



BEZPIECZEŃSTWO  
JĄDROWE  
I OCHRONA  
RADIOLÓGICZNA

10/91

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE i OCHRONA RADIOLOGICZNA

---

BIULETYN INFORMACYJNY

Nr 10 — 1991  
Warszawa

## Spis treści

1. A. Zmysłowski: *Składowanie odpadów promieniotwórczych nisko- i średnioaktywnych* . . . . .
2. T. Musiałowicz: *Działalność normalizacyjna w dziedzinie ochrony radiologicznej* . . . . .
3. E.T. Józefowicz: *Misja pre-OSART w elektrowni jądrowej Gaung-dong w Chinach* . . . . .
4. M. Lenard: *Centralny Program Badawczo-Rozwojowy CPBR — 5.10 „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna”, w latach 1988–1990* . . . . .
5. J. Art: *Autonomiczne czujki dymu* . . . . .
6. J. Skotniczny: *Zakład zlikwidowany, a gdzie są izotopy?* . . . . .
7. D.L. Ray: *Kto przemawia w imieniu nauki? Opinia publiczna zbyt często ulega wpływowi niewłaściwych sądów* . . . . .
8. W. Dąbek: *Wypadek w Saragossie — Hiszpania* . . . . .

**Janusz Art** — mgr inż., absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej, długoletni pracownik Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, kierownik Pracowni Ekspertyz, zastępca kierownika Zakładu Kontroli CLOR oraz Ośrodka Dyspozycyjnego Służby Awaryjnej; specjalista ochrony radiologicznej, obecnie na emeryturze, 1/2 etatu w Dozorze Jądrowym.

**Wacław Dąbek** — doc. mgr inż., absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej, od 1968 r. zastępca dyrektora do spraw energetyki jądrowej w Instytucie Badań Jądrowych. W latach 1975–1980 pracuje w Wiedniu w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej jako jeden z sekretarzy naukowych w Programie Nuclear Safety Standards, od 1983 r. zastępca dyrektora Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, po utworzeniu Państwowego Dozoru Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej zostaje powołany na stanowisko Głównego Inspektora Jądrowego, specjalista inżynierii reaktorowej i bezpieczeństwa jądrowego.

**Edward T. Józefowicz** — doc. dr hab. inż., absolwent Wydziału Chemicznego Politechniki Łódzkiej (chemia jądrowa); wieloletni pracownik Instytutu Badań Jądrowych w Świerku, kierownik Pracowni Statyki Reaktorów w IBJ; od 1984 r. w Zespole Dozoru Jądrowego w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej; od 1991 — przewodniczący Rady Naukowej w Instytucie Energii Atomowej w Świerku; specjalista fizyki reaktorowej, starszy inspektor dozoru jądrowego.

**Marian Lenard** — mgr inż., absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Warszawskiej; wieloletni pracownik Instytutu Badań Jądrowych w pionie Energetyki, a następnie w Zakładzie Eksploatacji Reaktorów; od 1984 r. w Zespole Dozoru Jądrowego w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej; starszy inspektor dozoru jądrowego; na emeryturze, 1/2 etatu w Dozorze Jądrowym.

**Tadeusz Musiałowicz** — doc. mgr inż., absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej. Współzałożyciel Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej; wieloletni kierownik Działu Kontroli Zakładów i Działu Narażenia Zewnętrznego, członek i przewodniczący Komisji Bezpieczeństwa Jądrowego byłego Urzędu Energii Atomowej. Do 1981 r. — współautor większości przepisów i norm w zakresie ochrony radiologicznej w Polsce; współautor przepisów IAEA; Basic Safety Standards, Transport of Radioactive Materials i Personnel Monitoring; współpracownik Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO/TC85/SC-2 i SC-4); członek Stałej Grupy Doradczej d/s Przewozu Materiałów Promieniotwórczych w IAEA (SAGSTRAM), członek Amerykańskiego Towarzystwa Ochrony Radiologicznej (Health Physics Society). W latach 1981–88 pracuje w Wiedniu w IAEA w Departamencie Zabezpieczeń Materiałów Jądrowych. Od 1989 r. na emeryturze — 1/3 etatu w CLOR.

**Dixy Lee Ray** — uczona amerykańska, była przewodnicząca Komisji Energii Atomowej w USA, była gubernator stanu Waszyngton, USA; ciesząc się uznaniem licznych organizacji naukowych i społecznych, w 1973 r. została wyróżniona Medalem Pokoju ONZ.

**Janusz Skotniczny** — inż., absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej; kierownik Pracowni Inspekcji w Zakładzie Kontroli w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej, kierownik Ośrodka Dyspozycyjnego Służby Awaryjnej (ODSA); specjalista ochrony radiologicznej.

**Arkadiusz Zmysłowski** — mgr inż., absolwent Wydziału Mechanicznego, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej, b. dyrektor Głównego Inspektoratu Dozoru Jądrowego w Państwowej Agencji Atomistyki, specjalista bezpieczeństwa w energetyce jądrowej, obecnie na emeryturze.

**Autor omawia zasady klasyfikacji odpadów promieniotwórczych oraz sposoby składowania odpadów nisko- i średnioaktywnych, stosowane w niektórych krajach; przedstawia również problemy związane z przygotowaniem odpadów do składowania, z punktu widzenia ochrony radiologicznej.**

Arkadiusz Zmysłowski

# SKŁADOWANIE ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH NISKO- I ŚREDNIO- AKTYWNYCH

## I. Wstęp

Jeżeli do odpadów promieniotwórczych z elektrowni jądrowych zaliczyć wypalone paliwa, to ilość odpadów, głównie nisko- i średnioaktywnych, powstających podczas eksploatacji elektrowni jądrowej, które należy unieszkodliwić i składować, wynosi objętościowo około 95%, ale ich aktywność całkowita jest równa zaledwie około 1% całej aktywności powstającej w reaktorze. Wypalone paliwo zawiera około 99% aktywności, głównie w produktach rozszczepienia.

Zasady gospodarki odpadami promieniotwórczymi zależą od aktywności odpadów i zawartości w nich długożyciowych radionuklidów. Podstawową zasadą w przypadku odpadów krótkożyciowych jest możliwie wczesne ich skierowanie na stałe składowisko, bez składowania przejściowego. Składowanie przejściowe nie daje w tym przypadku istotnych korzyści. Dla paliwa wypalonego i innych długożyciowych radionuklidów wskazane jest przejściowe składowanie

nie w okresie 30–40 lat. W tym czasie aktywność i wydzielanie ciepła powinno zmniejszyć się około 10 razy, co jest korzystne dla ostatecznego składowania.

Składowanie odpadów nisko- i średnioaktywnych krótkożyciowych odbywa się w niektórych krajach (USA, Francja, W. Brytania) w płytkich składowiskach ziemnych. Odpady wysokoaktywne są składowane z zasady w głębokich strukturach geologicznych.

## II. Klasyfikacja; kategorie odpadów promieniotwórczych

Podstawą ogólnej klasyfikacji odpadów promieniotwórczych jest ich aktywność właściwa. Dla odpadów ciekłych nisko- i średnioaktywnych Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej MAEA [1] postuluje następującą klasyfikację (patrz tab. 1).

Tabela 1

Kategoria	Aktywność ( $m^{-3}$ ) mieszane $\beta$ i $\gamma$ emitery <sup>1)</sup>	Uwagi
Niskoaktywne	< 37 kBq (< 1 $\mu$ Ci)	Nie wymagany przerób, odprowadzane po pomiarach kontrolnych
	37 kBq–37 MBq (1 $\mu$ Ci–1 mCi)	Przerabiane; nie wymagane osłanianie
Średnioaktywne	37 MBq–3,7 GBq (1 mCi–100 mCi)	Przerabiane; możliwa konieczność osłaniania zależnie od składu izotopowego
	3,7 GBq–370 TBq (100 mCi–10 kCi)	Przerabiane; konieczne osłanianie we wszystkich przypadkach

<sup>1)</sup> Stężenie emiterów alfa jest pominięte.

Wg normy radzieckiej [2] :  
Dla ciekłych odpadów (tab. 2)

Tabela 2

Kategoria	Aktywność ( $m^{-3}$ )
Niskoaktywne	< 370 MBq (< 10 mCi)
Średnioaktywne	370 MBq–37 TBq (10 mCi–kCi)
Wysokoaktywne	37 TBq i powyżej ( $\geq$ kCi)

Wg normy polskiej PN-74/J-01003 (patrz tab. 3)

Tabela 3

Kategoria	Aktywność ( $m^{-3}$ )
Niskoaktywne	< 370 MBq (< 10 mCi)
Średnioaktywne	370 MBq–37 TBq (10 mCi–kCi)
Wysokoaktywne	37 TBq i powyżej ( $>$ kCi)

Wg obecnie obowiązującego Zarządzenia Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki [6] klasyfikacja odpadów ciekłych, stałych i gazowych powiązana jest z wielkościami ALI (rocznych dopuszczalnych wchłoneń radionuklidów dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie). Klasyfikacja

ta jest podobna, jeśli chodzi o kategorie z tym, że granice odpadów nisko-, średnio- i wysokoaktywnych są ukształtowane niżej.

Klasyfikacja odpadów wg aktywności właściwej ma istotne znaczenie dla postępowania podczas ich zbierania, przerobu, przejściowego składowania i transportu, ponieważ od niej zależą wymagania dla osłon przed promieniowaniem jonizującym.

Dla stałego składowania odpadów radioaktywnych również ważnym parametrem jest ich czas życia. Z tego punktu widzenia, MAEA zaleca następującą klasyfikację [3] (patrz tab. 4).

Kategorie IV i V mogą być, wg MAEA, przechowywane w płytkich składowiskach podziemnych lub naziemnych (shallow-land disposal). W składowiskach tego typu mogą być również przechowywane, za zgodą organu nadzoru, odpady kategorii III (np. zanieczyszczone substancjami promieniotwórczymi rękawice, ubrania, papier itp.), jeżeli składowiska te są wyposażone w odpowiednie bariery.

Podziały odpadów na kategorie, z punktu widzenia ich składowania nie są w różnych krajach ściśle zgodne z klasyfikacją MAEA, niemniej są do niej zbliżone. W opracowaniu MAEA [4] są podane

Tabela 4

Kategoria odpadów	Istotne cechy odpadów
I. Wysokoaktywne, długożyciowe	Wysokie promieniowanie beta-gamma, znacząca energia promieniowania alfa, wysoka radiotoksyczność, wysokie wydzielanie ciepła.
II. Średnioaktywne, długożyciowe	Średnia energia promieniowania beta-gamma, znacząca energia promieniowania alfa, średnia radiotoksyczność. Małe wytwarzanie ciepła.
III. Niskoaktywne, długożyciowe	Niska energia promieniowania beta-gamma, znacząca energia promieniowania alfa. Niska średnia radiotoksyczność. Nieznaczące wytwarzanie ciepła.
IV. Średnioaktywne krótkożyciowe	Średnia energia promieniowania beta-gamma. Nieznacząca energia promieniowania alfa. Średnia radiotoksyczność. Małe wytwarzanie ciepła.
V. Niskoaktywne krótkożyciowe	Niska energia promieniowania beta-gamma. Nieznacząca energia promieniowania alfa. Niska radiotoksyczność. Nieznaczące wytwarzanie ciepła.

przykłady klasyfikacji stosowanych w USA i ZSRR. Wg tych informacji w ZSRR stosowane są następujące wymagania:

- 1) odpady zawierające tylko krótkożyciowe radionuklidy ( $T_{1/2} < 60$  dni) są przetrzymywane w miejscu ich powstawania w celu znaczącego wygaśnięcia ich aktywności,
- 2) odpady zawierające średniożyciowe radionuklidy ( $60 < T_{1/2} < 30$  lat) mogą być składowane w płytkich składowiskach podziemnych lub naziemnych (shallow-ground disposal),
- 3) odpady długożyciowe zawierające radionuklidy z okresem półrozpadu  $T_{1/2} > 30$  lat są składowane w kawernach skalnych lub głębokich formacjach geologicznych.

