się również, że wspólne zestawienie pojęć „działania wojenne” oraz „konflikt zbrojny” powinno się traktować jako wzajemnie się uzupełniające, a nie różniące się od siebie znaczeniem. Jest to okoliczność przewidziana na wypadek, gdyby w rezultacie konfliktu zbrojnego doszło do incydentu jądrowego w wyniku działań o charakterze zbrojnym.

W przeciwieństwie do działań wojennych druga kategoria egzonercji, czyli „powstanie” oraz „wojna domowa”, należą do konfliktów militarnych o charakterze wewnętrznym. Należy zaznaczyć, że omawiane „niepokoje o charakterze politycznym” mogą mieć charakter działań wybranych grup społecznych, których cele są w pełni zgodne z prawem narodów, a ich wyegzekwowanie wymaga działań niezgodnych z prawem wewnętrznym danego państwa, przyjmując formy prawa do oporu społecznego lub samostanowienia. Wewnętrzne konflikty mogą przybrać charakter międzynarodowy, jeśli do jednej ze stron sporu przyłączą się siły innego państwa bądź na skutek interwencji Organizacji Narodów Zjednoczonych.

Analiza pojęć konfliktu zbrojnego nasuwa pytanie, czy obejmuje ono swoim zakresem atak terrorystyczny wymierzony w urządzenie jądrowe, w którego wyniku dochodzi do powstania szkody. Działania militarne *sensu largo* zarówno o wymiarze międzynarodowym, jak i wewnętrznym służą załatwieniu sporu o określonej treści za pomocą siły i operują w sferze prawa publicznego. Zamach terrorystyczny jest wymierzony w konkretną osobę i jest czynnością o charakterze kryminalnym – doprowadza się do zniszczenia mienia, pozbawienia życia ludzi, wywołania paniki w społeczeństwie. Dyskusyjna jest rola zamachów terrorystycznych stosowanych jako jedna z metod walki zbrojnej. Walka zbrojna toczy się między dwiema stronami, które są oznaczone, w przypadku aktu terroru często niemożliwe jest określenie, kto właściwie stał za jego realizacją. Działania militarne z założenia wykorzystują użycie broni pomiędzy walczącymi stronami, atak terrorystyczny jest działaniem jednokierunkowym często z użyciem środków ogólnodostępnych, w przeciwieństwie do walki stron konfliktu, które walczą między sobą w wyniku sporu. Takie rozumowanie implikuje niemożliwość uznania zamachu jako działań wojennych, w związku z czym nie jest to okoliczność zwalniająca z odpowiedzialności osoby eksploatującej urządzenie jądrowe.

Badając charakter okoliczności egzonercyjnych, zauważa się, że ich katalog zawężony jest do sytuacji nadzwyczajnych, niemożliwych do przewidzenia, których skutki mogą być odczuwalne przez całe społeczeństwo. Są one

ściśle skonkretyzowane i nie zawierają uogólnień, takich jak siła wyższa lub wina osoby trzeciej (które są klasycznymi okolicznościami wyłączającymi odpowiedzialność w myśl prawa cywilnego). Dlatego można uznać, że atak terrorystyczny jest okolicznością niezależną od operatora, niedającą się przewidzieć oraz niemożliwą do zapobieżenia. Trudno oczekiwać od operatora jądrowego, aby oprócz prowadzenia działalności wysokiego ryzyka, która jest bardzo kosztowna, we własnym zakresie zapewnił ochronę wywiadowczą oraz militarną z lądu, wody i powietrza. Bezsprzecznie, jest to rolą państwa, aby było w stanie zapewnić bezpieczeństwo na swoim terytorium, w szczególności ludności oraz budowlom, które się tam znajdują. Bez wątplenia, brak regulacji tej kwestii jest ogromną wadą konwencji o odpowiedzialności, brak jest przepisu, który nakłada odpowiedzialność lub z niej zwalnia w przypadku ataku terrorystycznego. Już podczas Kongresu Międzynarodowego Stowarzyszenia Prawa Nuklearnego w Antwerpii w 1987 roku uznano, że akt terroryzmu jest okolicznością, która zwalnia operatora urządzenia jądrowego, lecz zabrakło uzasadnienia prawnego dla tej tezy.

Należy zaznaczyć, że okoliczności egzonercyjne są wyjątkami od odpowiedzialności absolutnej operatora urządzenia jądrowego. Wprowadzenie wykładni rozszerzającej w przypadkach wyłączających odpowiedzialność eksploatującego byłoby sprzeczne z naturą specyficznego reżimu odpowiedzialności atomowej. Zamach terrorystyczny nie jest aktem konfliktu zbrojnego o wymiarze międzynarodowym lub krajowym, a takie okoliczności zostały wymienione w konwencjach jako egzonercja odpowiedzialności operatora jądrowego, tym bardziej niemożliwe jest określenie zamachów terrorystycznych jako formy powstania, wojny domowej czy działań wojennych.

Mając na uwadze szczególnie wysokie zagrożenie terrorystyczne, konieczne wydaje się zrewidowanie postanowień traktatowych i doprecyzowanie kwestii odpowiedzialności w przypadku ataku terrorystycznego. Do tego czasu ten impas będzie można zniwelować za pomocą umów pomiędzy organami państwa a operatorem jądrowym w zakresie ponoszenia odpowiedzialności za szkody związane z zamachem oraz wprowadzając specjalne klauzule w umowach ubezpieczeniowych, które w przypadku działalności atomowej są obowiązkowe.

Mając na uwadze skutki katastrofy jądrowej w elektrowni Fukushima-Daiichi, nie sposób nie zadać pytania, czy problematyka odpowiedzialności atomowej w wyniku katastrof żywiołowych nie powinna być z powrotem przedmiotem dyskusji międzynarodowej. Konwencje paryska i wiedeńska w swoim pierwotnym brzmieniu przewidywały, że operator urządzenia jądrowego będzie zwolniony z odpowiedzialności, w przypadku gdy do incydentu jądrowego przyczyni się katastrofa naturalna lub klęska żywiołowa. O tym, czy eksploatujący będzie objęty tą przesłanką zwalniającą, decydowała implementacja prze-

pisu w krajowym porządku prawnym – była to okoliczność egzoneracyjna tylko w przypadku, gdy prawo wewnętrzne danego państwa tak będzie stanowić⁷. W obecnym stanie prawnym takowa przesłanka ustawowa umieszczona w ustawie państwa-strony Konwencji wiedeńskiej lub paryskiej będzie stać w sprzeczności z jej postanowieniami, ponieważ bezprawnie łagodzi odpowiedzialność eksploatującego. O zasadności wprowadzenia tego przepisu najczęściej decydowały warunki geograficzne państw, na których terytorium funkcjonują elektrownie jądrowe. Po doświadczeniach powstałych w wyniku ciężkiej awarii w japońskiej Fukushima większość operatorów jądrowych byłaby zainteresowana przywróceniem egzoneracji odpowiedzialności na skutek katastrofy żywiołowej, ponieważ w wyniku globalnego ocieplenia stale podnosi się poziom wód, stanowiąc zagrożenie powodziowe, zwłaszcza w przypadku trzęsienia ziemi. Globalne ocieplenie niesie ze sobą ryzyko długotrwałej suszy, co stanowi zagrożenie dla elektrowni jądrowej w postaci braku świeżej wody niezbędnej do chłodzenia reaktora.

Zwolnienie eksploatującego z odpowiedzialności w wyniku katastrofy naturalnej może budzić kontrowersje. Same postanowienia Konwencji są nieostre, ponieważ użyto sformułowania „*grave natural disaster of an exceptional character*”, co może być tłumaczone jako „poważna katastrofa naturalna o szczególnym charakterze”. W przypadku „działań zbrojnych” czy „wojny domowej” zastosowane pojęcia są ostre i ich używania w konkretnych stanach faktycznych nie będzie stanowić problemu, ale ocena, co jest „szczególnym charakterem” katastrofy naturalnej, budzi liczne zastrzeżenia. Wobec braku odpowiednich przesłanek i reguł analizy o tym, czy dane zdarzenie spełnia warunki „ciężkiej” katastrofy naturalnej, decyzję o zwolnieniu operatora jądrowego każdorazowo będzie podejmować właściwy sąd po podniesieniu przez stronę pozwaną odpowiedniego zarzutu. Drugą wątpliwością jest fakt wykorzystywania dobrodziejstw energii jądrowej na całym świecie, także na terenach, które są szczególnie narażone na niemożliwe do odparcia zdarzenia spowodowane przez naturę, czego najlepszym przykładem jest Japonia. Działalność atomowa jest aktywnością wysokiego ryzyka, dodatkowe zwolnienie eksploatującego z odpowiedzialności dawałoby możliwość pominięcia budowy systemów zabezpieczeń, które chroniłyby przed awarią w przypadku klęski żywiołowej – ryzyko wystąpienia awarii w przypadku klęski żywiołowej musi być wkalkulowane w ryzyko atomowe na danym terytorium. Bez wątpienia, rezygnacja z tej kategorii egzoneracji jest sygnałem, że międzynarodowe prawo atomowe podąża w kierunku trwałego zaostrzenia odpowiedzialności za szkody atomowe.

Fakt istnienia okoliczności egzoneracyjnych rodzi kolejny problem. Jeśli osoba eksploatująca zwolni się od odpowiedzialności za skutki wypadku jądrowego, to czy powstałe szkody nie podlegają naprawieniu? Konwencje milczą na ten temat, dlatego należy dokonać analizy, jak będzie się kształtować odpowiedzialność państwa za organy bądź podmioty cywilnoprawne znajdujące się na jego terytorium. W zamyśle autora próba odpowiedzi na to pytanie będzie podjęta w przyszłości na łamach Biuletynu BJiOR. Reżim odpowiedzialności za szkody jądrowe wyznacza zakres odpowiedzialności operatora, jednocześnie wyznaczając granice ochrony poszkodowanego. Okoliczności za które eksploatujący nie ponosi odpowiedzialności, są od niego całkowicie niezależne, za to w pełni uzależnione od działalności państwa – to nie operator bierze udział w konflikcie zbrojnym, wywołuje wojnę lub swoim działaniem powoduje wybuch powstania czy wojny domowej. Stroną tych działań zawsze będzie państwo, albo jako strona inicjująca dane zdarzenie, albo zmuszona do przeciwstawienia się mu. Dlatego należy uznać, że ciężar szkody jądrowej, od której operator został zwolniony, bierze na siebie państwo. Przeciwna teoria mówi, że w interesie społecznym jest czerpanie korzyści z dobrodziejstw nowoczesnych technologii, więc ewentualne szkody wynikające ze zdarzeń, za które nikt nie ponosi odpowiedzialności, rozkładają się na całe społeczeństwo, jednakże nie ma ona powszechnej akceptacji.

Problematyka związku przyczynowego

Związek przyczynowy to z jednej strony przedmiotowa przesłanka powstania obowiązku naprawienia szkody, z drugiej zaś czynnik pośrednio wyznaczający granice odpowiedzialności. Konwencje o odpowiedzialności za szkodę jądrową właściwie nie regulują zasad badania związku przyczynowego między incydem jądrowym a szkodą jądrową, która stanowi roszczenie poszkodowanego. Wobec braku przepisów na szczeblu międzynarodowym, które można stosować bezpośrednio, należy uznać, że sądy krajowe rozstrzygające tego typu sprawy będą związane wewnętrznym ustawodawstwem⁸. Zdaniem Z. Brodeckiego brak regulacji związku przyczynowego na poziomie konwencji sugeruje eliminację tej konstrukcji jako podstawy odpowiedzialności za szkody jądrowe, należy jedynie stosować test *conditio sine qua non* w celu uprawdopodobnienia choroby popromiennej poszkodowanego z awarią urządzenia jądrowego. Jest to pogląd celny, ponieważ zaostrzając odpowiedzialność sprawcy szkody, jednocześnie ułatwia się dochodzenie roszczeń poszkodowanego, ze względu na brak możliwości wykazania stopnia

⁷ Art. 9 Konwencji paryskiej został znowelizowany protokołem zmieniającym z 12 lutego 2004 r. Art. 6 ust. 1 Protokołu zmieniającego z 1997 r. skreślił art. IV ust. 3 pkt b Konwencji wiedeńskiej. Obie zmiany miały na celu usunięcie klęsk żywiołowych i katastrof naturalnych o ogromnym rozmiarze z katalogu okoliczności wyłączających odpowiedzialność.

⁸ Ustawa – Prawo atomowe nie zawiera szczególnych postanowień dotyczących ustalenia związku przyczynowego. Ewentualne ustalenie związku przyczynowego będzie się opierać na Kodeksie cywilnym.

relacji pomiędzy eksploatacją obiektu a skażeniem. Katalog okoliczności egzoneracyjnych świadczy jednoznacznie o możliwości zwolnienia się z odpowiedzialności eksploatującego, jeśli szkoda jądrowa była spowodowana bezpośrednio przez nie. Art. IV ust. 3 Konwencji wiedeńskiej stanowi iż: „nie można przypisać odpowiedzialności osobie eksploatującej, jeżeli wykaze ona, że szkoda jądrowa jest bezpośrednio spowodowana konfliktem zbrojnym, działaniem wojennym, wojną domową lub powstaniem.”⁹. Wobec tego, jeśli wymienione okoliczności nie są jedynym źródłem incydentu jądrowego, to eksploatujący nie będzie zwolniony z odpowiedzialności za szkodę. Będzie na nim ciążył ciężar udowodnienia, że awaria nastąpiła wyłącznie w wyniku zaistnienia tych okoliczności, jakkolwiek pośrednia okoliczność przyczyniająca się do powstania szkody będzie obligować operatora do naprawienia szkody jądrowej w całym jej wymiarze. Oznacza to również, że operator będzie ponosić odpowiedzialność za szkody wywołane przez zewnętrzne czynniki pośrednie, które również doprowadziły do powstania szkody jądrowej, chyba że zostanie wykazane, iż ich źródłem jest wojna domowa, powstanie, działania wojenne. Wobec tego wystarczy, że szkoda jądrowa będzie mieć naturalny związek z incydemem, nie jest konieczne, by było to następstwo dające się przewidzieć lub typowe dla danego zjawiska. Rola związku przyczynowego sprowadza się również do ograniczenia odpowiedzialności operatora jądrowego, dlatego jego wywiedzenie powinno być w możliwie jak najprostszej formie, a więc powinien odpowiadać za możliwe do przewidzenia i znane nauce skutki incydentu jądrowego. Ze strony poszkodowanego będzie konieczność wykazania uszczerbku na zdrowiu, mieniu lub środowisku oraz wykazaniu, że jest on następstwem zdarzenia jądrowego. Samo zaistnienie zdarzenia jądrowego musi być potwierdzone przez odpowiednie organy, dokonują one również niezbędnych pomiarów i badań w celu oszacowania skutków radiologicznych danego zdarzenia. Poszkodowany nigdy nie będzie miał odpowiedniej wiedzy ani środków technicznych umożliwiających zbadanie skutków zdarzenia radiacyjnego, dlatego swoje roszczenie będzie musiał opierać na parametrach stwierdzonych przez właściwe służby.