We Francji, gdzie praktyka naziemnego składowania odpadów jest stosowana od wielu lat (od 1969 r. w Centre de la Manche), do składowania w tego rodzaju składowiskach dopuszcza się odpady nisko- i średnioaktywne, zawierające krótkożyciowe radionuklidy z okresem półrozpadu  $T_{1/2} <$  kilka dekad ( $\sim 30$  lat) i nie znaczącą ilość emiterów alfa, których limity są określone w analizach bezpieczeństwa. Dodatkowym warunkiem jest, aby odpady te nie wytwarzały znaczących ilości ciepła. W składzie takich odpadów mogą znajdować się Cs-137; Sr-90; Co-60; Fe-55.

W Wielkiej Brytanii, gdzie również od wielu lat składowane są nisko- i średnioaktywne odpady w składowiskach typu „shallow-land disposal” (w miejscowości Drigg) obowiązuje podział odpadów, ze względu na ich składowanie, na 5 kategorii:

- 1) Bardzo niskoaktywne, pochodzące z przemysłu jądrowego, szpitali, uniwersytetów, instytutów itd., które mogą być składowane bezpiecznie z minimalną kontrolą lub bez niej;
- 2) Odpady z tych samych źródeł, jak w pkt. 1, ale głównie z elektrowni jądrowych i zakładów przerobu paliwa, zawierające nieznaczną ilość emiterów alfa;
- 3) Odpady zanieczyszczone plutonem z zakładów przerobu paliwa i przetwarzania plutonu; normalnie o niskiej  $\beta/\gamma$  aktywności;
- 4) Wsady wymienników jonowych, osady z filtrów i koncentraty z procesów obróbki ścieków, charakteryzujące się  $\beta/\gamma$  aktywnością o szerokim zakresie, ale zwykle z małą zawartością emiterów alfa lub bez nich;
- 5) Odpady o wysokiej aktywności (komponenty reaktorów, koszulki elementów paliwowych itd.), zawierające zwykle znaczne ilości emiterów alfa.

Stosuje się ogólną zasadę, wg której odpady kategorii 2 są składowane w „shallow-land” składowiskach; a niektóre odpady kategorii 3 i 4 były zatapiane. Odpady kategorii 5 są przechowywane w składowis-

kach przejściowych (brak decyzji ich ostatecznego składowania).

Ogólne wymagania dla odpadów promieniotwórczych w USA określa przepis „Nuclear Waste Policy Act” z 1982 r. Klasyfikacja odpadów wprowadzona w 1984 r. przez Departament Energii Stanów Zjednoczonych (U.S. Department of Energy-DOE) obejmuje 8 kategorii odpadów:

- 1) Odpady przerobu rud uranowych,
- 2) Wypalone paliwo,
- 3) Transuranowce (Aktynowce),
- 4) Wysokoaktywne,
- 5) Niskoaktywne,
- 6) Odpady z działalności konserwacyjno-zabezpieczającej (Remedial Action)
- 7) Odpady z likwidacji urządzeń jądrowych (Decommissioning),
- 8) Odpady lotne (usuwane do atmosfery).

W tej klasyfikacji nie wyróżnia się odpadów średnioaktywnych. Wyjaśniają to definicje odpadów wysoko- i niskoaktywnych.

Wg „Nuclear Waste Policy Act” z 1982 r. do odpadów wysokoaktywnych zalicza się wysokoaktywne materiały, powstające przy przerobie wypalonego paliwa, w tym odpady ciekłe powstające bezpośrednio w procesie przerobu, oraz dowolne stałe materiały uzyskane z odpadów w procesie przerobu, oraz dowolne stałe materiały uzyskane z odpadów ciekłych, zawierające produkty rozszczepienia o znaczącym stężeniu; również inne wysokoaktywne materiały, które uzna U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)\* za wymagające stałego odizolowania — zgodnie z obowiązującymi przepisami. Ta definicja pozostawia dość dużą swobodę interpretacyjną dla NRC w procesie licencjonowania przedsięwzięć związanych ze składowaniem odpadów.

Odpady niskoaktywne są zdefiniowane w „Low-Level Radioactive Waste Policy Act” z 1980 r. Akt ten został znowelizowany w 1985 r. przez przepis pod nazwą „Low-Level Radioactive Waste Policy Amendments Act of 1985” — podpisany przez prezydenta jako „Public Law 99-240”. Według tych aktów, odpadami radioaktywnymi są odpady, które nie zostały zaliczone do kategorii odpadów wysokoaktywnych, transuranowych, wypalonego paliwa oraz odpadów z przerobu rud uranowych i torowych. W wydanych przez NRC w 1983 r. przepisach „10 CFR Part 61” pod nazwą „Wymagania licencyjne dla powierzchniowego składowania odpadów radioaktywnych” (Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste) przewidziano dodatkowo 3 kategorie odpadów niskoaktywnych, zależnie od ich aktywności właściwej. Przepisy te nie uwzględniają składowania

\* Amerykański Dozór Jądrowy.

odpadów, należących do kompetencji DOE (Department of Energy), co jest uregulowane odpowiednią instrukcją DOE.

Ponadto obowiązują przepisy szczegółowe dotyczące lokalizacji składowisk (10 CFR 960) oraz właściwości poszczególnych komponentów systemów barier składowisk (10 CFR 60).

Zaliczenie wypalonego paliwa do odpadów promieniotwórczych jest wyrazem tendencji do nie przetwarzania paliwa z elektrowni jądrowych w USA, dla której impulsem była decyzja prezydenta USA w tej sprawie w 1977 r.

### III. Praktyka płytkiego składowania odpadów promieniotwórczych w niektórych krajach

#### 1) Wielka Brytania:

Polityka postępowania z odpadami promieniotwórczymi w W. Brytanii jest następująca:

- odpady ciekłe i gazowe, po ich rozpuszczeniu odprowadzane są do środowiska; wymagane w tym przypadku jest zezwolenie odpowiedniej władzy,
- odpady niskoaktywne stałe odprowadzane są do składowisk w formie rowów powierzchniowych w miejscowości Drigg; wymagane jest zezwolenie odpowiedniej władzy,
- popierane jest zatapianie odpadów o wyższej aktywności w morzu (sea dumping),
- podejmowane są kroki w celu rozszerzenia naziemnego składowania odpadów, które nie przewidziane są do składowania w Drigg.

Składowisko w Drigg, o powierzchni około 100 hektarów, zlokalizowane jest w odległości około 6 km na południo-zachód od Windscale i około 1 km od brzegu morza. Odpady składowane są w rowach o szerokości około 25 m i głębokości około 8 m. Długość rowów — do 700 m. Rowy po wypełnieniu odpadami są zasypywane zagęszczoną ziemią. Podłoże rowów jest skalne (red sand stone), zawierające zanieczyszczenia polodowcowe (piasek, glinę, iły i żwir). Woda powierzchniowa jest zbierana w kanałach, położonych wzdłuż składowiska i następnie odprowadzana do pobliskiej rzeki. Do składowiska w Drigg odprowadzane jest rocznie  $10^5$  m<sup>3</sup> odpadów. Bieżący koszt składowania około 20 Funt./m<sup>3</sup> odpadów. Odpady nie nadające się do składowania w Drigg są nieprzerabiane, lecz składowane przejściowo w zbiornikach lub „vaults”. Głównie są to średnioaktywne szlasy, masy wymienników jonowych, metalowe komponenty reaktorów.

Dla odpadów składowanych w Drigg obowiązują limity aktywności: 20 mCi/m<sup>3</sup> — promieniowania alfa

i 60 mCi/m<sup>3</sup> promieniowania beta. Powierzchniowa moc dawki  $\beta/\gamma$  nie może przekraczać 0,75 rad/h.

Składowisko Drigg jest własnością „British Nuclear Fuels Ltd”. Zatapianie odpadów jest nadzorowane przez UK AEA. Koszty składowania odpadów ponoszą producenci odpadów.

#### 2) Kanada:

Największe składowisko odpadów, czynne od 1974 r. jest zlokalizowane przy elektrowni jądrowej Bruce NPD. Składowisko to przyjmuje ok. 3000 m<sup>3</sup>/rok nisko- i średnioaktywnych odpadów z eksploatowanych 5 reaktorów ciężkowodnych tej elektrowni i z 4 reaktorów elektrowni jądrowej Pickering A, znajdującej się w odległości ok. 250 km. Aktywność odpadów dochodzi do 35 mCi/kg (1,36 GBq/kg) — głównie z mas wymienników jonowych. Do tej wartości nie jest wliczona aktywność C-14, która może wynosić do 8 GBq/kg (200 mCi/kg).

Składowisko ma kilka rodzajów betonowych przechowalników, zależnie od aktywności odpadów. Odpady bez osłon (w workach polietylenowych) są składowane w rowach wykładanych betonem. Bardziej aktywne odpady (np. masy jonitowe) są składowane w pionowych wodoszczelnych kanałach betonowych, z otworami na poziomie ziemi. Rowy i kanały są umieszczone nad poziomem wody gruntowej i wyposażone w system drenaży do kontroli ewentualnych przecieków. Jest tendencja, aby nowe składowiska budować nad poziomem ziemi. Byłyby to budynki z betonu sprężonego, umożliwiające zmniejszenie kosztów składowania (3x) oraz zużycia terenu (10x).

Przy EJ Gentilly, ze względu na wysoki poziom wody gruntowej składowisko znajduje się na nasypanych ziemnych. Podobnie w EJ Leprean bunkry składowiska znajdują się nad poziomem ziemi — na skałach.

Ważnym czynnikiem w wyborze rodzaju składowiska i jego konstrukcji jest charakterystyka aktywnościowa odpadów i czas życia zawartych w nich radionuklidów. Z tego względu istotne znaczenie ma segregacja odpadów. Jeśli nie stosuje się segregacji, to konstrukcja składowiska musi być dostosowana do radionuklidów najbardziej aktywnych i o najdłuższym czasie życia.

#### 3. Stany Zjednoczone:

W USA jest około 16 składowisk odpadów typu „shallow-land”. Sześć spośród nich należy do tzw. składowisk handlowych i służy głównie do składowania odpadów z elektrowni jądrowych. W pozostałych składowiskach przechowywane są odpady z realizacji programów państwowych; należą one do kompetencji DOE. Trzy składowiska handlowe zo-

stały wyłączone z eksploatacji w latach siedemdziesiątych. Odpady z pierwszych elektrowni jądrowych były składowane w rowach naziemnych (shallow-trenches) lub po zestaleniu w cemencie zatapiane w morzu. Od tego ostatniego sposobu odstąpiono. Do 1970 r. w procedurach składowania nie była wymagana segregacja odpadów (oddzielenie np. TRU — odpadów zawierających radionuklidy transuranowców od odpadów niskoaktywnych). Suche odpady były zbierane w pojemnikach i wysyłane do składowiska, a mokre (koncentraty powyparne, szlasy z filtrów, zużyte masy jonitowe) były przechowywane na miejscu w elektrowni przez kilka lat do czasu ich „wystudzenia”, w stopniu pozwalającym na skierowanie ich do składowiska. Obecnie ok. 50% objętości odpadów przewożonych do składowisk pochodzi z około 70 elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi. Za bardzo istotny problem w przygotowaniu odpadów do składowania uważa się zmniejszenie ich objętości.