Podsumowanie

W powyższym artykule przybliżono jedną najważniejszych instytucji prawnych usankcjonowanych przez oba traktaty o odpowiedzialności za szkodę jądrową, która w piśmiennictwie przedstawiana jest jako zakres odpowiedzialności operatora jądrowego. Zakres tej odpowiedzialności wyznaczają dwa instrumenty – odpowiedzialność obiektywna mająca charakter absolutny lub quasi-absolutny oraz związek przyczynowy incydentu jądrowego i jego

następstwa. Bez wątplenia są to cechy charakterystyczne dla tej gałęzi prawa, które kształtują szczególny reżim odpowiedzialności za szkodę jądrową. Mają ona ogromne znaczenie praktyczne – wąskie zakreślenie możliwych przesłanek wyłączających odpowiedzialność służy lepszej ochronie potencjalnych poszkodowanych. Pojawiają się jednak coraz częściej głosy, że obecna forma egzoneracji nie przystaje do obecnych czasów – brak szczególnej regulacji następstw ataku terrorystycznego lub gwałtownych zjawisk atmosferycznych uważane jest za istotne utrudnienie promowania pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Analizując całokształt postanowień obu Konwencji, nasuwa się wniosek, że obecny katalog przesłanek wyłączających odpowiedzialność jest logiczny i zupełny – operator urządzenia jądrowego nie będzie odpowiadać za działania wojenne, których nie jest stroną. Możliwe zagrożenia ze strony zamachowców lub zjawisk pogodowych zmuszają do poszukiwania coraz lepszych środków ochrony fizycznej, stymulując tym samym naukę, przemysł i odpowiednie służby w skali całego globu. Niemal absolutny charakter odpowiedzialności operatora ograniczany jest również przez konieczność wykazania przez poszkodowanego związku przyczynowego pomiędzy zdarzeniem radiacyjnym a jego skutkami. Co prawda, dowiedzenie tego skutku spoczywa na poszkodowanym, lecz objęte jest pewnym ułatwieniem dowodowym. Brak wykazania związku przyczynowego jest drugą obok przesłanek egzoneracyjnych formą zwolnienia się od odpowiedzialności przez operatora urządzenia jądrowego.

Notka o autorze

Mgr Maciej Lemiesz – absolwent Wydziału Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego, Referendarz Departamentu Bezpieczeństwa Jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki.

Literatura

1. R. Bierzanek, J. Symonides, *Prawo międzynarodowe publiczne*, Warszawa 2000.
2. Z. Brodecki, „Odpowiedzialność cywilna za szkodę jądrową w świetle konwencji międzynarodowych”, Warszawa 1980.
3. Z. Brodecki, *Odpowiedzialność państwa za szkodę jądrową*, [w:] *Odpowiedzialność państwa w prawie międzynarodowym*, red. R. Sonnenfeld, PISM, Warszawa 1980.
4. Z. Brodecki, *Odpowiedzialność za zanieczyszczenie morza*, Gdynia 1983.
5. I. Brownlie, *State Responsibility (Part I), Appendix II* Oxford 1983.
6. S. Burns, *The Fukushima Daiichi Accident: The International Community Responds*, [w:] *Washington University Global Studies Law Review*, Vol. 11, Washington 2012.
7. Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy z dnia 29 VII 1960 z późniejszymi zmianami.
8. 1963 Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage z dnia 21 V 1963 z późniejszymi zmianami.
9. Protokół zmieniający Konwencję wiedeńską z 1963 roku o odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową, z dnia 12 IX 1997.

⁹ Por. art. 9 Konwencji paryskiej.

10. Protocol to Amend the Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 29 July 1960, as Amended by the Additional Protocol of 28 January 1964 and by the Protocol of 16 November 1982 z dnia 29 lipca 1960.
11. I.H.Ph. Diedriks-Verschoor, V.Kopal, *An introduction to space law. Third revised edition*, Alphen aan den Rijn 2008.
12. *Expose des Motifs. Paris Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy. Paris 1989.*
13. T. Gadkowski, „Odpowiedzialność międzynarodowa państwa za szkodę jądrową”, Poznań 1990.
14. Z. Gawlik, *Odpowiedzialność cywilna za szkody wyrządzone pokojowym wykorzystaniem energii atomowej*, NP. 1988.
15. A. Koch, *Związek przyczynowy jako podstawa odpowiedzialności odszkodowawczej w prawie cywilnym*, Warszawa 1975.
16. J. Łopuski: *Liability for Nuclear Damage. An International Perspective*, Warszawa 1993.
17. J. Łopuski, *Odpowiedzialność za szkody wyrządzone w związku z użyciem sił przyrody (art. 152 k.z.): jej znaczenie i ewolucja w perspektywie minionego 70-lecia*, KPP 2004.
18. R. Majda, *Cywilna odpowiedzialność za szkodę jądrową w polskim prawie atomowym*, Łódź 2006.
19. N. Pelzer, *Damages Resulting from Nuclear Incidents Due to Large Scale Terrorist Attacks: Are They Covered by the Paris Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy and by related nuclear insurance policies?*, NEA OECD, Paryż 2001.
20. N. Pelzer, *Damages resulting from Nuclear Liability Law in the Post-Chernobyl Period. A German Standpoint*, *NLB* 1987, vol. 39.
21. N. Pelzer, *Focus on the Future of Nuclear Liability Law*, [w:] *Reform of the Civil Nuclear Liability*, Budapest Symposium 1999, Paryż 2000.
22. J. Rajski, *Odpowiedzialność międzynarodowa za szkody wyrządzone przez obiekty kosmiczne*, Warszawa 1974.
23. J. Schwarz, *International Nuclear Third Party Liability Law: The Response to Chernobyl*, [w:] *International Nuclear Law in the Post-Chernobyl Period*, OECD, 2006, s. 37–72.
24. C. Stoiber, A. Baer, N. Pelzer, W. Tonhauser: *Handbook on Nuclear Law*, Wiedeń 2003, s. 107–118.

Wykorzystanie rodziny modeli „RESRAD” do oszacowania zagrożenia na terenach skażonych

Adam Jaroszek
Państwowa Agencja Atomistyki

Wstęp

Rodzina modeli RESRAD (*Residual Radiological Environmental Analysis*) została stworzona na początku lat osiemdziesiątych w celu analizy migracji izotopów w środowisku oraz oszacowania dawek od różnych dróg narażenia. Rodzina kodów RESRAD jest rozwijana przez Argonne National Laboratory (Stany Zjednoczone), a oprogramowanie jest oparte na wytycznych Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych (DoE) oraz Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP). Rodzina modeli RESRAD jest powszechnie stosowana przy analizach środowiskowych oraz jest akceptowana przez szereg amerykańskich agencji rządowych (m.in. DoE, NRC, EPA). Należy zwrócić uwagę, że oprogramowanie jest nieodpłatnie dostępne na stronie producenta. Rodzina kodów RESRAD składa się z:

- RESRAD-ONSITE, ocena narażenia na terenach skażonych,
- RESRAD-OFFSITE, połączenie modelu dyspersji w atmosferze oraz wodach gruntowych umożliwiające oszacowanie narażenia poza terenami skażonymi,
- RESRAD-RDD, ocena narażenia w wyniku eksplozji tzw. brudnej bomby,
- RESRAD-BIOTA, oszacowanie narażenia fauny i flory,
- RESRAD-BUILD, oszacowanie narażenia od skażonych budynków.

Dawki oraz drogi narażenia

Na podstawie wyników laboratoryjnych z terenów skażonych oraz znajomości współczynników konwersji od

różnych dróg narażenia jesteśmy w stanie określić dawkę, jaką otrzyma organizm w wyniku przebywania na skażonym terenie. Pojęcie dawki służy do oceny narażenia na promieniowanie [1], możemy je wyrazić jako dawkę pochłoniętą D [Gy]:

$$D = \frac{\overline{dE}}{dm} \frac{J}{kg}$$

gdzie: \overline{dE} jest średnią energią promieniowania jonizującego przekazaną materii w elemencie objętości o masie dm (np. ludzkim ciele). Informacja ta nie jest wystarczająca do oceny narażenia, dlatego wprowadzono parametryzację dotyczącą poszczególnych czynników mających wpływ na skutki oddziaływania promieniowania na organizm ludzki (czas narażenia, rodzaj promieniowania, rodzaj narażonego narządu itp.). Dawkę z uwzględnieniem czynników wpływających na stan żywego organizmu wyrażamy w siwertach [Sv] i możemy ją wykorzystać do określenia konkretnych zagrożeń¹. Oprogramowanie RESRAD umożliwia obliczenie dawek od wybranych izotopów oraz oszacowanie możliwych skutków stochastycznych na przestrzeni nawet kilkuset lat.

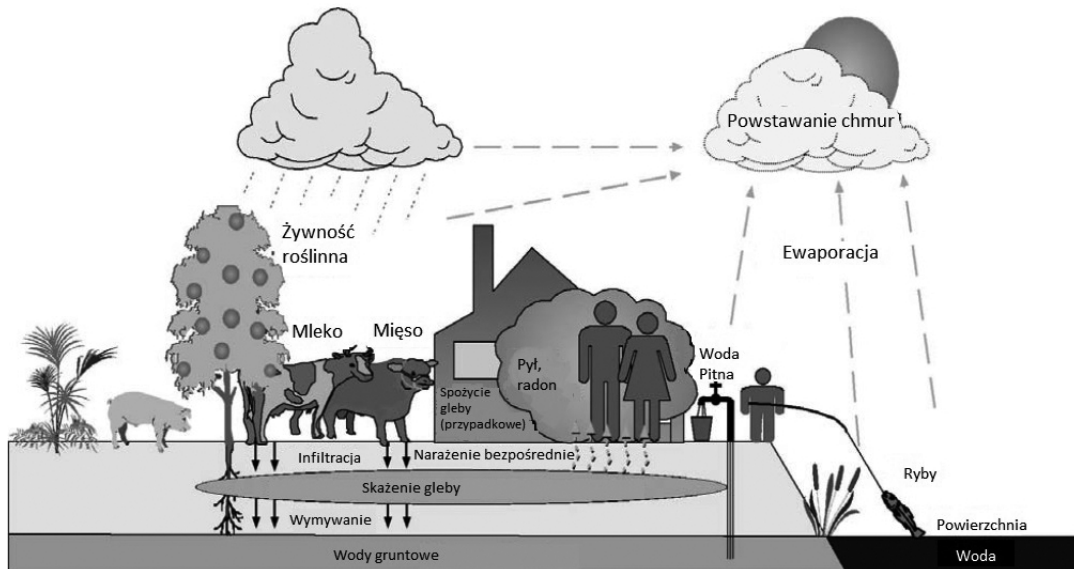
Dawki będące wynikiem uwolnienia do środowiska izotopów promieniotwórczych można otrzymać poprzez różne drogi narażenia:

- Przebywanie w polu promieniowania od:
 - gleby
 - powietrza
 - wody
- Inhalacje:
 - pyłu
 - radonu i jego produktów rozpadu
 - innych radionuklidów

¹ Zagrożenie (narażenie potencjalne) – narażenie, które może nastąpić, przy czym prawdopodobieństwo jego wystąpienia może być wcześniej oszacowane (art. 3 p. 53 ustawy z dnia 29 listopada 2000 Prawo atomowe – Dz.U. 2017 poz. 576).

- Spożycie:
 - produktów rolnych
 - mięsa
 - mleka
 - organizmów wodnych
 - wody (gruntowej, powierzchniowej)
 - gleby (przypadkowe)

Program uwzględnia wszystkie drogi narażenia dla osób przebywających w obszarze skażonym. W celu przeprowadzenia analizy w pierwszej kolejności należy zdefiniować źródło narażenia poprzez wybranie radionuklidów z bazy programu oraz określenie ich stężenia w komponentie środowiska [Bq/g]. Poszczególne izotopy legitymują się szeregiem parametrów charakteryzujących ich trans-



Rys. 1. Schemat przedstawiający drogi narażenia [2].

Oprogramowanie RESRAD w celu oszacowania ryzyka wykorzystuje poziom pochodnego wskaźnika koncentracji (stężenia promieniotwórczego) DCGL (*Derived Concentration Guideline Level*). Wskaźnik ten określa stopień skażenia, przy którym zostaną przekroczone określone limity dawki (w przypadku gdy $DCGL > 1$). Wskaźnik ten może również stanowić kryterium do oceny potrzeby rekultywacji skażonych terenów.

$$DCGL \text{ limit dawki } \frac{mSv}{rok} = \frac{\text{koncentracja danego izotopu } \frac{Bq}{g}}{\text{dawka } \frac{mSv}{rok}}$$

Charakterystyczną cechą programu jest wykorzystanie parametru „cut-off half life”, służącego do odseparowania izotopów macierzystych od izotopów pochodnych [3]. Parametr przyjmuje wartości: 180, 30, 7, 1 [dni]. W przypadku gdy izotop pochodny legitymuje się wartością czasu połowicznego zaniku większą bądź równą parametrowi, kwalifikuje się go jako będący w równowadze z izotopem macierzystym. Skutkuje to pesymizacją dawek dla organizmów narażonych.

RESRAD-ONSITE

RESRAD-ONSITE został opracowany w celu oszacowania radiologicznych konsekwencji dla osoby przebywającej na obszarze, który uległ bezpośredniej kontaminacji.

port w środowisku. Wielkości tych parametrów przyjmują wartości domyślne, jednak zaleca się ich korektę przez użytkownika w celu dokładnego scharakteryzowania miejsca skażenia.

Dawka pochodząca od bezpośredniego promieniowania jest uzależniona od następujących czynników:

- stężenie skażenia [Bq/g],
- czas przebywania narażonej osoby na terenie skażonym,
- kształt źródła narażenia (grubość warstwy skażonej oraz jej promień),
- warstwa ekranująca (głównie wierzchnia warstwa gleby).

Source

Nuclide Concentration: 50 Bq/g

List of Nuclides Present at the Site

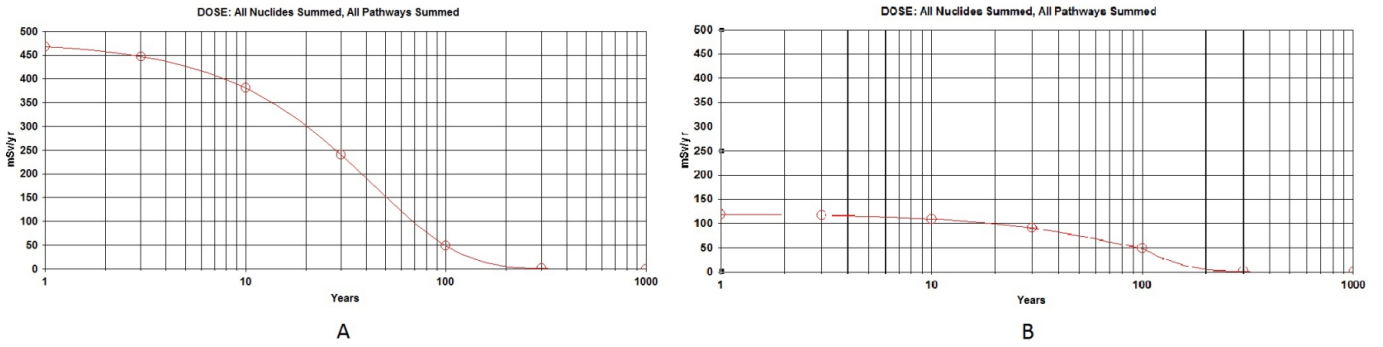
Al-26	100
Co-60	50
Cs-137	100
Sr-90	20

List of ICRP38 Nuclides with half life of at least 30 days

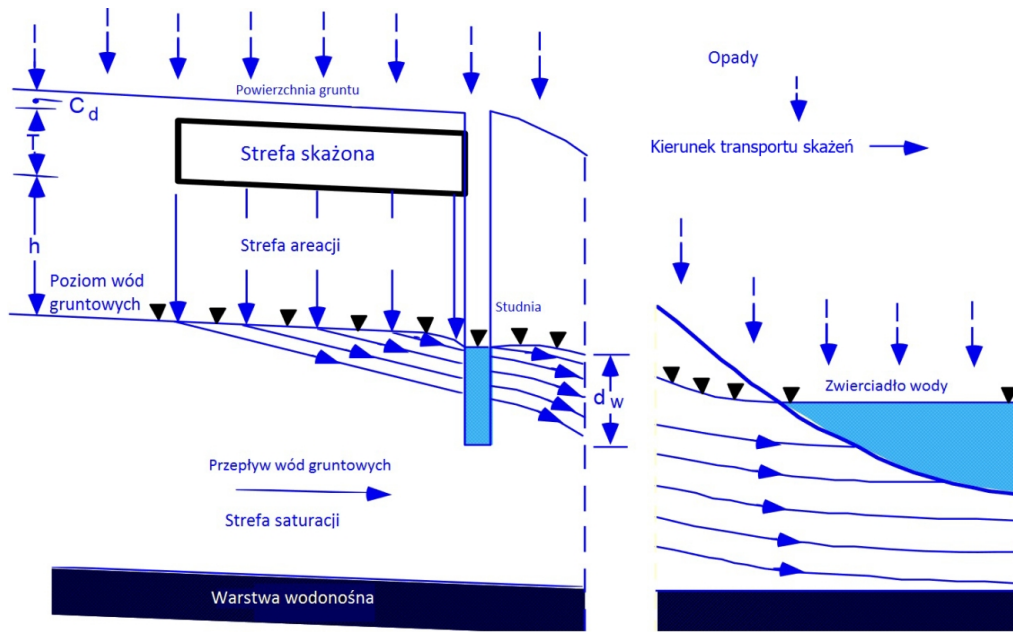
- Sb-125
- Sc-46
- Se-75
- Se-79
- Si-32
- Sm-145
- Sm-146
- Sm-147
- Sm-151
- Sn-113
- Sn-119m
- Sn-121m
- Sn-123
- Sn-126
- Sr-85
- Sr-89
- Sr-90
- Ta-179
- Ta-180
- Ta-182

Buttons: Add Ta-180 1.E+13 y, Delete Co-60, Release, Distribution Coefficients, Deposition Velocities, Transfer factors, All nuclide factors, OK

Rys. 2. Definiowanie źródła skażenia w programie RESRAD-ONSITE.



Rys. 3. Porównanie dawek przy braku warstwy wierzchniej (A) oraz z uwzględnieniem 10 cm warstwy wierzchniej (B). Symulacja wykonana dla skażenia gleby Cs-137 (1000 Bq/g) [opracowanie własne].

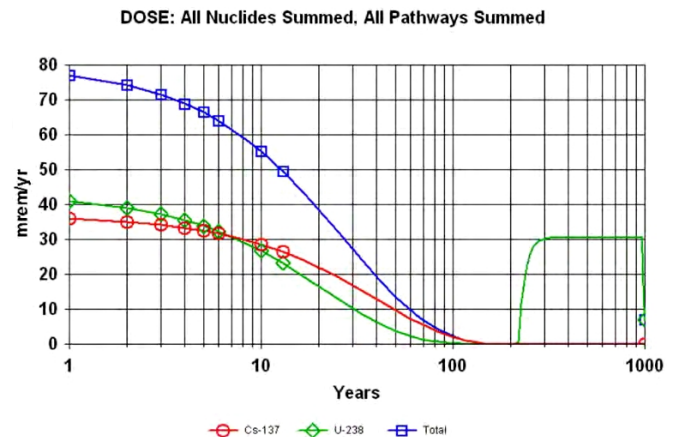


Rys. 4. Transport izotopów w gruncie [2].

W celu oszacowania narażenia od pozostałych dróg wymagane jest określenie: zasięgu strefy kontaminacji, jej głębokości oraz oddziaływania na wody gruntowe. Kod posiada zaimplementowane modele transportu skażeń w wodach gruntowych. Transport izotopów w wodach gruntowych jest obliczany na podstawie parametrów hydrologicznych dla stref saturacji oraz aeracji: grubości skażonej warstwy gleby [m], grubości warstwy wierzchniej [m] oraz jej gęstości [g/cm³], współczynnika erozji [m/rok], przewodności hydraulicznej gruntu [m/rok], wysokości opadów [l/m²], prędkości wiatru [m/s] oraz współczynnika sływu.

Kod uwzględnia również dawkę od spożycia: produktów roślinnych, mięsa, mleka, wody oraz organizmów wodnych. Do oszacowania skażenia żywności roślinnej program bierze pod uwagę pobieranie skażeń przez system korzeniowy oraz osiadanie skażonego pyłu na liściach. Uwzględniane jest również karmienie zwierząt gospodarskich, gdzie izotopy na drodze łańcucha pokarmowego mogą przejść do produktów spożywczych, takich jak mięso oraz mleko. Należy jednak zwrócić szczególną uwagę na

to, iż transport izotopów w łańcuchu pokarmowym oraz narażenie będące jego następstwem są silnie determinowane czynnikami związanymi z dietą charakterystyczną dla danego terenu.



Rys. 5. Dawka w czasie (1000 lat) od wszystkich dróg narażenia, widoczny wzrost dawki od U-238 po ok. 200 latach wynika z przedostania się izotopu do wód gruntowych i uwzględnienia w dawce od spożycia [2].

RESRAD-OFFSITE

Aplikacja RESRAD-OFFSITE umożliwia oszacowanie narażenia na terenach przyległych do terenów bezpośrednio skażonych za pomocą modeli dyspersji w atmosferze i wodach gruntowych (z uwzględnieniem spływu powierzchniowego). Kod bazuje na danych wejściowych określających warunki środowiskowe, geologiczne, meteorologiczne oraz statystyki spożycia wybranych produktów. Aplikacja wykorzystuje gaussowski model dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze. Źródłem uwolnienia jest zdyskretyzowana powierzchnia skażonego terenu. Istotnym elementem jest określenie parametrów uwolnienia ze skażonej powierzchni (strumienia uwolnienia [Q/h], wysokości wynosu [m]) oraz rodzaju terenu przyległego ze względu na użytkowanie. Dane meteorologiczne wykorzystywane przez gaussowski model dyspersyjny obejmują: kierunek oraz prędkość wiatru, szorstkość terenu, kategorie stabilności atmosfery oraz wysokość opadów. Kluczowym parametrem ze względu na dyspersję izotopów jest klasa stabilności atmosferycznej będąca miarą wielkości turbulencji w atmosferze. W zaimplementowanym modelu funkcjonuje 6-stopniowa skala (Pasquilla) stabilności atmosfery:

- A – równowaga bardzo chwiejna,
- B – równowaga chwiejna,
- C – równowaga lekko chwiejna,
- D – równowaga obojętna,
- E – równowaga stabilna,
- F – równowaga silnie stabilna.

Klasy stabilności atmosferycznej są determinowane przez pionową stratyfikację atmosfery. Z punktu widzenia

rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza klasy A-D odpowiadają za sytuacje sprzyjające dobrej wentylacji, a klasy E-F za sytuacje słabej wentylacji atmosfery [8]. W związku z tym za warunki pesymistyczne ze względu na narażenie uznaje się klasę stabilności E-F wraz z występowaniem słabego wiatru. Model uwzględnia mokrą depozycję izotopów (w wyniku opadów atmosferycznych) oraz suchą depozycję (będącą wynikiem sedymentacji oraz dyfuzji turbulentnej).

W celu określenia dawek w wyniku transportu skażeń w wodach gruntowych kod OFFSITE korzysta z tych samych modeli transportu, co wersja ONSITE.

RESRAD-RDD

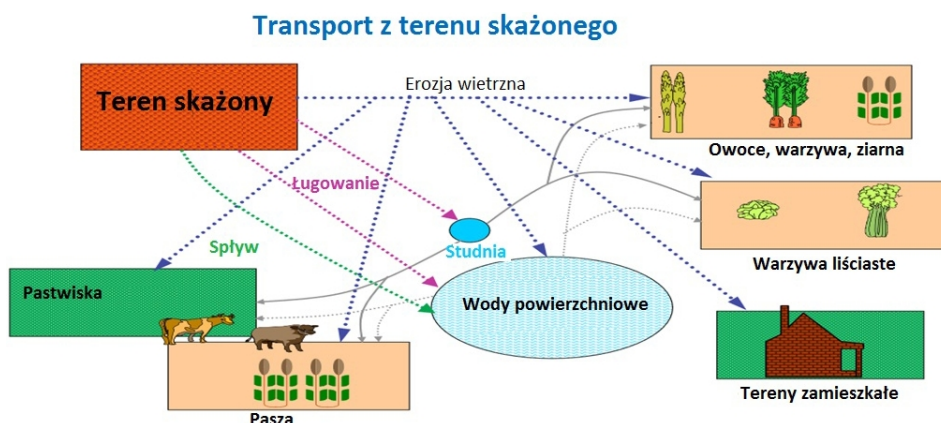
Aplikacja RESRAD-RDD (*Radiological Dispersion Device*) została opracowana w celu określenia wytycznych operacyjnych oraz planowania awaryjnego przy incydentach z użyciem „brudnej bomby”. Narzędzie uwzględnia dyspersję izotopów oraz ich transfer w terenach miejskich. Przez „brudną bombę” rozumiemy prostą broń w postaci ładunku wybuchowego, którego detonacja ma na celu skażenie terenu poprzez rozproszenie izotopu(ów) promieniotwórczych. System w celu oszacowania narażenia ludności oblicza dawki, uwzględniając trzy drogi narażenia:

- inhalacje,
- spożycie,
- bezpośrednie narażenie.

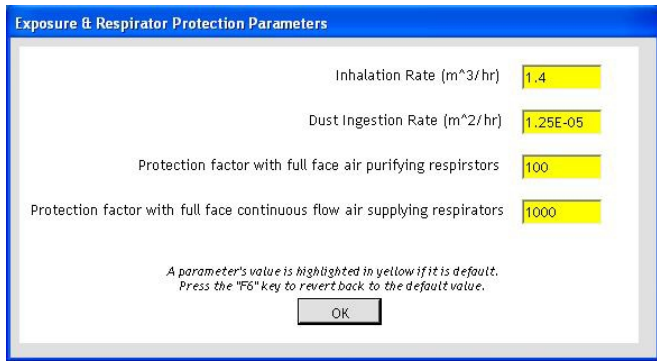
W systemie wprowadzono podział na 3 fazy działań: wczesną (obejmującą takie działania, jak: schronienie,

Receptor Area	Distance ^a (m)	Direction ^b	Elevation ^c (m)	Directional Frequency ^d	Stability Category ^e	Wind Speed (m/s)
Fruit, grain, nonleafy vegetables plot	100	North	0	0.05	A	0.89
Leafy vegetables plot	200	South	5	0.10	B	2.46
Pasture, silage growing area	500	East	10	0.25	D	6.93
Grain fields	1,000	West	15	0.20	C	4.47
Dwelling site	10,000	Northeast	20	0.40	F	9.61

Rys. 6. Przykład danych wejściowych do modelu dyspersji w atmosferze [2].