Eksploatowane składowisko „shallow-land” w Richland (stan Washington) ma rowy o długości ok. 250 m, szerokości 42 m i głębokości 13 m. Układanie odpadów w rowach odbywa się mechanicznie warstwami (kramy), zależnie od ich aktywności. Najczęściej stosowanym opakowaniem są beczki stalowe.

Główną przyczyną zamknięcia 3 składowisk było wnikanie wody powierzchniowej (np. z deszczu) do rowów z odpadami, jej zanieczyszczanie się radionuklidami i migracja poza obszar składowiska. Z prac, mających na celu zabezpieczenie zamkniętych składowisk (odizolowanie ich od środowiska) wynikają następujące niniejsze wnioski:

- zasadniczym problemem jest zabezpieczenie składowiska przed penetracją wody, tak w okresie jego eksploatacji, jak i likwidacji (decommissioning),
- dla każdego składowiska musi być z góry opracowany plan likwidacji,
- konieczny jest szczególny nadzór nad składowiskiem do czasu ustabilizowania się miejsc składowania (rowów),
- likwidacja składowiska jest procesem skomplikowanym i kosztownym,
- koszty likwidacji składowiska powinny być uwzględnione w kosztach składowania odpadów.

Do 1970 r., w procedurach składowania odpadów niskoaktywnych nie przewidywano oddzielania od nich aktywności (TRU). W związku z tym znaczna ilość odpadów kierowanych do „shallow-land” składowisk zawierała długożyciowe emitory promieniowania alfa. Ocenia się, że w 8 składowiskach DOE złożono około 273.000 m<sup>3</sup> odpadów zawierających około 1.000 kg aktywności. Podobnie w składowiskach handlowych (z wyjątkiem „Barnwell”) znalazło się około 133 kg aktywności, w całkowitej objętości około 413.000 m<sup>3</sup> odpadów niskoaktywnych.

Początkowo ze składowania w składowiskach typu „shallow-land” wykluczono odpady zawierające aktywność o aktywności właściwej powyżej 100 nCi/g, ale obecnie wartość ta została zmniejszona do 10 nCi/g (370 Bq/g).

#### 4. Francja:

W 1979 r. powołano we Francji w ramach CEA instytucję pod nazwą „l'Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs” — ANDRA. Jest ona odpowiedzialna za gospodarkę odpadami promieniotwórczymi, a głównie za:

- planowanie, lokalizowanie i budowę wieloletnich centrów składowania odpadów,
- eksploatację tych centrów,
- opracowanie i kontrolę warunków technicznych dla opakowań i składowania odpadów,
- koordynację działalności badawczej w dziedzinie odpadów promieniotwórczych.

Pierwsze składowisko odpadów typu „shallow-land” jest eksploatowane od 1969 r.; znajduje się ono w północno-zachodniej części Francji w pobliżu zakładów przerobu paliwa wypalonego „La Hague” i nosi nazwę „Centre de la Manche”.

W składowiskach odpadów typu „shallow-land” stosowane są dwa rozwiązania techniczne:

- 1) składowanie odpadów w rowach, wykopanych pod poziomem ziemi,
- 2) składowanie w kopcach, usypywanych na podłożu betonowym lub bitumicznym ponad poziomem ziemi.

Według francuskich przepisów bezpieczeństwa, średnioaktywne odpady muszą być składowane w składowiskach z obudową betonową. Zgodnie z tym wymaganiem, rowy na odpady są wykonywane pod poziomem ziemi, ale powyżej poziomu wody gruntowej i wykładane w dolnej swej części warstwą betonu. Po załadowaniu każdej warstwy odpadów (kontenerów) jest ona zalewana betonem. Po całkowitym wypełnieniu rowu, jest on od góry dokładnie uszczelniany i pokrywany warstwą z masy bitumicznej. Warstwa ta tworzy szczelne podłoże dla formowanego na niej kopca z następnej grupy odpadów.

Dla odpadów, które ze względu na poziom ich promieniowania mogą być obsługiwane bezpośrednio (ręcznie), są budowane duże rowy. Odpady o wyższym poziomie promieniowania są transportowane do składowiska w osłanianych kontenerach i umieszczane w węższych rowach (o szerokości mniejszej od 2,0 m). Rowy z tymi odpadami są również zalewane betonem.

Do składowania w kopcach są akceptowane dwa rodzaje odpadów:

- 1) Odpady, które mogą być zaliczone do odpadów niskoaktywnych; ich aktywność właściwa w opakowaniu powinna być 1.000 razy większa od

maksymalnej dopuszczalnej aktywności właściwej wody pitnej dla ludności. W tym przypadku nie jest wymagane zalewanie odpadów betonem.

2) Odpady, których opakowanie zapewnia ich wyizolowanie, w stopniu odpowiadającym izolacji otoczenia, uzyskiwanej w wybetonowanych rowach. Temu warunkowi odpowiadają odpady w dużych blokach betonowych, których zbrojone ścianki betonowe mają grubość 10, 20 lub 30 cm. Znajdujące się w tych blokach odpady mogą być zestawione w betonie lub żywicach. Te duże bloki są wykorzystywane do formowania ścian, między którymi są umieszczone odpady w beczkach lub boksach stalowych.

Wokół rowów lub posadzek są wykonane rynny, w których zbierana jest woda deszczowa w celu stwierdzenia ewentualnych nieszczelności składowisk. Obecnie w składowisku „Centre de la Manche” składowanych jest 220.000 m<sup>3</sup> odpadów, przy całkowitej jego pojemności 400.000 m<sup>3</sup>.

Koszty składowania, którymi ANDRA obciąża producentów odpadów, wg danych z 1981 r. wynoszą od 300 do 1.000 USD/m<sup>2</sup>, zależnie od sposobu składowania.

#### IV. Zasady i wymagania płytkiego składowania odpadów

Podstawowym celem jest zapewnienie ochrony personelu obsługi składowiska i ludności od narażenia radiologicznego, jakie mogłoby wystąpić podczas normalnej eksploatacji i w sytuacjach anormalnych.

Dla osiągnięcia tego celu konieczne jest wyizolowanie składowych odpadów od biosfery na tak długi okres, aż ich aktywność spadnie do poziomu, przy którym potencjalne ryzyko zagrożenia będzie mogło być uznane za pomijalnie małe, w każdej możliwej sytuacji. Ocenia się, że okres ten wynosi nie więcej jak kilkadziesiąt lat.

W analizach wyboru miejsca i konstrukcji składowiska odpadów najbardziej istotnymi czynnikami są:

- 1) Korzyść ze zmniejszenia aktywności,
- 2) Ryzyko interwencji człowieka oraz migracji wody,
- 3) Czas zachowania efektywnego działania barier składowiska (sztucznych),
- 4) Całkowity koszt eksploatacji.

Ponieważ odpady są składowane w postaci zestawionej i charakteryzują się bardzo małą dyspersyjnością, to ich składowiska są wewnętrznie pasywne. Jedynym zagrożeniem dla ich integralności może być człowiek lub woda. Zabezpieczenie przed interwencją

człowieka wymaga stałego nadzoru składowiska przez właściwy organ państwowy i to przez okres ponad 200–300 lat. Zabezpieczenie przed wodą jest rozwiązywane w różny sposób, ale praktycznie są możliwe dwa warianty:

- 1) Wybór lokalizacji składowiska w obszarze trudnym i wykorzystanie naturalnych właściwości składowiska,
- 2) Wykonanie składowiska z wodo-szczelnymi barierami. W tym przypadku właściwości środowiska są mniej istotne. Składowisko może być zlokalizowane prawie wszędzie.

We Francji np. przyjmowany jest wariant 2 z zastosowaniem wielokrotnych barier i bez szczególnych wymagań dla miejsca lokalizacji składowiska. Wg opinii amerykańskiej, ze względu na kłopotliwe doświadczenia, związane z zamknięciem trzech składowisk, zalecenia na przyszłość są bardziej ostrożne. Uważa się, że budowę składowisk dla niskoaktywnych odpadów typu „shallow-land” należy traktować jako rozwiązanie pierwszoplanowe, ale na terenach o odpowiednich właściwościach.

Wymagania dla barier przed penetracją wody (Francja) są następujące:

— Dla barier ochraniających przed wodą opadawą (deszczową):

- 1) Złożone odpady powinny być pokryte warstwą z nisko przepuszczalnego materiału — np. gliny, ze sprawnym systemem drenaży i pokryte ziemią.
  - 2) Materiał wypełniający złożone odpady powinien być wodoszczelny,
  - 3) Odpowiednią — szczelną i trwałą konstrukcję powinny mieć opakowania odpadów,
  - 4) Postać składowanych odpadów powinna charakteryzować się niskim wskaźnikiem ługowalności.
- Dla barier ochraniających przed wodą gruntową:

- 1) Między spodem składowiska, a poziomem wody gruntowej powinna być warstwa suchej ziemi,
- 2) Szczelne dno składowiska powinno być wykonane z betonu lub warstwy bitumicznej.
- 3) Należy stosować właściwy materiał wypełniający i odpowiednią postać (fizyczną i chemiczną) odpadów.

#### V. Wymagania ochrony radiologicznej

Narażenie radiologiczne od odpadów promieniotwórczych znajdujących się w stałych składowiskach musi mieścić się w granicach dopuszczalnych, przyjmowanych dla elektrowni jądrowych, z tą różnicą, że w przypadku składowisk warunek ten obowiązuje dla składowisk zamkniętych, a podczas ich eksploatacji

do rejonu znajdującego się poza kontrolowanym obszarem składowiska.

Regulacje prawne, dotyczące wymagań licencyjnych w zakresie płytkiego składowania odpadów (shallow-land burial facilities) zostały określone w USA w 1983 r. przez NRC (Nuclear Regulatory Commission) w akcie 10 CFR 61 (Licensing Requirements for Land Disposal of Radioactive Waste). W innych krajach wymaga się, aby poziom promieniowania w rejonie składowiska odpowiadał wartości dopuszczalnym, przyjętym dla ludności, w warunkach normalnie eksploatowanych elektrowni jądrowych.

W praktyce NRC przyjmuje się, że efektywny równoważnik dawki na całe ciało dla składowisk odpadów nie powinien być większy niż 0,25 mSv/rok (25 mrem/rok). Jest to wartość mniejsza od granicznego efektywnego równoważnika dawki (1 mSv/rok), określonego zarządzeniem Prezesa PAA z dnia 31.03.88 r. [10], dla osób zamieszkałych lub przebywających w ogólnie dostępnym otoczeniu źródeł promieniowania jonizującego. Podobną wartość graniczną stosują inne kraje (np. W. Brytania), ale są przyjmowane również wyższe wartości (np. w RFN 0,3 mSv/rok). W krajach skandynawskich [8] obowiązuje zasada, że dawka indywidualna, z wyjątkiem mało prawdopodobnych zdarzeń awaryjnych, powinna być mniejsza niż 0,1 mSv/rok. Dopuszczalne wartości dawek są określone w procesie licencjonowania dla danej konkretnej sytuacji, zwykle jako niższe od dawek granicznych.

Dawka 1 mSv/rok odpowiada ryzyku zachorowań na nowotwory 10<sup>-5</sup>/rok. Wg NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements — USA) oraz NEA (The Nuclear Energy Agency — USA) wartość ryzyka 10<sup>-5</sup> może być uznana za bezpieczną i odpowiada ryzyku, jakie ponosi ludność USA w wyniku narażenia na naturalne promieniowanie jonizujące środowiska.

Przyjmowanie przez NRC dla składowisk dawki maksymalnej 0,25 mSv/rok oznacza tendencję do zmniejszenia ryzyka, w granicach 10<sup>-5</sup>–10<sup>-6</sup>. Ryzyko rzędu 10<sup>-7</sup> (10 μSv/rok) uważane za pomijalnie (negligible risk level), chociaż rzeczywiste dawki populacyjne w USA od normalnej eksploatacji elektrowni jądrowych odpowiadają temu ryzyku.