Rys. 7. Drogi transportu radionuklidów uwzględniane przez RESRAD-OFFSITE [4].



Rys. 8. Parametry narażenia dla grupy A.

ewakuacja), pośrednią (obejmującą ograniczenia w spożyciu produktów) oraz późną (dekontaminacja). W poszczególnych fazach został wprowadzony podział na grupy, dla których może być oszacowane narażenie.

Narażenie jest obliczane dla wybranych grup, charakteryzujących się indywidualnymi parametrami. Parametry te obejmują m.in.: szybkość inhalacji [m³/h], współczynnik wdychania pyłów, resuspensję, skuteczność masek gazowych, czasy przebywania w terenach narażonych, współczynniki spożycia wybranych produktów (dawki są obliczane z użyciem wytycznych ICRP 60 oraz ICRP 72). Dodatkowo kod zakłada skażenie elementów infrastruktury miejskiej (ścian, dachów, schodów), uwzględniając ich powierzchnie. Uwzględniane jest również skażenie powstałe wewnątrz budynków w wyniku wymiany powietrza oraz przeniesienia skażeń przez ludzi.

RESRAD-RDD jest oparty na wytycznych grupy zadaniowej OGT (*Operational Guidelines Task Group*) Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych oraz Federalnego Centrum Monitoringu Radiologicznego i Oceny FRMAC (*Federal Radiological Monitoring and*

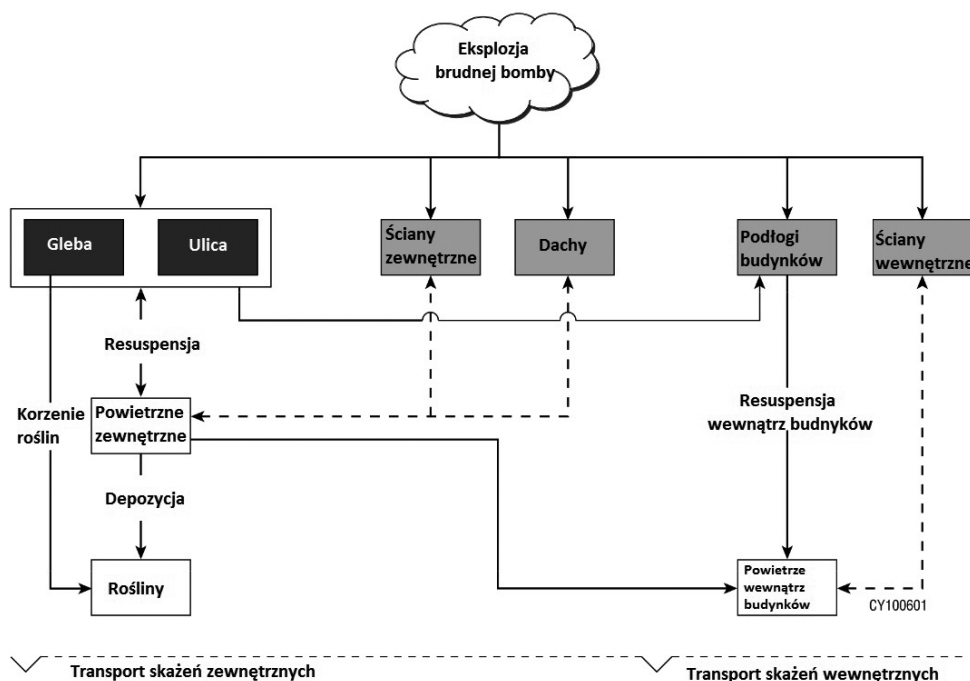
Assesment Center). Wytyczne OGT dodatkowo uwzględniają drogi narażenia, takie jak przypadkowe spożycie skażonej gleby oraz zewnętrzne narażenie od skażeń, które uległy resuspensji. Kod uwzględnia narażenie od 11 izotopów mogących wchodzić w skład „brudnej bomby” (¹³⁷Cs, ¹⁹²Ir, ²¹⁰Po, ²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²²⁶Ra, ⁹⁰Sr). Dawka jest obliczana na podstawie współczynnika DSR (*Dose to Source Ratio*) określającego stosunek dawki do źródła [(mSv/rok)/(Bq/m²)], zgodnie z normami PAG (*Protective Action Guides*). Dawki są obliczane z użyciem współczynników konwersji dawki DCF (*Dose Conversion Factor*) zgodnych z ICRP 60 oraz ICRP 72 [2].

$$DSR(t) = \int_j DCF_{j,p} BRF_{i,j} \int_q^t \int_t^{t_{int}} ETF_{ij,pq}(t) SF(t) dt$$

gdzie: DCF – współczynnik konwersji dawki [mSv/rok/Bq/g], BRF – współczynnik rozgałęziający (bezwymiarowy), ETF(t) – współczynnik transportu w środowisku (g/rok), SF(t) – współczynnik wzrostu, rozpadu promieniotwórczego oraz erozji (bezwymiarowy).

RESRAD-BIOTA

Nieustannie podnoszona poprzeczka dotycząca norm środowiskowych wymusza na inwestorach wykorzystanie narzędzi do oszacowania wpływu obiektów jądrowych na środowisko naturalne. Naprzeciw temu wychodzi program RESRAD-BIOTA stworzony do oceny dawek dla fauny i flory. Do oszacowania dawek estymuje się koncentracje izotopów w tkankach (zwierzęcych lub roślinnych). Kod posiada dwie metody estymacji koncentracji izotopów. Pierwsza opiera się na użyciu prostego współczynnika do obliczenia koncentracji w organizmie na podstawie



Rys. 9. Drogi transportu w terenie miejskim uwzględniane przez RESRAD-RDD [5].

RESRAD-RDD Version ##version##
 Input file: ##filename##
 DCF Library: ICRP-30 based

Total Doses Based on Measurement Data for Group B - Early Phase Response

Table 1 Estimated Total Doses (mrem) from 4-day Exposure Based on the Measurement Data - FRMAC Methodology

Group-Receptor No.	Group description	Receptor description	Total dose (mrem)
B1-1	Evacuation - FRMAC Method	Receptor spending 100% time indoors	1.29E-03
B1-2	Evacuation - FRMAC Method	Receptor spending time working outdoors	1.76E-03
B1-3	Evacuation - FRMAC Method	Receptor spending 100% time outdoors	2.78E-03

Table 2 Estimated Total Doses (mrem) from 4-day Exposure Based on the Measurement Data - OGT Methodology

Group-Receptor No.	Group description	Receptor description	Total dose (mrem)
B2-1	Evacuation - OGT Method	Receptor spending 100% time indoors	1.25E-02
B2-2	Evacuation - OGT Method	Receptor spending time working outdoors	1.83E-02
B2-3	Evacuation - OGT Method	Receptor spending 100% time outdoors	3.07E-02

Table 3 Input Radionuclide Concentrations

Radionuclide	Ground surface (pCi/m ²)
Am-241	1.00E+02
Cf-252	0.00E+00
Cm-244	0.00E+00
Co-60	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00
Ir-192	0.00E+00
Po-210	0.00E+00
Pu-238	0.00E+00
Pu-239	0.00E+00
Ra-226	0.00E+00
Sr-90	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00

Rys. 10. Dawki dla osób biorących udział w działaniach w ramach wczesnej odpowiedzi (skażenie 100 pCi/m² izotopem Am-241).

skażenia zewnętrznego. Druga metoda polega na użyciu empirycznego równania allometrycznego², bazującego na wadze i rozmiarze organizmu. W celu oszacowania dawek wewnętrznych kod przyjmuje założenie, że organizm jest równomiernie skażony, a kształt jego ciała jest definiowany elipsoidą (zależną od gatunku organizmu). Kod ma 3 poziomy założeń w zależności od stopnia konserwatywności podejścia oraz posiadanych danych. Obliczenia mogą być wykonane dla organizmów wodnych lub lądowych. W celu oszacowania wpływu na środowisko przyrodnicze kod wykorzystuje wskaźnik BCG (*Biota Concentration Guides*) dla wybranych receptorów, takich jak: organizmy wodne, nadbrzeżne, lądowe oraz rośliny lądowe.

$$BCG = \frac{\text{limit dawki}}{\text{dawka wewnętrzna}} \frac{Bq}{kg} \frac{\text{dawka zewnętrzna}}{kg}$$

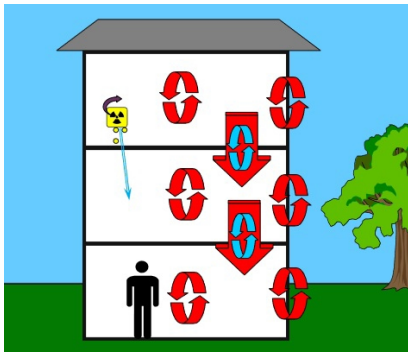
gdzie przez *dawkę wewnętrzną* rozumiemy dawkę otrzymaną na drodze: inhalacji, spożycia pokarmu oraz absorpcji przez skórę. Pojęcie *dawki zewnętrznej* odnosi się do dawki otrzymanej na drodze przebywania w polu promieniowania jonizującego.

Oprogramowanie uwzględnia parametry poszczególnych organizmów oraz pozwala na stworzenie własnego wirtualnego organizmu, charakteryzującego się parametrami zdefiniowanymi przez użytkownika. Oprogramowanie może służyć ocenie środowiska poprzez: określenie wpływu danej działalności na biotę, przeprowadzanie ocen ekologicznych na skażonych terenach, estymację dawek w przyszłości dla fauny i flory w trakcie wyłączenia obiektów z eksploatacji.

RESRAD-BUILD

RESRAD-BUILD jest kodem uwzględniającym różne drogi narażenia w celu oszacowania potencjalnego zagrożenia dla ludzi mieszkających lub pracujących w skażonych budynkach. Skażenia uwalniają się do powietrza w pomieszczeniach w wyniku dyfuzji, obróbki mechanicznej lub erozji. Kod posiada wbudowany model jakości powietrza, służący ocenie transportu skażonego pyłu, trytu oraz

² Równanie allometryczne – opisuje nieproporcjonalne relacje pomiędzy wielkościami charakteryzującymi budowę organizmu [9].



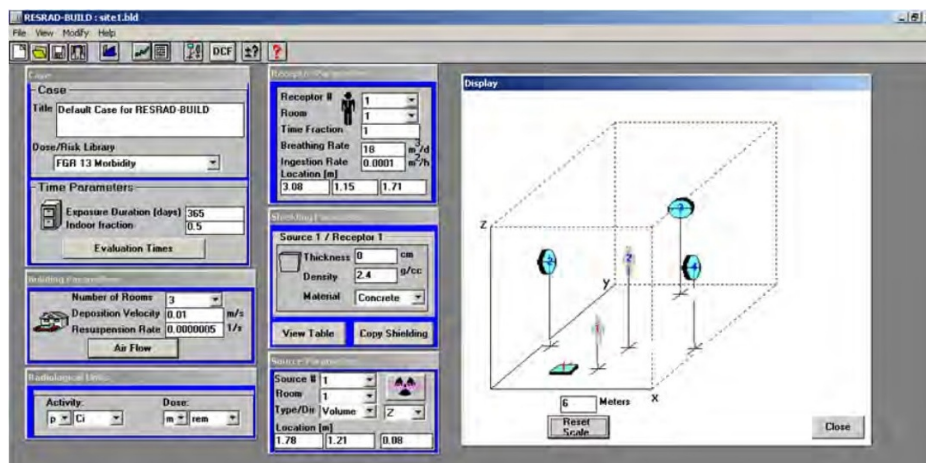
Rys. 11. Schemat transportu skażeń w RESRAD-BUILD [6].

produktów rozpadu radonu pomiędzy pomieszczeniami. Transport ten zachodzi w wyniku:

- wymiany powietrza między pomieszczeniami oraz środowiskiem zewnętrznym,
- depozycji oraz resuspensji cząstek,
- przemian promieniotwórczych.

Kod bierze pod uwagę ekranowanie promieniowania pomiędzy źródłem a osobą narażoną; użytkownik może wybrać rodzaj materiału ekranującego spośród 8 materiałów (beton, woda, aluminium, żelazo, miedź, wolfram, ołów, uran) oraz określić jego parametry (gęstość oraz grubość). Źródło narażenia może być zdefiniowane jako: punktowe, liniowe, powierzchniowe oraz objętościowe. Baza programu posiada 67 izotopów o czasie połowicznego rozpadu dłuższym niż 6 miesięcy. Krótkożyłowe produkty rozpadu, których czas połowicznego zaniku jest krótszy niż 6 miesięcy, są traktowane jako będące w równowadze z izotopem macierzystym.

Rozpatrywane drogi narażenia obejmują: bezpośrednie narażenie od źródła, bezpośrednie narażenie od materiału zdeponowanego, bezpośrednie narażenie od skażonego powietrza, wdychanie skażonego pyłu, wdychanie pochodnych radonu, nieumyślne spożywanie skażenia. Użytkownik może określić scenariusz narażenia poprzez zdefiniowanie sposobu użytkowania budynku przez osoby narażone (zamieszkanie, praca, wykonywanie prac remontowych).



Rys. 12. Definiowanie parametrów w programie RESRAD-BUILD [6].