Z punktu widzenia zagrożeń radiologicznych, składowiska naziemne odpadów nisko- i średnioaktywnych odróżnia się od tzw. składowisk sanitarnych (sanitary landfill), do których odprowadzane są odpady o bardzo małej aktywności (ubrania, szmaty, materiały pakowe itp.). Przy ograniczeniu dla tych składowisk aktywności właściwej odpadów do 1 pCi/g, ekspozycja indywidualna populacji będzie mniejsza od 0,01 mSv/rok (1 mrem/rok) na całe ciało.

#### VI. Wymagania dla pojemników odpadów transportowanych do składowisk

Podstawowym celem stosowania pojemników odpadów jest zapewnienie ich opakowania i w pewnym stopniu osłonięcie od promieniowania odpadów podczas ich obsługi technicznej, transportu i składowania. Konstrukcje pojemników powinny być trwałe i odporne nie tylko na działania fizyczno-mechaniczne podczas ich obsługi i składowania, lecz również na oddziaływania wewnętrzne, takie jak np. tworzenie się gazu, wzrost objętości odpadów, itd.

W praktyce stosuje się bardzo różne rodzaje pojemników, w zakresie od ciężkich pojemników osłonowych do stosunkowo lekkich opakowań skażonych przedmiotów. Według [5] dzieli się pojemniki na:

- 1) Opakowania drewniane, kartony, worki plastikowe, przeznaczone dla odpadów bardzo niskoaktywnych; ich właściwości mechaniczne są bardzo małe;
- 2) Beczki metalowe i kontenery z pokryciem zabezpieczającym lub bez pokrycia. Pojemniki te nadają się do pakowania większości stałych lub zestalonych odpadów nisko- i średnioaktywnych. Ich odporność mechaniczna i korozyjna jest dobra. Odporność korozyjna tych pojemników zależy od zastosowanych materiałów konstrukcyjnych i warunków w składowisku. Właściwości antykorozyjne mogą być zwiększone przez zastosowanie pokryć zabezpieczających — wewnątrz i zewnątrz pojemników;
- 3) Pojemniki osłonowe. Ten rodzaj pojemników jest używany do transportu odpadów średnioaktywnych. Cały pojemnik może być ustawiony w składowisku lub tylko jego wewnętrzna część (osłona wraz z odpadem). Wewnętrzna osłona jest zwykle wykonywana ze stali lub betonu i ma dobre właściwości mechaniczne oraz dobrą odporność na działanie korozji;
- 4) Pojemniki (kontenery) o wysokiej integralności. Tego rodzaju pojemniki są stosowane do pakowania odwodnionych, nisko- i średnioaktywnych osadów i zużytych mas wymienników jonowych oraz innych odpadów, dla których wymagana jest duża stabilność strukturalna opakowań. Tego rodzaju pojemniki powinny mieć bardzo dobrą odporność na działania mechaniczne i korozyjne. Są one testowane na szczelność, która powinna być gwarantowana.

Pojemniki odpadów promieniotwórczych powinny poza tym spełniać wymagania transportu materiałów niebezpiecznych i być znormalizowane pod względem kształtu i wymiarów. Powierzchnie ich powinny być czyste, nieskontaminowane. Wymaga się, aby moc

dawki na powierzchni załadowanego pojemnika nie przekraczała 2 mSv/h, a w odległości 1,0 m od powierzchni pojemnika nie była większa niż 0,1 mSv/h.

Według Z. Dlouhy [9] aktywność radionuklidów w jednym opakowaniu (pojemniku) nie powinna przekraczać  $7,4 \cdot 10^{-11}$  Bq dla emiterów beta/gamma i  $3,7 \cdot 10^7$  Bq dla emiterów alfa. W stosunku do emiterów alfa w odpadach umieszczanych w składowiskach typu „Shallow Ground” stosuje się szczególne ograniczenia. Ogólnie jest tendencja do nie przekraczania ich aktywności równej 10 nCi/g (0,37 MBq/kg), chociaż wartość ta jest w niektórych krajach przekraczana. Na przykład we Francji aktywność alfa nie może być większa niż 3,7 MBq/kg (dla składowania w „Centre de la Manche”).

Z analiz niemieckich wynika, że narażenie radiologiczne personelu obsługującego składowiska odpadów, w przypadku stosowania beczek z mocą dawki na ich powierzchni 2 mSv/h, jest zbyt duże i w związku z tym zalecany jest transport i składowanie odpadów lub blachy stalowej o większych wymiarach, mogących pomieścić kilkanaście sztuk beczek lub dużych skontaminowanych odpadów stałych. Jako główne zalety tego rodzaju pojemników podaje się:

- mniejszy (czasowy) nakład pracy na przyjęcie, manipulację i ustawianie pojemników dostarczonych do składowiska i dzięki temu znacznie mniejsze (około 10 razy) napromieniowanie personelu obsługi składowiska,
- transport, przenoszenie i układanie kontenerów w składowisku może być dokonywane za pomocą urządzeń maszynowych i pojazdów o wypróbowanej konstrukcji,
- przy układaniu kontenerów w składowisku odpadów potrzeba wypełniania wolnych przestrzeni między pojedynczymi pojemnikami, dzięki czemu zmniejsza się czas przebywania personelu obsługi w pobliżu miejsca składowania i jego ekspozycja na promieniowanie.

Ogranicza się, ze względów transportowych, ciężar kontenerów do 20 t. Według przepisów niemieckich (RFN), pojedyncze pojemniki (np. beczki) dzieli się na 2 klasy, w których określa się szczegółowe wymagania wytrzymałości i szczelności pojemników. Na przykład, od pojemników 1 klasy wymaga się aby zachowały integralność przy zderzeniach do 4 m/sek. oraz, aby w wyniku ewentualnego uszkodzenia pojemnika i dopływu do odpadów palnych powietrza (tlenu), z punktem topnienia powyżej 300°C, nie nastąpiło ich spalanie się (dopuszcza się tylko ich pirolizę).

Na podstawie ostatnich doświadczeń związanych z „puchnięciem” beczek z odpadami (wytwarzaniem się wewnątrz gazu), wymaga się, aby przy przerobie

(zestalaniu) odpadów były stosowane tylko chemicznie nieaktywne materiały matrycowe. Np. dla pojemników odpadów kierowanych do składowania w kopalni „Konrad” wymaga się, aby tworzenie się w nich gazu było mniejsze niż 1 ml/h. Z dotychczasowych pomiarów beczek z odpadami wynikało, że ilość tworzącego się w nich gazu (głównie H<sub>2</sub>) wynosiła od 1,5 do 6,3 ml/h.

Do możliwych źródeł tworzenia się gazu w odpadach zalicza się:

- 1) Radiolizę wody i innych substancji rozkładających się pod wpływem promieniowania. Efekt ten może mieć znaczenie tylko przy występowaniu wysokich dawek promieniowania i może być wykluczony w przypadku niskoaktywnych odpadów;
- 2) Korozję nieszlachetnych metali w kontakcie z kwasami i zasadami. Skutkiem tych procesów jest tworzenie się przeważnie wodoru. Charakterystyczne są przy tym reakcje z powietrzem znajdującym się w odpadach, w których wyniku tworzą się tlenki lub wodorotlenki;
- 3) Rozkład substancji organicznych w wyniku procesów fermentacji. Charakterystyczne dla tego rodzaju procesów jest tworzenie się prawie zawsze dużych ilości metanu i dwutlenku węgla;
- 4) Wzajemne oddziaływanie chemiczne, głównie substancji organicznych. W tym przypadku, wskutek powstania agresywnych związków może dochodzić do wtórnych procesów korozyjnych.

## VII. Zasady akceptacji przygotowania nisko- i średnioaktywnych odpadów do składowania

Podstawą dla kryteriów akceptacji odpadów powinna być analiza bezpieczeństwa całego systemu składowania odpadów, tj. charakterystyki miejsca (lokalizacji) i rozwiązań technicznych (projektowych) składowiska oraz formy odpadów i rodzaju ich opakowań. Zgodnie z zaleceniami MAEA [5], kryteria akceptacji odpadów powinny być następujące:

### 1. Zawartość radionuklidów.

Rodzaj i zawartość radionuklidów w pojemniku odpadów powinna być znana z taką dokładnością, aby można było ocenić te dane w porównaniu z ustalonymi limitami dla odpadów i pojemnika. Dane te powinny być udokumentowane.

Limity powinny być ustalone na podstawie specyficznych warunków składowania odpadów, wynikających z analiz bezpieczeństwa składowiska. Należy scharakteryzować odpady i stosowany dla nich pojemnik przy pomocy procedur technicznych i odpowiedniego programu zapewnienia jakości w sposób uzasadniający nie przekroczenie ustalonych limitów.

### 2. Moc dawki powierzchniowej

Moc dawki na powierzchni pojemnika powinna być taka, aby narażenie zawodowe było utrzymane na poziomie akceptowalnym (patrz: rozdział VI „Wymagania dla pojemników odpadów...”)

### 3. Kontaminacja powierzchniowa

Kontaminacja zewnętrznej powierzchni pojemników odpadów powinna być zachowana w takich granicach, aby narażenie zawodowe było utrzymane na poziomie akceptowalnym.

Wymaganie to narzuca konieczność wykonania kontroli kontaminacji pojemnika i przeprowadzenia ewentualnej dekontaminacji.

### 4. Stabilność strukturalna

Stabilność strukturalna formy odpadu lub pojemnika odpadów powinna być taka, aby narażenie zawodowe było utrzymane na poziomie akceptowalnym i były zapewnione właściwości systemu składowania.

Wymaganie to ma na celu zapewnienie fizycznej integralności formy odpadów i ich pojemnika podczas obsługi, transportu, przechowywania i składowania. Do składowania odpadów w płytkich składowiskach mogą być akceptowane tylko odpady w postaci stałej. Zasadniczymi czynnikami, mogącymi wpływać na fizyczną integralność odpadów są naprężenia termiczne, wewnętrzne i zewnętrzne ciśnienia oraz uderzenia mechaniczne. Zależą one od technologii przerobu i przygotowania odpadów do transportu i składowania oraz właściwości samego składowiska.

### 5. Ługowalność

Ługowalność odpadów powinna być taka, aby uwolnienie się radionuklidów nie przekroczyło poziomu określonego w wymaganiach dla całego systemu składowania.

Ługowalność odpadów, związana przede wszystkim z właściwościami chemicznymi i możliwością przedostawania się radionuklidów do wody gruntowej i dalej do biosfery, jest jednym z najważniejszych parametrów. Według [6] wymaga się, aby zestalone odpady niskoaktywne miały ługowalność mniejszą niż  $10^{-2}$  g · cm<sup>2</sup>/d, a odpady średnioaktywne — mniejszą niż  $10^{-3}$  g · cm<sup>2</sup>/d. Są różne metody badań (testowania) ługowalności odpadów. Opracowanie MAEA [7] wymienia cztery. W tym opracowaniu przedstawiono zakresy ługowalności dla różnych rodzajów matrycy. Wynika z nich, że dla matrycy bitumicznych ługowalność wynosi od około  $10^{-6}$  do  $10^{-3}$  gcm<sup>2</sup>/d.

### 6. Materiały powodujące korozję

Opady zawierające materiały powodujące korozję w takich ilościach, że mogą one oddziaływać na właściwości systemu składowania powinny być tak przygotowywane do składowania (przerabiane), aby zawartość w nich takich materiałów była wyeli-

minowania lub odpowiednio zmniejszona, lub też aby materiały te w procesie załadowania odpadów do pojemników (w procesie pakowania) były efektywnie odizolowane.

Zawartość w odpadach materiałów wywołujących korozję, takich jak kwasy nieorganiczne, zasady i niektóre sole, może negatywnie wpływać na integralność odpadów lub ich opakowania oraz stwarzać tym samym potencjalne niebezpieczeństwo uwalniania się radionuklidów wcześniej niż zakładano początkowo.

### 7. Skutki termiczne i radiacyjne

Odpady załadowane do pojemników, w których wydzielana energia cieplna lub radiacyjna mogłaby zagrozić właściwościom systemu składowania, nie mogą być akceptowane do składowania.

Skutki oddziaływań cieplnych i radiacyjnych, uważa się za nieistotne w przypadku odpadów niskoaktywnych zaliczanych do kategorii III i V wg MAEA. Ciepło wytwarzane w odpadach może wpływać ujemnie na stabilność strukturalną odpadów, a powodowany przez ten proces wzrost temperatury odpadów może powodować przyspieszenie korozji i ługowalności. Wpływy cieplne i radiacyjne mogą być również przyczyną wytwarzania się w odpadach gazu i dekompozycji materiału matrycowego (zmiany kształtu). Ogólnie przyjmuje się, że zintegrowana dawka promieniowania beta i gamma nie powinna przekraczać  $10^6$ – $10^8$  gray'a. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w przypadku obecności w odpadach alfa — promieniotwórczych nuklidów.

### 8. Palenie się

Właściwości palenia się odpadów przygotowanych do składowania lub ich opakowania powinny być takie, aby potencjał ich zapalenia się był tak niski, jak jest rozsądnie osiągalny.

Wiele nisko i średnioaktywnych odpadów zawiera pewną ilość materiałów organicznych, charakteryzujących się różnymi temperaturami zapłonu. Np. materiały bitumiczne mają temperaturę zapłonu — średnio ok. 400°C. Potencjalne zagrożenie spalaniem się odpadów może być znacznie ograniczone przez odpowiednią segregację odpadów na palne i niepalne oraz zastosowanie odpowiednich pojemników.

### 9. Wytwarzanie się gazu

Wytwarzanie się gazu w odpadach znajdujących się w pojemnikach, powinno być takie, aby właściwości systemu składowania nie były zagrożone.

Gas w odpadach może powstawać w wyniku procesów radiolizy, rozpadu promieniotwórczego, reakcji chemicznych między odpadami i ich matrycą oraz rozkładu materiałów organicznych. Np. dla pojemników (beczek) odpadów, które mają być składowane w b. Kopalni Konrad (RFN) wymaga się, aby tworzenie się w nich gazu było mniejsze niż 1 ml/h.

#### 10. Degradacja mikrobiologiczna

W celu kontroli degradacji mikrobiologicznej, zawartość materiałów organicznych powinna być tak ograniczona, aby właściwości systemu składowania odpadów nie były osłabione.

Reakcje mikrobiologiczne w materiale odpadów mogą powodować fizyczną i chemiczną degradację formy odpadów, a w konsekwencji zmniejszenie stabilności fizycznej składowiska i zwiększenie potencjału migracji radionuklidów. Mogą również zwiększyć mobilność radionuklidów przez wzrost ługowalności odpadów i wytwarzania się w nich gazu.

#### 11. Swobodne ciecze

Ilość swobodnych cieczy w odpadach znajdujących się w pojemnikach powinna być dostatecznie mała i taka, aby zapewnione było utrzymanie akceptowalnego poziomu narażenia zawodowego oraz nie były zagrożone właściwości systemu składowania odpadów.

Swobodna, nie związana ciecz w odpadach zwiększa potencjał migracji radionuklidów. Wg [5] potencjał ten może być zmniejszony przez odpowiednie kondycjonowanie odpadów, zastosowanie odpowiednich adsorbentów lub użycie pojemników o wysokiej integralności. Odpady w pojemnikach nie powinny zawierać więcej cieczy niż 1% całkowitej masy odpadów.

#### 12. Środki kompleksujące

Odpady zawierające środki kompleksujące powinny być przerabiane lub wprowadzane do pojemników w taki sposób, aby chronić je przed zwiększoną migracją radionuklidów.

#### 13. Materiały wybuchowe

Odpady zawierające materiały wybuchowe nie mogą być akceptowane do składowania.

#### 14. Materiały piroforyczne

Odpady zawierające materiały piroforyczne powinny być przed składowaniem przetwarzane lub kondycjonowane w taki sposób, aby wyeliminować zagrożenie przez te materiały.

Pojemniki z odpadami zawierającymi materiały piroforyczne nie mogą być akceptowane do składowania.

#### 15. Odporność na korozję

Pojemniki powinny być wykonane z materiałów o dostatecznej odporności na korozję, aby spełnione zostały wymagania dotyczące ich normalnego czasu pracy i zamierzonego użytkowania.

#### 16. Bezpieczeństwo związane z krytycznością

Zawartość dowolnego materiału rozszczepialnego

w pojemniku odpadów powinna być tak ograniczona, aby nie wystąpiły warunki krytyczne.

#### 17. Identyfikacja odpadów

Odpady w pojemniku powinny być łatwo identyfikowalne.

Konieczne są oznaczenia na pojemnikach odpadów, zawierające informację o zawartości pojemników, umożliwiające operatorowi składowiska podjęcie decyzji o ich właściwym umieszczeniu w składowisku. Rodzaj oznaczeń powinien być zgodny z odpowiednimi przepisami.

#### 18. Kształt pojemników odpadów

Pojemniki dla odpadów powinny mieć znormalizowany kształt i taki, aby był on zgodny z procedurami obsługi i składowania.

Znormalizowanie wyposażenia i procedur postępowania z odpadami zmniejsza możliwość wystąpienia zakłóceń i wypadków podczas transportu i rozmieszczenia pojemników z odpadami w składowisku.

### Literatura

1. Treatment of Low-and Intermediate-Level Liquid Radioactive Wastes. IAEA, Vienna.
2. Sanitarnye Prawila Projektowania i Eksploatacji Atomnych Elektrostancji; SP AES-79; Energoizdat, 1981.
3. Disposal of Low-and Intermediate-Level Solid Radioactive Wastes in Rock Cavities; Safety series No. 59 (IAEA, 1983).
4. Operational Experience in Shallow Ground Disposal of Radioactive Wastes; Technical Reports Series No. 253 (IAEA, 1985).
5. Acceptance Criteria for Disposal of Radioactive Wastes in Shallow Ground and Rock Cavities; Safety series No. 71 (IAEA, 1985).
6. Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 19 maja 1989 r. w sprawie zasad zaliczania odpadów do odpadów promieniotwórczych oraz ich kwalifikowania i ewidencjonowania, a także warunków ich unieszkodliwiania, przechowywania i składowania (M.P. nr 18, poz. 125).
7. Conditioning of Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes; Technical Reports Series No. 222 (IAEA, 1983).
8. Disposal of high level radioactive waste consideration of some basic criteria — A consultative document; 1989.
9. Z. Dlouhy (CSRF) Shallow Ground Disposal of Radioactive Wastes; IAEA Inter. Regional Training Course on Management of Radioactive Wastes (7.09.-2.10.1987 — Karlsruhe).
10. Zarządzenie Prezesa PAA z dnia 31 marca 1988 w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym (M.P. z 1988 nr 14 poz. 124).

#### A. Zmysłowski: Disposal of Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes.

The low-and intermediate level radioactive wastes disposal and classification in some countries are presented. Problems connected with wastes treatment and preparation to disposal from the point of radiological protection are discussed.

Podstawy prawne działalności normalizacyjnej oraz obowiązujące i opracowywane krajowe normy w zakresie ochrony radiologicznej przedstawia przewodniczący Branżowej Komisji Normalizacyjnej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Tadeusz Musiałowicz

# DZIAŁALNOŚĆ NORMALIZACYJNA W DZIEDZINIE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Działalność normalizacyjną w zakresie ochrony radiologicznej rozpoczęto w Polsce w 1958 r. w ramach Komisji Energii Jądrowej, powołanej przez Polski Komitet Normalizacyjny. Trzy lata później funkcje Komisji Energii Jądrowej przejęło Biuro Pełnomocnika Rządu d/s Wykorzystania Energii Jądrowej. Jednocześnie powołane zostały Branżowe Ośrodki Normalizacyjne (BON) — Branżowym Ośrodkiem Ochrony przed Promieniowaniem zostało Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR).

W 1984 r. prezes Państwowej Agencji Atomistyki w porozumieniu z Polskim Komitetem Normalizacji, Miar i Jakości (PKNMIJ), w oparciu o obowiązujące przepisy o normalizacji oraz potrzeby atomistyki, reguluje działalność normalizacyjną w resorcie atomistyki, wydając w tej sprawie Zarządzenie nr 11 z dnia 27 kwietnia 1984 r.

Zgodnie z zarządzeniem, działalność normalizacyjną w resorcie atomistyki prowadzą: właściwy zespół PAA w zakresie organizowania, koordynowania i nadzorowania tej działalności oraz branżowe ośrodki normalizacyjne w zakresie opracowywania i opiniowania projektów norm krajowych oraz zaleceń i innych międzynarodowych dokumentów normalizacyjnych.

Centralnemu Laboratorium powierzona zostaje funkcja Branżowego Ośrodka Normalizacyjnego Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (BON-CLOR). Tematyka BON-CLOR określona jest jako „ochrona przed promieniowaniem i bezpieczeństwo jądrowe” i obejmuje:

- zagadnienia ogólne (terminologia, klasyfikacja, jednostki i symbole),
- wymagania odnoszące się do pracowni radiologicznych oraz sprzętu i urządzeń potrzebnych przy użytkowaniu, przechowywaniu i transporcie substancji promieniotwórczych oraz unieszkodliwianiu odpadów promieniotwórczych,
- metody pomiarów mocy dawki, skażeń promieniotwórczych itp.,
- wymagania odnoszące się do obiektów jądrowych.



Dyrektor Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej powołuje Komisję Normalizacyjną jako organ opiniodawczy i doradczy Branżowego Ośrodka. Do zadań Komisji należy:

- typowanie i wnioskowanie kierunków prac normalizacyjnych,
- wnioskowanie opracowań w sprawach związanych z międzynarodową działalnością normalizacyjną,
- opiniowanie rocznych i wieloletnich planów normalizacyjnych,
- opiniowanie i przyjmowanie założeń do norm, projektów norm i zmian do norm,
- opiniowanie opracowań z zakresu międzynarodowej współpracy normalizacyjnej.

W BON-CLOR została powołana jedynie Branżowa Komisja Normalizacyjna Ochrony Radiologicznej; w jej skład wchodzi specjalistów: Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej, Państwowej Agencji Atomistyki, Instytutu Energii Atomowej, Instytutu Problemów Jądrowych, Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Izotopów, Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii oraz Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Na wszystkie posiedzenia Komisji zapraszany jest przedstawiciel Polskiego Komitetu Normalizacji, Miar i Jakości.

W miarę zgłaszanych potrzeb, inicjowane jest (głównie przez członków Komisji) opracowywanie nowych norm. Okresowo dokonywane są przeglądy i przedstawiane są wnioski odnośnie wprowadzenia poprawek, nowelizacji lub anulowania poszczególnych norm. Czasami przygotowanie wniosków wymaga opracowania szczegółowej analizy polegającej na porównaniu obowiązujących norm z normami międzynarodowymi, ocenie aktualności wymagań oraz ocenie potrzeb kraju w zakresie kontynuacji normalizowania danego zagadnienia (np. w wyniku zaniechania produkcji jakiegoś wyrobu).

W załączniku podany jest wykaz obowiązujących w Polsce norm z zakresu ochrony radiologicznej, norm będących w opracowaniu, norm przewidzianych do opracowania oraz prac analitycznych dotyczących norm wymagających aktualizacji lub zagadnień mogących wymagać opracowań normalizacyjnych.