Wnioski

Niniejszy artykuł ma charakter poglądowy i jego zadaniem jest przedstawienie czytelnikowi jedynie podstawowych założeń oraz funkcjonalności rodziny kodów RESRAD. Narzędzie, jakim jest rodzina kodów RESRAD, może być z powodzeniem wykorzystywane w celu oszacowania narażenia osób oraz fauny i flory. Kody znajdują również szerokie zastosowanie jako narzędzie wspomagające decyzje dotyczące działań naprawczych lub związanych z koordynowaniem akcji mających na celu ochronę ludności.

Notka o autorze

Mgr inż. Adam Jaroszek – absolwent Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, specjalista w Wydziale Monitoringu i Prognozowania Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki.

Literatura

1. Gostkowska B., *Ochrona Radiologiczna Wielkości, Jednostki i Obliczenia. Poradnik dla inspektorów ochrony radiologicznej*. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2014.
2. *RESRAD Workshop*, materiały szkoleniowe. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2017.
3. Yu C., *User's Manual for RESRAD Version 6*. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2001.
4. Yu C., Gnanapragasam E.K., *User's Guide for RESRAD-OFFSITE*. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2014.
5. Yu C., Cheng J., Kamboj S., Domotor S., *Preliminary Report on Operational Guidelines Developed for Use in Emergency Preparedness and Response to a Radiological Dispersal Device Incident*. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2009.
6. Yu C., LePoire D., Gnanapragasam E.K., Arnish J., Kamboj S., Biwer B.M., Cheng J., Zielen A., Chen S.Y., *Development of Probabilistic RESRAD 6.0 and RESRAD-BUILD 3.0 Computer Codes*. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2009.
7. Yu C., *Modeling Radionuclide Transport in the Environment and Assessing Risks to Humans, Flora and Fauna: The RESRAD Family of Codes*. Argonne National Laboratory, Argonne IL 2007.
8. *Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*. Praca zespołowa pod red. Judy-Rezler K., Toczko B. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2016.
9. <http://www.encyklopedialesna.pl/haslo/rownanie-allometryczne>.

Zintegrowany system zabezpieczeń

Krzysztof Rzymkowski

Stowarzyszenie Ekologów na rzecz Energii Nuklearnej – SEREN

Początki systemu zabezpieczeń

Szybkie postępy w budowie broni jądrowej, po wojnie II światowej, spowodowały podjęcie różnych międzynarodowych inicjatyw mających na celu ograniczenie jej rozprzestrzeniania. Jednocześnie postulowano wykorzystanie energii jądrowej do celów pokojowych. Nawiązując do propozycji prezydenta Stanów Zjednoczonych D. Eisenhowera z grudnia 1953, w czerwcu 1957 roku utworzono Międzynarodową Agencję Energii Atomowej – MAEA (*International Atomic Energy Agency – IAEA*).

W 1968 roku podpisano Traktat o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej (*NPT – Non Proliferation Treaty*) i do kontroli wypełniania warunków traktatu powołano specjalistyczną służbę, Departament Zabezpieczeń (gwarancji) (*Department of Safeguards*).

Zadaniem Departamentu było utworzenie systemu kontroli materiałów jądrowych stanowiącego kompleksowy zespół procedur, który poprzez długoterminowe działania kontrolne uniemożliwiłby nielegalne uzyskanie materiałów jądrowych potrzebnych do konstrukcji jądrowych urządzeń wybuchowych lub do skażenia środowiska. Prace nad rozbudową i modyfikacją systemu w celu zwiększenia jego skuteczności trwają nieprzerwanie od chwili jego powstania.

Geneza zintegrowanego systemu zabezpieczeń

System zabezpieczeń opracowanych przez MAEA przewiduje dwa rodzaje kontroli:

- pierwotne (bezpośrednie) związane z wykorzystaniem i składowaniem materiałów jądrowych, polegające na okresowym sprawdzaniu materiałów jądrowych, ich ilości, składu, postaci fizycznej, umiejscowienia oraz ochrony fizycznej, kontroli lokalizacji i przemieszczeń, w których są one wykorzystywane.

- wtórne (pośrednie – modyfikowane w miarę postępu technicznego) związane z cyklem paliwowym umożliwiającym śledzenie historii wykorzystania paliwa jądrowego i wykorzystaniem materiałów jądrowych w innych dziedzinach gospodarki, obejmując również inne materiały promieniotwórcze nieobjęte kontrolą bezpośrednią.

Kontrole te polegają na niezależnej weryfikacji deklaracji państw o materiałach jądrowych i działaniach związanych z wykorzystaniem energii jądrowej. Zakres kontroli jest uzależniony od rodzaju umowy zawartej pomiędzy MAEA i państwem sygnatariuszem NPT.

Państwa-członkowie mogą zawierać z MAEA jeden z trzech rodzajów umów:

- o zabezpieczeniach wszechstronnych,
- o zabezpieczeniach ograniczonych,
- o zabezpieczeniach dobrowolnych.

Umowa o **zabezpieczeniach wszechstronnych** obejmuje kontrolą pełną działalność państwa w zakresie energii jądrowej ze szczególnym uwzględnieniem wszystkich materiałów rozszczepialnych na terytorium tego państwa wraz z terytoriami znajdującymi się pod jego jurysdykcją z możliwością pełnego kontrolowania, czy materiały te nie zostały przesunięte z zastosowań pokojowych do wytwarzania broni jądrowej w dowolnej postaci (*IAEA INFCIRC/153*).

Umowy o **zabezpieczeniach ograniczonych** obejmują tylko materiały jądrowe lub działania w zakresie energii jądrowej wymienione w tej umowie (*IAEA INFCIRC/66*), a umowy o **zabezpieczeniach dobrowolnych** dotyczą państw posiadających broń jądrową w czasie tworzenia MAEA.

Początkowo system zabezpieczeń ograniczał się do sprawdzenia poprawności deklaracji przedstawionej przez władze państwowe ze stanem faktycznym w poszczególnych obiektach. Istotne luki systemu ujawniły się w czasie kryzysu irackiego w 1991 roku. Kryzys ten wskazał na konieczność wzmocnienia i rozciągnięcia systemu na cały kraj przez rozszerzenie zakresu inspekcji i wprowadzenie

pełnej ich analizy na podstawie informacji uzyskiwanych z różnych źródeł tak, aby umożliwić wykrywanie działań niedeklarowanych. Zmiany wprowadzono etapami.

Dążąc do zwiększenia efektywności zabezpieczeń, postanowiono w 1992 roku rozszerzyć zakres kontroli w umowie o zabezpieczeniach wszechstronnych tak, by obejmowały one wszystkie materiały jądrowe (nie tylko rozszczepialne) znajdujące się w posiadaniu państwa. Opracowano i przyjęto dwa nowe dokumenty uzupełniające wymagania NPT:

Protokół dodatkowy (*Additional Protocol*) zapewniający MAEA pełną możliwość niezależnej weryfikacji materiałów jądrowych i możliwość kontroli niedeklarowanych działań. Protokół dodatkowy jest wprowadzany w życie w poszczególnych państwach stopniowo od roku 1995.

Umowę o małych ilościach (*Small Quantities Protocol* – SQP) wprowadzoną po raz pierwszy w 1971 roku w krajach posiadających bardzo mało materiałów jądrowych. W 2005 roku postanowiono, że w celu wzmocnienia zabezpieczeń SQP powinna po modyfikacji stać się integralną częścią układu o zabezpieczeniach wszechstronnych. Stanowiło to przygotowanie do wprowadzenia zintegrowanego systemu kontroli materiałów jądrowych, zwiększając jego skuteczność sprawdzania dokładności, kompletności, prawidłowości i wiarygodności deklaracji państwa, że posiadane przez nie materiały promieniotwórcze są wykorzystywane w celach pokojowych.

Nowy **zintegrowany system zabezpieczeń** (*Integrated Safeguards*) jest wprowadzany w krajach, które są sygnatariuszami NPT oraz dwóch wspomnianych wyżej uzupełniających go dokumentów: Protokołu dodatkowego i Umowy o małych ilościach. Podstawowym założeniem systemu jest najkorzystniejsze wykorzystanie wszystkich środków kontrolnych dostępnych MAEA w celu osiągnięcia maksymalnej efektywności i wydajności systemu zabezpieczeń.

Zintegrowany system zabezpieczeń jest kombinacją systemu tradycyjnego z nowym podejściem zapisanym w Protokole Dodatkowym i Umowie o małych ilościach. Przed wprowadzaniem zmodernizowanego systemu kontroli w danym państwie, przeprowadzana jest szczegółowa analiza, w jakich obszarach krajowego systemu zabezpieczeń i w jakich obiektach istnieje największe prawdopodobieństwo ukrycia lub przesunięcia materiałów jądrowych do zastosowań militarnych lub innych niezadeklarowanych działań dotyczących tych materiałów. Pozwala to na zoptymalizowanie wysiłku inspekcyjnego np. przez zmniejszenie ilości rutynowych inspekcji, lepsze wykorzystanie aparatury pomiarowej, a także na zmniejszenie obciążeń finansowych MAEA związanych z przeprowadzaniem inspekcji. Jest to niezwykle istotne, ponieważ ilość materiału jądrowego podlegającego kontroli wrasta. Umożliwia to również skoncentrowanie działań kontrolnych MAEA w bardziej wrażliwych obszarach, np. w obiektach wykorzystujących pluton i wysoko wzbogacony

uran, zakładach produkcji i przerobu paliwa lub w nowo powstających obiektach.

Zasady wprowadzania zintegrowanego systemu zabezpieczeń

Jak już wspomniano, przed wprowadzeniem zintegrowanego systemu zabezpieczeń konieczne jest przeprowadzenie szczegółowej analizy systemu zabezpieczeń opracowanego indywidualnie dla danego państwa i poszczególnych obiektów. Potrzebna jest weryfikacja tzw. podejścia do wprowadzenia zabezpieczeń (*Safeguards approach*) obejmująca odpowiednie dokumenty, opracowane dla każdego obiektu, zgodnie z wymaganiami MAEA, ujednoczenie poszczególnych procedur uwzględniających wszystkie parametry – miary systemu zabezpieczeń, np. czas międzyinspekcyjny, ilość progową materiału, znaczącą ilość materiału SQ (*Significant Quantity*) itd. oraz informację projektową (*Design Information*).

Podstawą wprowadzenia zintegrowanego systemu zabezpieczeń, tak jak w systemie tradycyjnym, jest dokumentacja rachunkowości materiałowej dla rejonu bilansu materiałowego, dokumentacja zawierająca wszelkie zmiany inwentarzowe określające w dowolnej chwili wielkość księgową inwentarza, wszelkie wyniki pomiarowe określające rzeczywisty stan inwentarza po spisie z natury, wszelkie dostosowania i poprawki wynikające ze zmian inwentarzowych.

Przed wprowadzeniem zintegrowanego systemu zabezpieczeń konieczna jest ocena zabezpieczeń krajowych, tzn. ocena wszystkich informacji dostępnych MAEA i pochodzących z różnych źródeł o krajowych programach jądrowych. Umożliwia to zaplanowanie dalszych działań dotyczących zabezpieczeń oraz ocenę skuteczności aktualnego systemu.

Przy wprowadzaniu zintegrowanego systemu zabezpieczeń obowiązują identyczne kryteria we wszystkich państwach przyjmujących system, niezależnie od różnego poziomu zaawansowania technicznego krajowych systemów zabezpieczeń.

Głównym celem prac przygotowawczych do wprowadzenia zintegrowanego systemu zabezpieczeń jest opracowanie szczegółowego projektu zabezpieczeń dla różnych rodzajów obiektów jądrowych oraz projektu krajowego systemu zabezpieczeń i sposobów jego realizacji. Projekt powinien zawierać szczegółowy opis systemu kontroli pozwalający po przeprowadzeniu analizy wyników wykrycie niezadeklarowanych działań i materiałów. W projekcie muszą być też określone miary systemu zabezpieczeń, jakie powinny być stosowane do kontroli zadeklarowanego materiału jądrowego w poszczególnych rodzajach obiektów. Projekty są opracowywane indywidualnie dla każdego państwa i powinny zawierać zalecenia dotyczące wprowadzania systemu i oceny wyników.

W zintegrowanym systemie zabezpieczeń przewidziano zmniejszenie niektórych działań weryfikacyjnych, wprowadzając między innymi inspekcje niezapowiedziane oraz losowy wybór kontrolowanych obiektów. Przy wprowadzaniu systemu uzgadniane są odpowiednie procedury między danym państwem i MAEA.

Warunki wprowadzania zintegrowanego systemu zabezpieczeń

Rosnące nakłady finansowe na utrzymanie systemu zabezpieczeń przy wzrastającej ilości materiału jądrowego oraz szybki postęp technologiczny, umożliwiając również rozwijanie nowych technik nielegalnego pozyskiwania materiałów jądrowych, wymuszają wprowadzenie zmian w systemie zabezpieczeń. Celem zmian jest zwiększenie skuteczności systemu oraz lepsze wykorzystanie środków finansowych i technicznych. Jednym z elementów osiągnięcia tego celu jest zmniejszenie działań rutynowych przez wprowadzenie działań kompleksowych dających sumaryczny wynik wszystkich działań kontrolnych w obiekcie i państwie. Rolę tę ma spełniać zintegrowany system zabezpieczeń.

Warunkiem wprowadzenia zintegrowanego systemu zabezpieczeń jest terminowe wypełnienie wymagań zawartych w Umowie o zabezpieczeniach wszechstronnych i Protokole dodatkowym. Na tej podstawie MAEA uzyskuje pewność, że w państwie sygnatariuszu NPT nie doszło do działań niezgodnych z deklaracjami, a wszelkie niejasności i niezgodności zostaną wyjaśnione. W przypadkach spornych MAEA uzyska dostęp do wszelkich lokalizacji materiałów jądrowych na zasadzie wyboru i możliwość sprawdzenia nieobecności niezadeklarowanego materiału jądrowego i działań, a także potwierdzenia wycofania z eksploatacji wszelkich obiektów i urządzeń jądrowych.

W trakcie całego stopniowego wprowadzania zintegrowanego systemu zabezpieczeń MAEA nie może utracić ciągłości informacji o materiałach jądrowych oraz związanych z nimi działań i musi mieć możliwość wielostronnej weryfikacji uzyskiwanych danych, a także wyjaśniania niezgodności. W przypadku utraty jakiegokolwiek informacji konieczne jest natychmiastowe uruchomienie działań naprawczych, dostosowanych do powstałej sytuacji, włącznie z zaprzestaniem wprowadzenia systemu i powrotem do metod tradycyjnych, ale z uwzględnieniem Protokołu dodatkowego.

Na zakończenie procesu wprowadzania systemu zintegrowanego przygotowany jest dokument końcowy, w którym określone są wzajemne zobowiązania państwa i MAEA, ustalona hierarchia lokalizacji, w których wykorzystywany jest materiał jądrowy i do których powinien być zapewniony dostęp uzupełniający w celu potwierdzenia deklaracji. W zależności od potrzeby uzgodnienia końcowe mogą być modyfikowane.

Opracowanie zintegrowanego systemu zabezpieczeń dla wybranego obiektu

Podjęcie decyzji o wprowadzeniu zintegrowanego systemu zabezpieczeń do wybranego obiektu wiąże się z koniecznością weryfikacji i modyfikacji obowiązującego w nim projektu systemu zabezpieczeń.

Dotyczy to przede wszystkim wyboru miar systemu zabezpieczeń i dostosowania systemu do obowiązujących aktualnie kryteriów zabezpieczeń (*Safeguards Criteria*). Kryteria zabezpieczeń określają opracowywany na bieżąco (nowelizowany okresowo) zestaw działań niezbędnych do wypełnienia wymagań Traktatu NPT. Kryteria są opracowywane dla każdego rodzaju obiektu, w którym są wykorzystywane materiały jądrowe. Wypełnienie wymagań zdefiniowanych w kryteriach umożliwia ocenę efektywności systemu zabezpieczeń.

Projekt zintegrowanego systemu zabezpieczeń powinien uwzględniać możliwość usunięcia niezadeklarowanego materiału jądrowego z obiektu lub wykorzystanie obiektu do produkcji bądź przerobu niezadeklarowanego materiału. Projekt powinien obejmować **analizę dróg przesunięcia** materiału i **ocenę ilości** materiału jądrowego, która może być przesunięta w określonej jednostce czasu. Przesunięcie 1 SQ lub więcej w czasie krótszym od okresu bilansu materiałowego jest uważane za **przesunięcie nagłe**. Okres bilansu materiałowego jest czasem pomiędzy dwoma spisami z natury.

Przesunięcie 1 SQ lub więcej dokonywane stopniowo w czasie przekraczającym okres bilansu materiałowego jest uważane za **przesunięcie przewlekłe**. SQ (*Significant Quantity*) – znacząca ilość – przybliżona ilość materiału rozszczepialnego, dla której nie można wykluczyć prawdopodobieństwa budowy jądrowego urządzenia wybuchowego z zastosowaniem różnych metod przetwarzania materiału. Przy opracowywaniu kryteriów rozpatrywane są różne hipotetyczne scenariusze nielegalnego pozyskiwania materiału jądrowego.

Wprowadzanie zintegrowanego systemu zabezpieczeń dla wybranych obiektów

Wprowadzanie zintegrowanego systemu zabezpieczeń rozpoczęto od rozszerzenia zakresu inspekcji. W latach 1991–1993 MAEA postanowiła wprowadzić obowiązkowe sprawdzanie informacji projektowej (*Design information*). Jest to podstawowy dokument zawierający informacje dotyczące zabezpieczeń materiału jądrowego i jego wykorzystania w obiekcie. W informacji projektowej muszą się znajdować informacje identyfikujące obiekt: jego charakterystyka ogólna, położenie geograficzne, adresy urzędowe, postać, ilość, rozmieszczenie i przepływ materiału jądrowego, plan obiektu z uwzględnieniem elementów, w których materiał jest wytwarzany lub przetwarzany,

elementów związanych z ewidencją materiału, stosowanego zamykania (plombowania) i nadzoru, opis procedur ewidencji i przeprowadzania spisu z natury, pomiarów, rejonów bilansu materiałowego oraz konstrukcji obiektu jądrowego, poczynając od etapu projektowego do zakończenia budowy i oczywiście dalszego okresowego sprawdzania wszystkich wprowadzanych zmian konstrukcji, aż do likwidacji obiektu. Nowością w tym systemie jest możliwość dobrowolnego zgłoszenia obiektów do kontroli (*Voluntary Measures*).

Jak już wspomniano, podstawą wprowadzenia zintegrowanego systemu zabezpieczeń tak jak w systemie tradycyjnym, jest ewidencja materiałów jądrowych i dokumentacja rachunkowości materiałowej. Nowy projekt przewiduje **roczny okres bilansu** materiałowego. W okresie tym kontrola dokumentacji rachunkowej będzie dokonywana, gdy obiekt zostanie wylosowany do kontroli, z zachowaniem możliwości tradycyjnego sposobu kontroli, zgodnie z aktualnie obowiązującymi kryteriami. Założono, iż we wszelkich obiektach tego samego typu we wszystkich państwach powinny obowiązywać identyczne rozwiązania, jakkolwiek możliwe jest dostosowanie wymagań do specyficznych warunków poszczególnych państw.

Zmiana okresu bilansu materiałowego ma istotny wpływ na jedną z najważniejszych miar systemu zabezpieczeń – **przewidywany czas wykrycia przesunięcia materiału** (*Timelines detection goal*). Czas wykrycia przesunięcia jest to minimalny przewidywany przedział czasu potrzebny do wykonania jądrowego urządzenia wybuchowego. Ta miara systemu zabezpieczeń jest wykorzystywana do określenia częstotliwości inspekcji i działań systemowych w obiektach i poza nimi w celu wykrycia nielegalnych przesunięć materiału. Czas międzyinspekcyjny w tradycyjnym podejściu zależy od kategorii materiału jądrowego i dostępnego w kraju poziomu technologicznego. W kryteriach systemu zabezpieczeń przyjęto, że **czas międzyinspekcyjny** powinien wynosić **trzy miesiące** i jest to okres, w którym można uzyskać z wypalonego paliwa wystarczającą ilość materiału do wytworzenia jądrowego urządzenia wybuchowego. W ocenie tego okresu uwzględniono czas konwersji, to jest czas potrzebny do przekształcenia różnych postaci materiału jądrowego do postaci metalicznej stanowiącej podstawowy element jądrowego urządzenia wybuchowego. Nie obejmuje on czasu potrzebnego do transportu i montażu urządzenia. Zwiększona możliwość wykrywania przez MAEA niedeklarowanego materiału jądrowego lub związanej z nim działalności pozwoliła **wydłużyć ten okres do jednego roku**, co jednocześnie pokrywa się z okresem bilansu materiałowego. W niektórych elektrowniach używane jest paliwo typu MOX będące mieszaniną tlenków uranu i plutonu. Ze względu na to, że to świeże paliwo zawiera podstawowe pierwiastki używane w jądrowych urządzeniach wybuchowych, jest ono objęte szczególną ochroną i kontrolą. Świeże paliwo MOX powinno być przecho-

wywane do czasu wymiany paliwa w reaktorze z użyciem specjalnego systemu plombowania. Po użyciu **paliwo MOX** powinno być kontrolowane z założeniem **czasu wykrycia przesunięcia trzy miesiące**.

Przygotowania do wprowadzenia **inspekcji niezapowiadanych** rozpoczęto od wprowadzenia inspekcji **tzw. nieplanowanych, zapowiadanych w czasie trwania inspekcji rutynowej**. Takie inspekcje niezapowiadane były stosowane na szeroką skalę w krajach, gdzie była konieczność zwiększenia kontroli materiałów jądrowych i związanych nimi działań. Inspekcja niezapowiadana jest przeprowadzana w zintegrowanym systemie zabezpieczeń w wybranym losowo przez MAEA obiekcie. Powiadomienie o zamierzonej inspekcji jest wysyłane do krajowego nadzoru systemu ewidencji i kontroli materiałów jądrowych (SSAC) po przyjeździe inspektora do danego państwa. Częstotliwość inspekcji jest uzależniona od wielu czynników sugerujących użycie materiałów jądrowych w innych celach niż deklarowane przez państwo. Zakres weryfikacji materiałów, rodzaj użytej aparatury pomiarowej nie są znane operatorowi. Zaplanowana nieprzewidywalność inspekcji ma celu powstrzymanie przed działaniami niezgodnymi z zawartym porozumieniem.

Efektywność takiego systemu kontroli wymaga, by cele inspekcji przeprowadzone w dowolnym momencie zostały osiągnięte, by inspekcja rozpoczęła się w wymaganym terminie po jej zapowiedzi i była przygotowana w tajemnicy przed operatorem. Spełnienie tych warunków może być czasem utrudnione i mogą być potrzebne dodatkowe uzgodnienia. Zintegrowany system zabezpieczeń nie wyklucza przeprowadzania inspekcji zapowiadanych. Mogą być one konieczne w celu wyjaśnienia wątpliwości powstałych w wyniku ewaluacji danych zebranych przez MAEA lub po wykonaniu zmian w obiekcie mogących mieć wpływ na działania związane z materiałem jądrowym. Opracowywana jest również specjalna procedura kontroli paliwa typu MOX.

Bardzo ważną miarą systemu zabezpieczeń są **urządzenia obserwacyjno-rejestrujące**, umożliwiające wykrycie przemieszczeń materiału jądrowego, potwierdzenia deklaracji o dostawach paliwa lub innych działań, np. manipulacji przy urządzeniach MAEA, usuwaniu plomb. Rozmieszczenie kamer pozwala śledzić wszystkie istotne z punktu widzenia systemu zabezpieczeń obszary obiektu. Przy tradycyjnym stosowaniu urządzeń dane zbierane były przez cały okres międzyinspekcyjny. Zapisane informacje po zakończeniu inspekcji były ewaluowane w siedzibie MAEA lub w biurze regionalnym. Wymagało to częstych inspekcji i wymiany nośników informacji, co przy zainstalowaniu kilku systemów rejestrujących w obiekcie znacznie podnosiło koszty kontroli. W zintegrowanym systemie zabezpieczeń kamery umieszczane są tylko w najistotniejszych punktach i zapis informacji przebiega w sposób ciągły bez wymiany nośnika. Odczyt informacji dokonywany jest w trakcie inspekcji. Sprawdzany jest zapis ostatnich

kilku dni. Przy losowym wyborze obiektów kontroli i zbieraniu całościowej informacji o działaniach w obiekcie w dalszym ciągu zostaje zachowana możliwość wykrycia nieuprawnionych działań. Dodatkowym wzmocnieniem zintegrowanego systemu zabezpieczeń jest **wprowadzenie zdalnego monitoringu** (systemu obserwacyjno-rejestrującego) pracującego w sposób ciągły z możliwością jednoczesnej transmisji rejestrowanych obrazów poprzez łącza satelitarne do siedziby MAEA oraz do jej biur regionalnych. Wykorzystanie tego rozwiązania jest szczególnie istotne przy przeładunku rdzenia lub przetransportowywaniu wypalonego paliwa z basenu, w połączeniu z inspekcjami niezapowiadany. Zdalny monitoring jest wykorzystywany w obiektach związanych z produkcją i przerobem paliwa.

Obecnie zintegrowany system zabezpieczeń jest wprowadzany w obiektach, których rutynowe działania są ustalone i niezmiennie, a używany materiał jądrowy jest w postaci elementów policzalnych (sztuk). Są to przede wszystkim reaktory energetyczne, reaktory badawcze, zestawy krytyczne i przechowalniki wypalonego paliwa.

W tabeli przedstawiono wyniki działań inspekcyjnych MAEA po kilku latach stopniowego wprowadzania zintegrowanego systemu zabezpieczeń. W ciągu czterech lat nastąpił wzrost ilości SQ materiału jądrowego o 8,8% przy wzroście liczby inspekcji o 7,9% i wydłużeniu czasu ich trwania tylko o 1,5%.

Tabela 1. Działanie Departamentu Zabezpieczeń MAEA

Rok	SQ	D ₂ O	Liczba obiektów	Liczba inspekcji	Czas inspekcji [dni]
2012	183 767	431	692	1962	11 859
2013	188 500	431	699	1969	11 777
2014	193 167	432	704	2114	12 734
2015	200 110	431	709	2118	13 734

Do Traktatu NPT przystąpiło dotychczas 181 państw. Zintegrowany system zabezpieczeń obowiązuje obecnie w 121 państwach, w tym w Polsce.

Po uzyskaniu większego doświadczenia w praktycznym działaniu zintegrowanego systemu zabezpieczeń przewiduje się jego rozszerzenie na krajowe systemy ewidencji i kontroli materiałów jądrowych (SSAC). Zwiększenie skuteczności i efektywności systemu zabezpieczeń należy osiągnąć, wykorzystując wszystkie dostępne środki. Rozwój systemu na poziomie krajowym jest wspomagany przez Program Wsparcia Państw Członkowskich (*Member State Support Programme – MSSP*). Celem działań jest opracowanie we współpracy z MAEA zasad wprowadzenia zintegrowanego systemu do wszystkich obiektów cyklu paliwowego na poziomie krajowym. W Departamencie Zabezpieczeń MAEA działa specjalna grupa robocza zajmująca się opracowaniem zasad działania zintegrowanego systemu zabezpieczeń na poziomie krajowym.

Notka o autorze

Dr inż. Krzysztof Rzymkowski – Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Ekologów na rzecz Energetyki Jądrowej SEREN, emerytowany Ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej.