W roku 1990 na podstawie opracowania BON-CLOR, Komisja przeprowadziła ocenę aktualności Polskich Norm z dziedziny ochrony radiologicznej. W wyniku tej oceny wystąpiono do PKNMiJ o anulowanie niektórych norm i opracowano program pracy na najbliższe lata. Program ten został uzupełniony i poprawiony w roku bieżącym (pozycje 7 i 38 ÷ 42 „wykazu norm”).

W zestawieniu poniżej przedstawiono aktualny stan, potrzeby oraz program prac do 1993 roku w zakresie normalizacji (liczby określają pozycję w załączniku, a w nawiasach podany jest przewidywany rok zakończenia rozpoczętej lub planowanej pracy):

- Normy nie wymagające zmian — 12, 13, 15, 16–21, 23–31;
- Potrzeba wprowadzenia małych poprawek — 5;
- Potrzeba nowelizacji — 11 (1992), 22 (1993);
- Potrzeba opracowania analitycznego — 1–4 (1993); 6 i 8 (1993), 38–39 (1992);
- Normy znowelizowane znajdujące się w stadium wydawniczym — 9, 10, 14;
- Normy w stadium nowelizacji — 7 (1991);
- Nowe normy w opracowaniu — 37 (1991);

Zgodnie z zaleceniami PKNMiJ, zaniechano obecnie opracowywania norm branżowych, decyzje odnośnie BN podanych w załączniku (poz. 32–36) zostaną podjęte na jednym z posiedzeń Komisji w bieżącym roku.

Działalność normalizacyjna finansowana jest przez PKNMiJ ze środków budżetowych; program prac musi być opracowywany i na bieżąco korygowany w miarę tych możliwości. Dlatego należy liczyć się z faktem, że nie wszystkie prace mogą być rozpoczęte i zakończone w planowanym terminie.

Na zakończenie chciałbym prosić wszystkich użytkowników Polskich Norm w omawianej dziedzinie o nadsyłanie krytycznych uwag do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie.

#### *T. Musiałowicz: Standardization activity of Central Laboratory for Radiological Protection.*

The paper describes the legal bases of standardization activity of Central Laboratory for Radiological Protection. Polish Standards in the radiation protection field are presented and discussed.

#### Wykaz obowiązujących w Polsce norm z zakresu ochrony radiologicznej

##### A. Polskie Normy (PN)

1. PN-60/J-04002 — Pomiar ochronności osłon przed promieniowaniem X i gamma.
2. PN-60/J-80004 — Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Rękawice ochronne.
3. PN-60/J-80005 — Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Fartuchy ochronne.
4. PN-64/J-80007 — Ochrona przed promieniowaniem jonizującym. Kasety dawkomierzy fotometrycznych.
5. PN-71/J-80102 — Pracownie izotopowe z zamkniętymi źródłami promieniowania gamma. Wymagania ochrony przed promieniowaniem jonizującym.
6. PN-73/J-80010 — Dawkomierze fotometryczne promieniowania X i gamma. Wymagania ogólne i metody badań.
7. PN-74/J-08001 — Źródła promieniotwórcze. Opakowania transportowe. (w stadium nowelizacji).
8. PN-74/J-01003.01 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Promieniowanie jonizujące.
9. PN-81/J-01003.02 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Wielkości i jednostki. (znowelizowana wersja przygotowana do wydania w PKNMiJ)
10. PN-81/J-01003.05 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Narazenie na promieniowanie. (znowelizowana wersja przygotowana do wydania w PKNMiJ)
11. PN-74/J-01003.06 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Odpady promieniotwórcze.
12. PN-75/J-01003.11 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Materiały i urządzenia techniki jądrowej.
13. PN-76/J-01003.12 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Pracownie radiologiczne.
14. PN-74/J-01003.13 — Technika jądrowa. Nazwy i określenia. Transport materiałów promieniotwórczych. (znowelizowana wersja przygotowana do wydania w PKNMiJ)
15. PN-76/J-80050 — Aparaty gammagraficzne. Wymagania ogólne.
16. PN-77/J-80500 — Urządzenia i meble do prac z substancjami promieniotwórczymi. Wspólne wymagania i badania techniczne.
17. PN-90/J-80501 — Urządzenia i meble do prac z substancjami promieniotwórczymi. Stoły.
18. PN-78/J-80502 — Urządzenia i meble do prac z substancjami promieniotwórczymi. Szafy.
19. PN-78/J-80503 — Urządzenia i meble do prac z substancjami promieniotwórczymi. Przystawki instalacyjne.
20. PN-78/J-80504 — Urządzenia i meble do prac z substancjami promieniotwórczymi. Półki i regały.
21. PN-79/J-08002 — Źródła promieniowania jonizującego. Znaki ostrzegawcze.
22. PN-79/J-80104 — Pracownie z otwartymi źródłami promieniotwórczymi. Wymagania ochrony przed promieniowaniem jonizującym.
23. PN-85/J-80006/01 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Kształtki ochronne ołowiane. Postanowienia ogólne.
24. PN-85/J-80006/02 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Kształtki ochronne ołowiane. Kształtki pełne.
25. PN-85/J-80006/03 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Kształtki ochronne ołowiane. Kształtki z otworem.
26. PN-86/J-80001 — Materiały i sprzęt ochrony przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.
27. PN-87/J-80011 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Tuleje redukcyjne. Wymagania.
28. PN-87/J-80012 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Korki zaślepiające. Wymagania.

29. PN-88/J-80013 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Przepusty kulowe. Wymagania.  
 30. PN-88/J-80014 — Osłony przed promieniowaniem jonizującym. Bloki wizerne. Wymagania.  
 31. PN-87/J-80009 — Wyciągi radiochemiczne. Wymagania

#### B. Normy branżowe (BN)

32. BN-68/3435-02 — Pojemniki na stałe odpady promieniotwórcze o niskiej aktywności właściwej.  
 33. BN-73/3440-01 — Wyroby techniki ochronnej do prac z substancjami promieniotwórczymi. Klasyfikacja.  
 34. BN-79/3435-01 — Izotopowa aparatura kontrolno-pomiarowa. Pojemniki robocze urządzeń stacjonarnych. Wymagania i badania techniczne.  
 35. BN-79/3435-04 — Pojemniki na ciekłe odpady promieniotwórcze. Klasyfikacja i oznaczenie.  
 36. BN-81/3433-04 — Urządzenia i sprzęt ochronny przed promieniowaniem jonizującym. Manipulatory do pracy z substancjami promieniotwórczymi z odległości. Rzędy udźwigów.

#### Nowe normy w trakcie opracowania

37. PN-.../J-8001... — Magazyny materiałów promieniotwórczych. Wymagania ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

#### Plan pracy na rok 1992

38. Opracowanie programu w zakresie wdrażania norm ISO.  
 39. Analiza potrzeb normalizacji w zakresie pobierania próbek do celów monitoringu środowiska.  
 40. Odpady promieniotwórcze. Nazwy i określenia (nowelizacja PN-74/J-01003 Ark. 06).

#### Plan prac na rok 1993

41. Pracownie z otwartymi źródłami promieniotwórczymi. Wymagania ochrony przed promieniowaniem. (nowelizacja PN-79/J-80104).  
 42. Analiza i ocena norm PN-60/J-04002, PN-60/J-80004, PN-60/J-80005, PN-64/J-80007, PN-73/J-80010 i PN-74/J-010003.

Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu, na zaproszenie rządu Chińskiej Republiki Ludowej zorganizowała misję doradczą w celu przejrzenia problemów bezpieczeństwa jądrowego budowanej obecnie, drugiej elektrowni jądrowej w Chinach.

Polski ekspert, uczestnik misji przedstawia jej przebieg oraz przyjęte wnioski i zalecenia.

Edward T. Józefowicz

# MISJA PRE-OSART W ELEKTROWNI JĄDROWEJ GUANG-DONG W CHINACH

W Nr 2 (1989) Biuletynu<sup>1)</sup> przedstawiono podstawowe cele i metody oraz przebieg misji organizowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA) dla niezależnej oceny bezpieczeństwa elektrowni jądrowych eksploatowanych lub w budowie. Wiele krajów przodujących w energetyce jądrowej, korzysta z takiej formy pomocy MAEA. Wynika to stąd, że międzynarodowy zespół ekspertów ma zawsze szansę znaleźć punkty, które można ulepszyć, zaś potwierdzenie dobrej eksploatacji czy budowy wpływa korzystnie na, często podejrzliwą, opinię publiczną. Dobre doświadczenia poszczególnych elektrowni mogą być szerzej zalecone społeczności międzynarodowej. Rocznie odbywa się dość regularnie kilkanaście misji typu OSART (Operation Safety Review Team) i pre-OSART (preoperational... — w czasie budowy) według ujednoliconego przez MAEA schematu. Do udziału w niektórych z nich

zapraszani są również eksperci z Polski, ostatnio do misji OSART w elektrowni jądrowej Loviisa w Finlandii oraz misji pre-OSART w elektrowni jądrowej w budowie Guang-dong w Chinach.

Pierwszą chińską elektrownią jądrową jest elektrownia Quinshan niedaleko Szanghaju, mająca jeden blok o mocy 300 MW(e) wg projektu chińskiego. EJ Guang-dong jest drugą, na temat ewentualnego zakupu dalszych toczą się rozmowy.

Misja w Guangdong (listopad–grudzień 1990 r.) została zorganizowana na zaproszenie agencji rządowych Chińskiej Republiki Ludowej niecałe 2 lata przed planowanym uruchomieniem pierwszego bloku elektrowni. Rzeczywiste uruchomienie elektrowni będzie zapewne opóźnione o około pół roku.

A oto jej podstawowe dane:

Elektrownia położona jest w miejscowości Dakeng nad zatoką Daya w Prowincji Guangdong, 45 km na wschód od Shenzhen i 52 km na północo-wschód od centrum Hongkongu. Składa się z dwóch bloków PWR po 900 MW (e) w konfiguracji bliźniaczej wg

<sup>1)</sup> M. Jurkowski: Misje OSART w Oldbury i w Żarnowcu, Biuletyn BJiOR, Nr 2, str. 13; Z. Bednarski: Misja OSART w ciepłowni jądrowej w Gorki. Biuletyn BJiOR, Nr 2, str. 18.

projektu i dostaw FRAMATOME (Francja) w części jądrowej, a General Electric Company — Alstom (Wk. Brytania) w części konwencjonalnej. Elektrownia należy więc do seryjnych konstrukcji francuskich, co daje znaczne korzyści ekonomiczne, a także korzyści płynące z doświadczenia konstrukcyjnego i eksploatacyjnego. Bezpośrednim „wzorcem” jest elektrownia Gravelines C (bloki 5 i 6).

Wyposażenie i usługi pochodzą od ok. 30 dostawców, zarówno chińskich, jak i zagranicznych z tym, że udział tych pierwszych nie jest duży.

Zarządzanie budową jest w zasadzie w rękach chińskich, jednakże przy bardzo znacznym udziale odpowiedzialnych przedstawicieli EdF (Electricité de France — przedsiębiorstwo eksploatujące elektrownie francuskie oraz biorące udział w ich budowie), w sprawach technicznych (na podstawie generalnej umowy), a także zaproszonych specjalistów z innych krajów (np. USA). Właścicielem i licencjodawcą jest Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company (GNPJVC); 75% jego kapitału jest własnością rządowej China National Nuclear Corporation (CNNC), a 25% — własnością Hongkongu (głównie China Light and Power Company).

Wykorzystanie produkcji jest planowane w dokładnie przeciwnej proporcji: 75% będzie przesyłane linią 400 kV do Hongkongu, a 25% — linią 500 kV do bardzo dynamicznie rozwijającego się rejonu Shenzhen (specjalna strefa ekonomiczna).