Literatura

1. Rzymkowski K., *Międzynarodowy system zabezpieczeń przed rozprzestrzenianiem broni jądrowej Safeguards*, PTJ, 4-2007, vol. 50, z. 4.
2. Rzymkowski K., *Kontrola materiałów jądrowych*, PTJ, 2-2011, vol. 54, z. 2.
3. Jill N., *Cooley Integrated safeguards – current status of development and plans for implementation*, IAEA – SM-367/3/01.
4. IAEA, Reports 2012, 2013, 2014, 2015
<https://www.iaea.org/publications/reports>
5. IAEA, *The development of integrated safeguards*, GOV/INF/2000/4 March 2000.
6. IAEA, *The development of integrated safeguards* GOV/INF/2000/26 November.
7. IAEA, *Glossary*, 2001.

Identyfikacja i konserwacja dzieł sztuki a ochrona radiologiczna

Wojciech Głuszewski
Instytut Chemii i Technologii Jądrowych

Wprowadzenie

Dwunastego maja br. w Muzeum Archeologicznym w Warszawie odbyła się konferencja-warsztaty „Techniki nuklearne w badaniach i konserwacji zabytków”. Spotkanie odbyło się z inicjatywy Stowarzyszenia Inspektorów Ochrony Radiologicznej, Państwowego Muzeum Archeologicznego w Warszawie oraz Polskiego Towarzystwa Nukleonowego. Warsztaty objął honorowym patronatem Andrzej Przybycin – Prezes Państwowej Agencji Atomistyki. Otwarcia konferencji dokonali: Wojciech Brzeziński, Dyrektor Państwowego Muzeum Archeologicznego w Warszawie, Maria Kubicka, Prezes Stowarzyszenia Inspektorów Ochrony Radiologicznej oraz Wojciech Głuszewski, Sekretarz Generalny PTN. W poszczególnych sesjach mowa była o ochronie radiologicznej, nowych technologiach, zastosowaniu promieniowania jonizującego w konserwacji obiektów zabytkowych. Głównym celem wydarzenia było zwrócenie uwagi na problem ochrony radiologicznej w kontekście urządzeń analitycznych wykorzystujących promieniowania jonizujące.

Tematyka warsztatów i zakres zastosowań technik nuklearnych

Część merytoryczną spotkania zainaugurował wykład przedstawiciela PAA, Edwarda Rabana, który ogólnie omówił problematykę dotyczącą ochrony radiologicznej w kontekście jądrowych metod analitycznych. Następnie wygłoszono wykłady i przeprowadzono debaty na następujące tematy:

- Nuklearne techniki w konserwacji i identyfikacji dzieł sztuki;
- Które urządzenia stosowane w identyfikacji dzieł sztuki wymagają IOR?¹;

- Historia zastosowania promieniowania rentgenowskiego w analityce i identyfikacji dzieł sztuki;
- Zastosowanie radiografii w muzealnictwie;
- Zasady dozymetrii promieniowania jonizującego – metody pomiarowe;
- Obrazowanie rentgenowskie i neutronowe w służbie archeologii;
- Zastosowanie technik rentgenowskich do badań zabytków archeologicznych.

W warsztatach wzięły udział osoby odpowiedzialne za dziedzictwo kulturowe oraz geolodzy korzystający z technik jądrowych. Konferencja odbyła się w budynku, który jest zabytkiem historycznym – to Arsenał Królewski znany z powstania listopadowego (1830 r.) oraz słynnej akcji pod Arsenalem², kiedy to harcerze z Polski Podziemnej uwolnili z rąk gestapo swego druha „Rudego” (Janka Bytnara) oraz innych więźniów przewożonych z Pawiaka do siedziby gestapo na Szucha. W tym miejscu kręcony był film fabularny o tym zdarzeniu.

Najczęściej problematyka nuklearnych technik w **identyfikacji i konserwacji** obiektów o znaczeniu historycznym omawiana jest na wspólnych konferencjach. Jednak w praktyce różnica jest zasadnicza. Techniki analityczne, służące identyfikacji, mają ugruntowaną pozycję i są stosowane powszechnie z dużym sukcesem komercyjnym. Inaczej jest z technikami radiacyjnymi służącymi konserwacji, które nadal mają zwolenników i przeciwników. Pierwsza publikacja podsumowująca światowe doświadczenia w tej dziedzinie ukaże się dopiero w tym roku z inicjatywy Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej. Niżej omówiono pokrótce najważniejsze dziedziny analityki i konserwacji obiektów mających znaczenie historyczne, w których zastosowano techniki jądrowe.

Techniki jądrowe ze względu na wysoką czułość zajmują znaczącą pozycję, przede wszystkim – w identyfikacji dzieł

¹ Dyskutowano, przy stosowaniu jakich technik i jakich urządzeń potrzebny jest nadzór Inspektora Ochrony Radiologicznej.

² W marcu 1943 r., podczas okupacji Polski przez hitlerowskie Niemcy.

sztuki. Metody te można ogólnie podzielić na trzy kategorie (z których pierwsze dwie dotyczą właśnie identyfikacji).

Pierwsza obejmuje wszystkie **techniki radiograficzne**, takiej jak: rentgenografia, kseroradiografia, tomografia komputerowa, autoradiografia indukowana neutronami termicznymi, autoelektronografia indukowana promieniami X, gammaradiografia i neutronografia. Dają one możliwość uzyskania informacji o wewnętrznej budowie obiektu, nie wymagają pobierania próbek i w tym sensie są metodami niedestrukcyjnymi. Informacje te stanowią często podstawowe dane o całym obiekcie, które mogą być uzupełniane wynikami badań przeprowadzonych innymi metodami.

Do drugiej kategorii zaliczają się wszystkie **metody analityczne** stosujące techniki jądrowe, **które pozwalają oznaczać pierwiastki śladowe** znajdujące się w badanych obiektach. Umożliwia to identyfikację źródła obiektu przez obserwację podobieństw w składzie chemicznym z założeniem, że materiały tego samego rodzaju, ale pochodzące z różnych źródeł, powinny mieć inną zawartość pierwiastków śladowych. Stężenie tych pierwiastków (tzw. *finger print* – „odcisk palca”) w danym obiekcie zależy nie tylko od miejsca pobrania materiału, lecz również od procesu technologicznego stosowanego przy jego wytworzeniu. Do tego celu stosuje się głównie dwie metody: **neutronową analizę aktywacyjną** oraz **rentgenowską analizę fluorescencyjną**. Inną metodą, która pozwala ocenić źródło pochodzenia materiałów, jest **analiza stosunków izotopowych** izotopów stabilnych, obecnych w materiale artystycznym i w domniemanym jego surowcu wyjściowym.

Trzecią kategorią są **radiacyjne metody konserwacji** obiektów o znaczeniu historycznym. W celu dezynsekcji, dezynfekcji i konsolidacji radiacyjnej wykorzystuje się promieniowanie gamma, promieniowanie hamowania oraz wiązki elektronów.



Widok instalacji radiacyjnej promieniowania gamma. Na stole ekspozycyjnym poddane konsolidacji radiacyjnej.

Przykłady jądrowych technik identyfikacji i konserwacji dzieł sztuki

Rentgenografia

Rentgenogram może ujawnić zmiany kompozycyjne obrazu, jeżeli zostały one wykonane farbami zawierającymi pigmenty pochłaniające promieniowanie X, takimi jak: żółta cynowo-ołowiowa, cynober, biel ołowiowa itp. Rejestruje również stan zachowania dzieła dzięki odmiennej absorpcji materiałów oryginalnych i wtórnych [2]. Jednak w przypadku wystąpienia w malowidle bieli ołowiowej w zaprawie, a zdarza się to często, zdjęcie rentgenowskie nie dostarcza żadnej informacji o cienkich warstwach słabo absorbujących promienie X.

Tomografia komputerowa

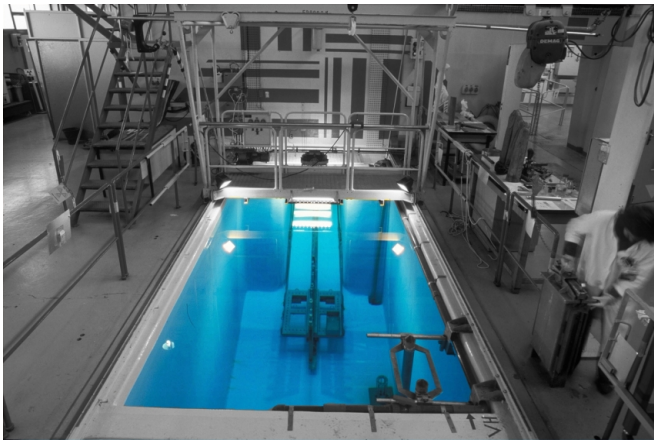
Komputerowa tomografia „rtg” jest metodą badawczą pozwalającą na otrzymanie obrazu rozkładu absorpcji przekroju poprzecznego obiektu. Na podstawie zbioru ciągów sygnałów detektorów i z zastosowaniem odpowiedniego algorytmu możliwe jest odtworzenie kształtu przekroju (plastra) obiektu, przez który przechodziła wiązka, oraz odtworzenie rozkładu absorpcji promieniowania w płaszczyźnie plastra. Metoda ta daje szczególne korzyści w przypadku obiektów przestrzennych, np. rzeźb, gdzie „klasyczne prześwietlenie” daje obraz sumaryczny często nieczytelny i trudny do interpretacji. W Polsce metodę tę zastosowano w Akademii Sztuk Pięknych (ASP) w Krakowie do badania rozkładu materiału impregnującego w strukturze rzeźby.

Gammaradiografia

Promieniowanie gamma wykorzystuje się do badania *in situ* dużych obiektów, takich jak rzeźba monumentalna z kamienia czy metalu, stiuk. Jako źródło promieniowania gamma najszerze zastosowanie znalazły wzbudzone jądra $^{137}\text{Ba}^*$ i $^{60}\text{Ni}^*$, produkty rozpadu ^{137}Cs i ^{60}Co , o energii promieniowania odpowiednio 661 oraz 1173 i 1333 keV.

Autoradiografia indukowana neutronami termicznymi

Metoda ta polega na napromieniowaniu obrazu wiązką neutronów termicznych w reaktorze jądrowym, co powoduje przekształcenie się pierwiastków w izotopy emitujące promieniowanie beta i gamma. Promieniowanie to rejestruje się na kliszach rentgenowskich, naświetlając je w określonych odstępach czasu. Badania uzupełnia się pomiarami spektrometrycznymi promieniowania gamma emitowanego przez radioizotopy obecne w pigmentach użytych przez artystę. Autoradiografia neutronowa jest niedestrukcyjną metodą stosowaną w badaniach obrazów. Pozwala stwierdzić obecność i lokalizację kilkunastu pierwiastków wchodzących w skład pigmentów i spoiw malar-



Basen z wodą o głębokości 8 m, w którym przechowywane są źródła promieniowania gamma.



Wnętrze komory do napromieniowania można oglądać przez wizjer wykonany ze specjalnego gatunku szkła.

skich, dzięki czemu można ustalić rodzaj użytych farb i odczytać na autoradiogramie przebieg pędzla w głębszych, niewidocznych warstwach malowidła. Uzupełnia ona nowymi informacjami bardzo skąpe w treści zdjęcia rentgenowskie.

Neutronowa analiza aktywacyjna

Metoda analizy aktywacyjnej jest jedną ze współczesnych instrumentalnych metod analitycznych. Stała się ona od 1950 roku ważną techniką stosowaną rutynowo w setkach laboratoriów do analizy pierwiastków śladowych na poziomie ppm i mniejszym w szerokim zakresie materiałów. W latach pięćdziesiątych nie było technik, które mogłyby z nią konkurować. Dzisiaj są dostępne inne metody o podobnej czułości. Jednak neutronowa analiza aktywacyjna INAA (*Instrumental Neutron Activation Analysis*) ciągle oferuje nowe możliwości dzięki rozwojowi elektro-

niki, a tym samym stosowaniu coraz to nowszych rozwiązań aparaturowych. Prowadzi to do zwiększenia precyzji, dokładności i wykrywalności. Podstawowe zasady analizy aktywacyjnej są względnie proste. Skład pierwiastkowy próbki (jakościowy i ilościowy) oznacza się poprzez napromieniowanie badanej próbki neutronami termicznymi w reaktorze jądrowym, w wyniku czego powstają radioaktywne izotopy pierwiastków obecnych w próbce. Radioizotopy te mogą być identyfikowane na podstawie właściwości emitowanego promieniowania gamma, takich jak: energia, natężenie oraz półokres rozpadu charakterystyczny dla każdego radioizotopu. Badanie charakterystycznych widm promieniowania gamma emitowanego przez radioizotopy przeprowadza się metodą analizy spektrometrycznej.

Rentgenowska analiza fluorescencyjna

Rentgenowska analiza fluorescencyjna XRF (*X-Ray Fluorescence*) jest metodą niedestrukcyjną przeprowadzaną *in situ* i ze względu na technikę pomiaru z powodzeniem może być stosowana do oznaczania składu pierwiastkowego badanych obiektów. Metoda ta jest oparta na wzbudzeniu charakterystycznego promieniowania pierwiastków za pomocą źródeł radioizotopowych lub lampy rentgenowskiej. Rejestrację widma promieniowania charakterystycznego przeprowadza się za pomocą zestawu spektrometrycznego z detektorem półprzewodnikowym Si(Li) w zakresie energii od 2 do 25 keV oraz planarnym detektorem HPGe w zakresie energii powyżej 25 keV. Metoda ta może być stosowana do:

- analizy powierzchniowej służącej identyfikacji pigmentów;
- analizy objętościowej – oznaczania pierwiastków śladowych, jako geochemicznych wskaźników służących do określania pochodzenia danego obiektu (szkło, próbki geologiczne, papier, monety, metale, rzeźby, klejnoty).

Ponadto istnieje możliwość wykonywania niedestrukcyjnych analiz przenośnymi (mobilnymi) przyrządami. Jednocześnie można oznaczyć około 20 pierwiastków. XRF podobnie jak INAA jest od dawna wykorzystywana w badaniu dzieł sztuki i przedmiotów pochodzenia archeologicznego. Jest stosowana głównie w tych przypadkach, gdzie pobieranie próbek jest niemożliwe ze względu na charakter obiektu lub też gdy rodzaj materiału, z którego jest wykonany, wyklucza zastosowanie INAA. Obecnie w badaniu dzieł sztuki oprócz najprostszej fluorescencji rentgenowskiej znalazły zastosowanie również bardziej zaawansowane odmiany tej techniki, takie jak: TXRF³, mikro-XRF⁴, PIXE⁵, RBS, SEM-EDX⁶ czy EPMA⁷.

³ Fluorescencja rtg całkowitego odbicia – TXRF (*Total -reflection X-Ray Fluorescence*).

⁴ Mikrofluorescencja rtg – micro-XRF (*micro X-Ray Fluorescence*).

⁵ Emisja promieniowania X wywołana wiązką jonów/protonów – PIXE (*Proton Induced X-ray Emission*).

⁶ Analiza rozpraszania energii promieniowania X metodami mikroskopii elektronowej SEM/EDX (*Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-ray analysis*).

⁷ Mikroanaliza badania elektronów EPMA (*Electron Probe Micro-Analysis*).



Pionowa instalacja próżniowa do osuszania wyrobów przed procesem konsolidacji radiacyjnej.

O wzroście zainteresowania tą techniką wśród historyków sztuki i archeologów świadczy wydanie jubileuszowego numeru „X-Ray Spectrometry”, który w całości jest poświęcony zastosowaniom XRF w badaniu dzieł sztuki i archeologii.

Stosunki izotopowe izotopów stabilnych

Dla historyka sztuki, a także dla archeologa ważna jest znajomość źródeł pochodzenia materiałów występujących w obiektach. Pomocnym wskaźnikiem jest stężenie pierwiastków śladowych oraz stosunki izotopowe. Ponieważ materiały pochodzące z różnych źródeł mają różną historię geologiczną, dlatego możliwe jest znalezienie relacji pomiędzy przedmiotami zawierającymi dany materiał a miejscem jego wydobywania. Stosunki izotopowe w obrębie jednego złoża są mniej więcej stałe. Dzieje się tak, ponieważ stężenie każdego izotopu w stosunku do pozostałych kształtuje się w momencie geologicznych narodzin złoża. Natomiast stosunki te są różne dla złóż pochodzących z różnych epok geologicznych. Najszersze zastosowanie znalazła metoda oznaczania stosunków izotopowych ołowiu w monetach, brązach, szklach i w takich pigmentach, jak żółta cynowo-ołowiowa oraz biel ołowiowa.



Drewniana rzeźba umieszczana w komorze próżniowej.

Radiacyjna dezynsekcja i dezynfekcja

Problematyka wykorzystania promieniowania jonizującego do konserwacji obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego jest nadal aktualna mimo obszernej literatury naukowej na ten temat. Zbadano i opisano radiolizę najważniejszych z tego punktu widzenia materiałów (drewno, skóra, papier, pigmenty, tkaniny, szkło, metal itd.), zebrano informacje na temat rekomendowanych dawek pochłoniętych promieniowania i ewentualnych ograniczeń w stosowaniu obróbki radiacyjnej. Osoby odpowiedzialne za obiekty muzealne po zapoznaniu się z tematem przyznają, że radiacyjna dezynsekcja i dezynfekcja to interesujące alternatywy dla tradycyjnych metod walki z bakteriami, pleśniami i insektami. Pozostaje jednak zwykle małe „ale”, które powoduje, że bardzo rzadko w naszym kraju wykorzystuje się w konserwacji dzieł sztuki promieniowanie jonizujące. Decydująca jest kwestia niewielkich zmian, jakie w materiale może powodować obróbka radiacyjna. Muzealnicy szukają idealnych metod, które pozostawią obiekt w stanie niezmienionym. Można oczywiście zrozumieć taki punkt widzenia. Problem w tym, że również metody chemiczne powodują podobne zmiany. Najczęściej stosowany tlenek etylenu (EtO) jest bardzo reaktywnym związkiem chemicznym i modyfikuje powierzchnię materiałów. Podkreślam – powierzchnię, gdyż w odróżnieniu od promieniowania jonizującego metody chemiczne nie wyjąłwiają całej objętości obiektu. Pomijam kwestie szkodliwości metod gazowych dla samych konserwatorów. Tlenek etylenu jest toksyczny i kancerogenny, a z wodą tworzy wodzian, który przechodzi następnie w glikol etylenowy. W obecności związków chloru może powstać niezwykle trująca etylenochlorohydryna. Obydwa wymienione produkty jako związki stałe nie dają się usunąć razem z tlenkiem etylenu. Prawdziwy problem powstaje, gdy zagrożone są bardzo duże zbiory obiektów o znaczeniu historycznym. Przykładem mogą być kolekcje książek i dokumentów liczące niekiedy kilkadziesiąt tysięcy sztuk lub zbiory muzeów martyrologii. Zdarza się, że duża liczba artefaktów musi być natychmiast poddana wyjąłowieniu, aby móc bezpiecznie dokonać dalszych czynności konserwatorskich. W praktyce bardzo trudno w tym celu wykorzystać tradycyjne metody i czas zaczyna decydować o tym, czy uda się uratować zagrożone obiekty. Uszkodzenia wywołane przez insekty lub pleśń w okresie kiedy planujemy zabiegi konserwatorskie, są niekiedy nieporównanie większe niż potencjalne zmiany w wyniku radiacyjnej dezynsekcji i dezynfekcji. Bakterie obecne często w artefaktach mogą być niebezpieczne również dla konserwatorów i ewentualnie zwiedzających muzea. Warto więc wyeliminować nawet czysto hipotetyczne zagrożenie zarażenia np. bakteriami węglikami.

Radiacyjna konsolidacja – ostatnia deska ratunku w konserwacji obiektów o znaczeniu historycznym

Zdarza się często, że przedmiot o znaczeniu historycznym lub jego fragment znajdujemy w tak złym stanie, iż jedynym sposobem uratowania go jest zastosowanie tzw. metody konsolidacji. Proces ten polega na wprowadzeniu do struktury drewna roztworu polimeru, który następnie



Mamut w źródle do napromieniowania. Ekipa zabezpieczyła się przed zakażeniem bakteriologicznym.



Obiekt drewniany po nasączeniu roztworem polimeru w monomerze umieszczany w komorze do napromieniowania.

pod wpływem promieniowania jonizującego jest sieciowany. We Francji stosuje się w tym celu np. roztwory poliesteru w styrenie. W wyniku obróbki radiacyjnej w materiale polimerowym powstają wiązania poprzeczne. W efekcie następuje radykalne polepszenie właściwości mechanicznych obiektu z zachowaniem jego kształtu i wyglądu. Inaczej mówiąc, spróchniałe i rozpadające się praktycznie drewno zostaje zamienione w swego rodzaju kompozyt celulozy, ligniny i tworzywa sztucznego. Przezroczysty materiał polimerowy daje gwarancję, że obiekt nic nie traci wizualnie. Oglądając zbiory w muzeum, nie zwrócimy nawet uwagi, że eksponat poddano tak gruntownemu zabiegowi konserwatorskiemu. Jak trwały jest przedmiot po takim zabiegu, niech świadczy fakt, że technikę konsolidacji stosuje się komercyjnie do produkcji parkietów podłogowych. Można w ten sposób oczywiście konserwować również posadzki o znaczeniu historycznym. Klepki otrzymane poprzez konsolidację nie wymagają lakierowania, są odporne na działanie wody, stosunkowo wysokiej temperatury i posiadają znacznie podwyższoną w porównaniu do drewna mikrotwardość. Nie ma obawy, że np. niedopałek papierosa uszkodzi parkiet lub kobiety w szpilkach zniszczą podłogę.

Wracając do obiektów zabytkowych, technika konsolidacji sprawdziła się znakomicie, np. w konserwacji mebli, które dobrze wyglądają po takim zabiegu. Oczywiście polimery również ulegają degradacji głównie w wyniku działania tlenu atmosferycznego i promieniowania słonecznego. Pozostaje kwestią otwartą, jaki czas użytkowania tak zakonserwowanych mebli jest do zaakceptowania. Należałoby, jak sądzę, podjąć w tej dziedzinie odpowiednie badania naukowe we współpracy ze specjalistami od konserwacji zabytków. Przy okazji można zwrócić uwagę, że stare meble często wcześniej poddaje się rekonstrukcji. Uzupełnia się ubytki i nadaje im pierwotny wygląd. Można zadać pytanie: ile procent oryginalnego wyrobu powinno być zachowane, aby nadal formalnie traktować obiekt jako zabytkowy. Mogłoby się oczywiście zdarzyć i tak, że z jednego np. krzesła zrobimy komplet czterech z 25% wkładem oryginalnego wyrobu w każdym. Są to jednak już problemy antykwariatów i kupujących za spore pieniądze antyczne wyroby. Konserwatorzy zabytków mają również dylemat, czy poddany konsolidacji obiekt ma nadal taką samą historyczną wartość. Koronnym argumentem przemawiającym za techniką radiacyjną jest nadal fakt, że bez tych zabiegów wielu obiektów nie udałoby się uratować w ogóle.

Ośrodek w Grenoble, z którym współpracuje IChiTJ, ma naprawdę duże sukcesy w ratowaniu za pomocą konsolidacji historycznych obiektów, zwłaszcza fragmentów starych okrętów i statków wydobytych z morza. Okazuje się, że woda morska zupełnie dobrze konserwuje drewno, które jednak po wyjęciu na powietrze i wysuszeniu szybko by się rozsypało. Metoda konsolidacji jest tu, jeżeli tak można powiedzieć, ostatnią deską ratunku. Proces konserwacji takich cennych obiektów jest bardzo czasochłonny. Elementy drewniane, niekiedy bardzo duże, inkubuje się w komorach o odpowiedniej wilgotności, następnie w żmudnym procesie wypiera zawartą w drewnie wodę i zastępuje ją rozpuszczalnikiem organicznym, a potem roztworem polietylenu w glikolu. Na fotografiach pokazano przykłady obiektów, które zostały w ten sposób zakonserwowane.



Komora próżniowa NucleArt w Grenoble.



Konserwacja tzw. mokrego drewna.

Łatwo sobie wyobrazić, jak duże problemy inżynierskie należy pokonać, aby zabezpieczyć tak okazałe wyroby. Nie są to już działania hobbistyczne, ale naprawdę profesjonalna produkcja na dużą skalę. Pracownicy tego laboratorium zajmują się najcenniejszymi zabytkami z całego świata, przyjmując zlecenia z różnych krajów. Wśród zatrudnionych tam pracowników spotkaliśmy m.in. panią konserwator z Polski, która wykonuje prace wstępne, przygotowujące obiekty do konserwacji poprzez konsolidację. Laboratorium Grenoble dysponuje profesjonalnymi urządzeniami próżniowymi do wykonania impregnacji. Po takim zabiegu proces napromieniowania może być wykonany w naszym kraju lub na miejscu za pomocą promieniowania gamma.

Podsumowanie

Warsztaty były ciekawym pomysłem, aby przybliżyć tematykę badania zabytków, ale także zagrożeń radiacyjnych związanych ze stosowaniem nuklearnych urządzeń anali-

tycznych i łączących się z tym wymagań w zakresie bezpieczeństwa i ochrony radiologicznej. Ta wiedza wprawdzie jest domeną specjalistów, ale podstawy powinni znać także studenci historii, archeologii, paleontologii i innych kierunków, na których studiują przyszli badacze świata, ginącego we mgłach dalekiej przeszłości. To przecież metoda rozpadu węgla ^{14}C pozwoliła znacznie precyzyjniej niż dotychczas badać zabytki, fragmenty organiczne i inne przedmioty, co do których trwały spory o czas ich pochodzenia.

Mamy nadzieję, że konferencja ta zainicjuje cykliczne spotkania środowiska osób odpowiedzialnych za dziedzictwo kulturowe oraz geologów korzystających z technik jądrowych.

Poniżej kilka publikacji, z których korzystał autor, przygotowując relację z warsztatów.

Notka o autorze

Dr inż. Wojciech Głuszewski – adiunkt w Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Chemik radiacyjny. Obecnie zajmuje się problematyką radiacyjnej modyfikacji tworzyw polimerowych. Specjalista w zakresie technologii radiacyjnych i dozymetrii promieniowania jonizującego. Interesuje się zagadnieniami wykorzystania technik jądrowych w identyfikacji i konserwacji obiektów o znaczeniu historycznym. Członek Zarządu Głównego Polskiego Towarzystwa Nukleonowego.

Literatura

1. Pańczyk E., IAEA Radiation Technology Series No. 2, Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research, IAEA 2011, 17–37.
2. Głuszewski W., *Features of radiation conservation of high collections of objects about of historical interest*, Journal of Heritage Conservation, 2015, 41, 84–91 (13).
3. Głuszewski W., Zagórski Z.P., Tran Q.K., Cortella L., *Maria Skłodowska-Curie – the precursor of radiation sterilization methods*. Analytical and Bioanalytical Chemistry 2011; 400:1577–1582.

Szanowni Czytelnicy

Zachęcamy do współtworzenia biuletynu
Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna.
Zapraszamy do przesyłania na adres biuletyn@paa.gov.pl
propozycji tematów artykułów, które chcieliby
Państwo opublikować w biuletynie.

Szczegółowe informacje dla autorów na stronach PAA.

Państwowa Agencja Atomistyki
ul. Krucza 36, 00-522 Warszawa
www.paa.gov.pl