Te sprawy, w zasadzie pozatechniczne, silnie rzutują na niektóre zagadnienia interesujące misję, w szczególności elementy zarządzania i planowanie awaryjne. Bliskość ogromnej aglomeracji, jaką jest Hongkong i jej przyszła znaczna zależność od tego źródła prądu, przy jednoczesnym braku zaufania do strony chińskiej, wywołują presję na stronę chińską w kierunku rozwiązań, które w pojęciu specjalistów Hongkongu mają podwyższyć bezpieczeństwo elektrowni, a z którymi trudno się zgodzić. Budowa rozpoczęła się (wylano pierwszy beton pod budynek główny) w sierpniu 1987 r., obecnie prace budowlane są prawie zakończone, trwa intensywny montaż.

Wobec wspomnianego wyżej układu głównych dostawców, dla zapewnienia maksymalnej bezstronności, w skład misji nie weszli przedstawiciele Francji i Wk. Brytanii. Brali w niej udział eksperci ze Stanów Zjednoczonych, RFN, Włoch, Kanady, Japonii, Czechosłowacji, Polski, Rumunii, Pakistanu oraz MAEA (razem 14 osób, w tym trzy ze statusem obserwatora). Szefem misji był Ashley Erwin (MAEA, Wydział Bezpieczeństwa Jądrowego, poprzednio długoletni pracownik INPO — Institute of Nuclear Power Operations — amerykański Instytut Eksploatacji Elektrowni Jądrowych), na ostatni tydzień przyjechał również szef sekcji OSART'ów MAEA Ferdinand Franzen.

Przeładowi podlegały następujące dziedziny:

- 1) Zarządzanie budową;
- 2) Zapewnienie jakości;
- 3) Konstrukcje budowlane;
- 4) Konstrukcje mechaniczne — część jądrowa;
- 5) Konstrukcje mechaniczne — część konwencjonalna i pomocnicza;
- 6) Wyposażenie elektryczne, sterowanie i kontrola;
- 7) Przygotowanie rozruchu;
- 8) Przygotowanie eksploatacji;
- 9) Szkolenie i kwalifikowanie personelu;
- 10) Planowanie i gotowość awaryjna;
- 11) Ochrona radiologiczna.

Szczegółowe wyniki pracy misji są opracowane w postaci tzw. Technical Notes oraz raportu skierowanego do rządu ChRL. Zgodnie ze zwyczajami przestrzeganymi przez MAEA, raport jest poufny do chwili zgody tego rządu na jego rozpowszechnianie. O ile mi wiadomo, dotąd zgoda taka nie nadeszła, choć trudno zrozumieć tego powody; jestem jednak dość silnie ograniczony w publikowaniu szczegółowych wyników poza problemami ujawnionymi w czasie konferencji prasowej.

Niewątpliwie dużym osiągnięciem jest sprawna organizacja i utrzymanie harmonogramu budowy przy spełnieniu wysokich standardów zapewnienia jakości. Zasadnicze znaczenie ma tu fakt, że elektrownia jest budowana ściśle wg technologii francuskiej, wielokrotnie już sprawdzonej, ze znacznym udziałem strony francuskiej i pod nadzorem EdF. Ze stroną francuską zawarto szczegółowe umowy także w sprawie szkolenia chińskich specjalistów we Francji i ich udziału w przygotowaniu i realizacji budowy. Umowy te są skrupulatnie realizowane. Elektrownia będzie dysponować, będącym na ukończeniu, nowoczesnym ośrodkiem szkoleniowym z dużym symulatorem, posiada dobre środki łączności, opiekę medyczną, awaryjne centrum zarządzania.

Misja wykryła też w wyżej wymienionych dziedzinach szereg niedociągnięć, przedstawionych gremiom kierowniczym w szczegółowej prezentacji na zakończenie misji oraz w wymienionych materiałach. Sugestie i zalecenia mają na celu poprawę w dwóch grupach zagadnień: organizacji budowy i szeroko rozumianych przygotowaniach do rozpoczęcia eksploatacji.

Do pierwszej grupy należą:

- zalecenia poprawienia konwencjonalnego bezpieczeństwa pracy na budowie (zapobieganie wypadkom) poprzez zwrócenie należytej uwagi na te zagadnienia przez kierownictwo, zwłaszcza średniego szczebla, wyposażenie w odpowiednie środki techniczne (jak pasy bezpieczeństwa czy zabezpieczenia butli z gazami technicznymi), a także zapewnienie lepszej współpracy ze strony robot-

ników poprzez szkolenie, czy zainteresowanie materialne (kary i nagrody);

- konieczność lepszego przestrzegania programów zapewnienia jakości i instrukcji pracy przez niektórych lokalnych podwykonawców;
- poprawa systemu dokumentowania robót, a w szczególności przechowywania dokumentów jakości (bezpieczeństwo przeciwpożarowe);
- poprawa czasowych zabezpieczeń instalowanego już wyposażenia i kabli na czas montażu i wreszcie lepsze utrzymanie czystości montażu w istotnych miejscach (na co zresztą reakcja na budowie była w najistotniejszym miejscu niemal natychmiastowa).

Zalecenia drugiej grupy dotyczyły następujących zagadnień:

- konieczności przyspieszenia rekrutacji wykwalifikowanych techników i robotników;
- opracowania dokładnego planu przygotowania eksploatacji, scalenie planu rozruchu, przygotowania procedur;
- zakończenia początkowego szkolenia w sposób systematyczny wszystkich grup pracowników elektrowni włączając w to zajęcia lekcyjne, w miejscu pracy i na symulatorach, stosownie do odpowiednich wymagań;

- przygotowania programów i wyposażenia, a także rezerwy pracowników w celu zapewnienia ciągłego ich szkolenia bez przeciążania;
- opracowania programu ochrony radiologicznej oraz jej szczegółowych procedur; i wreszcie
- opracowania podstawowych elementów zewnętrznego planowania awaryjnego.

Zwłaszcza w tej ostatniej sprawie istnieją duże opóźnienia na skutek braku podstaw prawnych, braku własnych doświadczeń, bardzo specyficznej sytuacji lokalizacyjnej i ludnościowej.

Na zakończenie trzeba jednak wyraźnie podkreślić, że ogólne wrażenie misji było zdecydowanie pozytywne. Jest to dobry przykład czerpania korzyści przez kraj mniej zaawansowany technologicznie z zakupu obiektu o ustalonej renomie za granicą. Kontrowersyjna, z punktu widzenia planowania awaryjnego, jest lokalizacja i polityka mieszkaniowa wokół elektrowni, choć trzeba przyznać, że wybór nie był łatwy, a obiekt powinien być bardzo bezpieczny. Przewidywana jest dalsza współpraca elektrowni z MAEA, w szczególności następna misja typu pre-OSART na krótko przed uruchomieniem pierwszego bloku.

#### *E.T. Józefowicz: The IAEA pre-OSART mission to the nuclear power plant in Guang-dong (China)*

The Government of People's Republic of China invited a mission of experts organized by the International Atomic Energy Agency, named „Pre-Operational Safety Review Team”, to the second chinese nuclear power plant (under construction).

A Polish expert, who took part in the mission, presents shortly its objectives, results and recommendations.

W ubiegłym roku zakończono realizację wieloletniego programu badawczego w dziedzinie bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej. Koordynatorem programu był od 1988 r. Państwowy Dozór Jądowy. Tematy badawcze wykonywały liczne, ściśle z sobą współpracujące, ośrodki naukowe m.in.: Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (wykonawca większości tematów), Instytut Energii Atomowej, Instytut Chemii i Techniki Jądowej, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Politechniki: Gdańska, Śląska i Warszawska, Centralny Szpital Kliniczny Wojskowej Akademii Medycznej.

Autor, kierujący Zespołem Badań i Rozwoju w Głównym Inspektoracie Dozoru Jądowego, przedstawia założenia i najważniejsze wyniki programu.

Marian Lenard

# CENTRALNY PROGRAM BADAWCZO-ROZWOJOWY CPBR — 5.10 „BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA” (1988–1990)

## Wstęp

Każda działalność związana z wykorzystaniem energii jądowej charakteryzuje się pewnym potencjalnym zagrożeniem ludzi i środowiska przez promieniowanie jonizujące, dlatego bezwzględnie konieczne jest stosowanie i doskonalenie wszelkiego rodzaju zabezpieczeń umożliwiających ograniczenie tego zagrożenia do wartości akceptowalnych — zgodnie z aktualną wiedzą o szkodliwości działania promieniowania jonizującego na organizm człowieka. Uzyskanie dotychczasowego dobrego stanu ochrony radiologicznej w kraju możliwe było dzięki łączeniu działalności naukowo-badawczej z pracami o cha-

rakterze rutynowym. Pozwoliło to na właściwe, odpowiadające rzeczywistym potrzebom, ukierunkowanie prac badawczych, a jednocześnie stworzyło warunki zapewniające odpowiedni poziom i stałe unowocześnianie realizowanych prac rutynowych w zakresie nadzoru i kontroli.

Prace badawczo-rozwojowe w dziedzinie bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w latach 1981–85 realizowane były w ramach programów rządowych dotyczących zdrowotnych problemów kształtowania środowiska naturalnego, zwalczania chorób nowotworowych i kompleksowego rozwoju energetyki. Pierwszy projekt „Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego” — dotyczący bezpiec-

stwa jądowego i ochrony radiologicznej na lata 1986–90 przygotowany był w Państwowej Agencji Atomistyki w 1985 r., a następnie skorygowany w 1986 r. Do zatwierdzenia tego projektu w tym czasie jednak nie doszło. W latach 1986–87 były realizowane prace w ramach programu resortowego „Rozwój metod i urządzeń dla zapewnienia bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej”. Stanowiły one kontynuację i pogłębienie prac prowadzonych w poprzednich latach.

W 1986 r. zaistniały fakty, które stanowiły istotne przesłanki do nowego krytycznego spojrzenia na kierunki prac badawczo-rozwojowych w omawianej dziedzinie. Do faktów tych należały:

- uchwalenie przez Sejm w kwietniu 1986 r. ustawy „Prawo atomowe”,
- awaria czarnobylskiej elektrowni jądowej w kwietniu 1986 r. i jej skutki dla Polski,
- ustalenia dotyczące bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej.

## Założenia programu badawczego

W 1988 r. opracowano kolejną wersję programu, który jako CPBR — 5.10 „Bezpieczeństwo jądowe i ochrona radiologiczna” został przyjęty i zatwierdzony przez Urząd Postępu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń do realizacji w latach 1988–90. Koordynację tego programu powierzono Państwowemu Dozrowi Bezpieczeństwa Jądowego a kierownikiem programu został Główny Inspektor Dozoru Jądowego — doc. inż. Waław Dąbek.

Główny cel programu: opracowanie metod, warunków, wymagań oraz środków technicznych i organizacyjnych ograniczających narażenie na promieniowanie jonizujące do możliwie najmniejszych, rozsądnie osiągalnych wartości, dla zapewnienia bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w procesie realizacji i eksploatacji obiektów jądowych oraz dla ochrony ludzi i środowiska przed promieniowaniem jonizującym pochodzącym z różnych źródeł zagrożenia.

W programie zawarto 48 celów realizacyjnych, które zostały podzielone na 6 grup:

- a) System ciągłego nadzoru radiologicznego kraju:
  - przystosowanie i rozbudowa istniejącego systemu nadzoru w zakresie bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej zgodnie z potrzebami wynikającymi z rozwoju zastosowań energii jądowej w gospodarce narodowej,
  - przystosowanie, opracowanie, przygotowanie i wdrożenie konkretnych metod pomiarowych i aparatury na potrzeby jednostek systemu wykrywania skażeń (w tym system wczesnego ostrzegania);

b) Ocena stopnia narażenia radiologicznego ludności od naturalnych i sztucznych radionuklidów, znajdujących się w środowisku:

- określenie metod oceny zagrożenia, pomiarów dawek promieniowania od naturalnych i sztucznych radionuklidów oraz opracowanie mapy radiologicznej kraju;
- c) Bezpieczeństwo jądowe i ochrona radiologiczna dotycząca obiektów jądowych:
    - udział w opracowaniu i przystosowaniu do warunków polskich podstawowych jednolitych technicznych dokumentów normatywnych niezbędnych w projektowaniu, budowie, rozruchu, eksploatacji i likwidacji obiektów jądowych,
    - opracowanie kompletu metod analitycznych i obliczeniowych do przeprowadzenia analiz bezpieczeństwa w różnych fazach realizacji i eksploatacji obiektów jądowych oraz metod oceny sytuacji radiologicznej w otoczeniu elektrowni jądowej podczas normalnej eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych.

d) Środki techniczne radiologicznej ochrony indywidualnej oraz do usuwania skażeń w przypadku awarii jądowej:

- odzież ochronna i sprzęt do pracy w warunkach normalnych i awaryjnych,
- sprzęt i urządzenia do usuwania skutków ciężkiej awarii jądowej;

e) Biologiczne i medyczne problemy ochrony radiologicznej:

- wpływ małych dawek na kancerogenezę,
- genetyczne skutki promieniowania,
- późne skutki napromienienia płodu w różnych okresach rozwoju,
- skażenia wewnętrzne drogą wziewną,
- mechanizmy powstawania późnych skutków popromiennych i zapobieganie im,
- efektywne usuwanie skażeń wewnętrznych,
- leczenie wczesnych uszkodzeń popromiennych;

f) Magazynowanie odpadów promieniotwórczych:
 

- magazyn odpadów promieniotwórczych,
- podziemne składowisko odpadów promieniotwórczych.

Niezależnie od losów energetyki jądowej w Polsce, utworzenie w Polsce takiego programu badawczego było bardzo potrzebne. Duża liczba użytkowników różnych źródeł promieniowania jonizującego, eksploatacja w kraju reaktorów badawczych, a w pobliżu granic naszego państwa — elektrowni jądowych oraz znaczne zainteresowanie społeczeństwa zagadnieniami wykorzystania energii jądowej uzasadniały podjęcie powyższych prac.

Realizacja programu od początku napotykała na duże trudności, szczególnie finansowe. Bardzo duża

inflacja uniemożliwiła właściwe planowanie, a także efektywne wykorzystanie posiadanych środków. Poważne ograniczenia stworzyło również skrócenie czasu realizacji programu do trzech lat (1988-90) i wprowadzenie od 1991 r. zmian warunków i sposobu finansowania prac naukowo badawczych.

## Ważniejsze osiągnięcia

### System nadzoru radiologicznego kraju

W oparciu o przeprowadzone analizy i uzyskane wyniki prac doświadczalnych, we współpracy z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej opracowano „Zasady organizacji, działania, rozmieszczenia i wyposażenia laboratoriów pomiarowych w systemie nadzoru radiologicznego kraju”. Przewidziano wyodrębnienie grup placówek pomiarowych o różnym zakresie zadań i wyposażenia;

- placówki alarmowe
- placówki podstawowe
- placówki regionalne
- placówki specjalistyczne.

Przedstawiono szczegółowy program działania w sytuacjach: normalnej, inspekcyjnej i alarmowej. Określono zakres pomiarów, częstość pobierania prób, metodykę pomiarów i zasady przekazywania wyników. Dokonano również ujednoczenia metod pomiarów skażeń promieniotwórczych, systemu oceny i interpretacji wyników oraz przedstawiono zasady ich wykorzystania do oceny zagrożenia radiologicznego.

### Licznik promieniowania całego ciała

W Instytucie Energii Atomowej w Świerku wdrożono do eksploatacji zmodernizowany licznik promieniowania całego ciała (LPCC), w którym wprowadzono urządzenia i metody zezwalające na lokalizację radioizotopów w ciele człowieka oraz ich szybką identyfikację poprzez pomiar emitowanej energii począwszy od 60 keV. Wbudowanie i uruchomienie scanningu profilowego pozwoliło na określenie miejsca kumulacji radionuklidów w organizmie. Wprowadzenie detektora germanowego umożliwi praktycznie 100-procentową identyfikację izotopów, nawet w przypadkach skomplikowanych widm i dominacji jednego z radionuklidów. Nowoczesny analizator wraz z wspomagającym go komputerem i oprogramowaniem ułatwia i upraszcza procedurę obliczenia aktywności dając wyniki pomiaru bezpośrednio po jego zakończeniu. Reasumując, LPCC z IEA parametrami technicznymi i jakością pomiarów zbliżył się do poziomu europejskiego dla tego typu laborato-

riów. Jest jedynym w kraju tego typu urządzeniem pozwalającym określić skażenia wewnętrzne.

### Narażanie radiologiczne na skutek spalania węgla

W Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie opracowano metodę kontroli i oceny stopnia narażenia radiologicznego ludności i środowiska Polski na skutek spalania węgla kamiennego w elektrowniach. Zaproponowane metody pomiarowe i obliczeniowe mogą być stosowane, należy jednak z nich korzystać po wnikliwej analizie kosztów i zysków, gdyż obliczone przykładowo zagrożenie okazało się niewielkie, zaledwie 2% narażenia pochodzącego od promieniowania ziemskiego i kosmicznego, które stanowią tło naturalne.

### Stężenia izotopów radu w wodach kopalnianych

Drugą ważną pracą, dotyczącą narażenia radiologicznego, wykonano w Głównym Instytucie Górniczym; była to analiza stężeń izotopów radu w wodach odprowadzanych przez kopalnie węgla kamiennego i w wypływach w podziemiach kopalń. Na terenach objętych badaniami radiometrycznymi zaobserwowano podwyższenie w stosunku do tła, koncentrację izotopów radu w glebie, osadach i w wodach powierzchniowych i gruntowych. Oszacowana nadwyżka ponad tło wyniosła 0,4 mSv. Opracowano również ramową instrukcję kontroli skażeń promieniotwórczych środowiska i wytyczne zmniejszenia narażenia radiacyjnego ludności.

### Narażenie od radionuklidów w materiałach budowlanych

Trzecią pracą w tej grupie była metoda pomiarów i oceny stopnia narażenia radiologicznego od naturalnych radionuklidów w materiałach budowlanych. W CLOR we współpracy z ZTJ POLON zaprojektowano i wykonano w systemie EURO-1 analizator, który nazwano AZAR-90. 6 egzemplarzy analizatora z instrukcją obsługi, metodyką kalibracji oraz jednolitą metodą wykonywania pomiarów i wzorem protokołu przekazano użytkownikom. Szczegółowy opis prac i uzyskane wyniki podano w Biuletynie Informacyjnym Nr 6\*\*).

### Efektywne równoważniki dawek u grup ludności

Przeprowadzono ocenę skażeń środowiska i człowieka radionuklidami naturalnymi i sztucznymi. Pro-

\*) A. Żak, M. Biernacka: Badanie stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych w materiałach i surowcach budowlanych. Biul. Infor. BJIOR, nr 6 (1991).

gram zrealizowanych badań w CLOR we współpracy z IFJ — Kraków umożliwił uzyskanie informacji dotyczących:

- skażenia środowiska (powietrze atmosferyczne — troposfera i dolna stratosfera — woda, gleba, środowisko leśne),
- migracji radionuklidów w niektórych elementach środowiska (pionowa migracja w glebie, przechodzenie do roślin przez system korzeniowy i części nadziemne, przechodzenie do grzybów ze ściółki leśnej),
- oceny zawartości Cs-137, Cs-134, Sr-90, Pu-239-240, Pb-210, Po-210, Ra-226 w pożywieniu mieszkańców północno-wschodniej Polski,
- oceny zawartości Cs-137 i Cs-134 w zbiorczych próbach moczu mieszkańców Warszawy,
- oceny zawartości plutonu w tkankach pobieranych od zmarłych woj. białostockiego.

Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę efektywnych równoważników dawek u wybranych grup ludności w Polsce.

### Radiologiczna mapa Polski

Jednym z wykorzystanych osiągnięć było opracowanie w CLOR „radiologicznej mapy Polski”. Praca ta i uzyskane wyniki zostały szczegółowo opisane w Biuletynie Informacyjnym nr 8\*\*).

### Dokumenty normatywno-techniczne

W ramach szerokiej współpracy krajowej CLOR-ENERGOPROJEKT-ITC-Lódź-OBREL uczestniczono w organizowanym w ramach RWPG opracowaniu dokumentów normatywno-technicznych niezbędnych w fazie projektowania budowy i eksploatacji elektrowni jądrowych. Prace te nie zostały zakończone. Zmiany polityczne i rozwiązanie RWPG przerwało współpracę, jednak uzyskane doświadczenie i zebrane materiały, będą wykorzystywane do opracowania krajowych przepisów.

### Metody obliczeniowe do analiz bezpieczeństwa jądrowego

W wyniku realizacji szeregu tematów uzyskano niezbędne narzędzia obliczeniowe i metody dla przeprowadzenia analiz przy podejmowaniu decyzji w zakresie bezpieczeństwa obiektów jądrowych. Wykonano niezbędne elementy do prowadzenia deterministycznych analiz bezpieczeństwa dla EJ z reaktorem WWER oraz innych reaktorowych instalacji wysoko-

\*) M. Biernacka, J. Henschke, J. Jagielak: Radiologiczna mapa Polski, Biul. Infor. BJIOR nr 8 (1991).

ciśnieniowych. Drugą grupę stanowią metody probabilistyczne bezpieczeństwa jądrowego (PSA). Pozwalają one rozszerzyć zakres analiz bezpieczeństwa i wyznaczyć możliwe scenariusze awarii prowadzących do katastrofalnych skutków.

Uzupełnieniem tych prac są obliczenia SOURCE TERM (parametrów źródła) w przypadkach ciężkich awarii reaktorów WWER. Za pośrednictwem MAEA uzyskano dostęp do kodów komputerowych wykorzystywanych w USA, które opanowano i wykonano szereg obliczeń m.in. awarii związanych z małym rozszczelnieniem obiegu pierwotnego. Opracowano również programy obliczeniowe umożliwiające dokonanie oceny rozprzestrzeniania się skażeń w otoczeniu obiektów jądrowych w sytuacjach awaryjnych.

Omawiana tematyka została przedstawiona w Biuletynie Informacyjnym Nr 3 i 7.\*\*)

Powyższe prace były prowadzone przez IEA — Świerk i CLOR, przy szerokiej współpracy z Politechnikami Warszawską, Gdańską oraz Instytutem Energetyki.

### Wzorcowanie przyrządów w polach n + γ

W IEA przygotowano wzorcowe pole promieniowania mieszanego neutronowego + gamma. Opracowano przyrządy i metody pomiarowe oraz procedury i instrukcje wzorcowania. Uruchomiono unikalne laboratorium wzorcowania przyrządów dozymetrycznych w polach promieniowania mieszanego typu laboratorium wzorców wtórnych odpowiadającego standardom światowym i posiadającego uprawnienia nadane przez PKNMiJ.

### Ruchome laboratorium do pomiarów radiometrycznych

W bardzo krótkim czasie w CLOR wykonano prototyp ruchomego laboratorium do pomiarów radiometrycznych. Zależnie od sytuacji radiologicznej laboratorium pełni funkcje:

- Laboratorium badawczo-kontrolne — normalna sytuacja radiologiczna;
- badania tła promieniowania jonizującego pochodzącego od naturalnych i sztucznych radionuklidów na dowolnym terenie,
- kontrola radiologiczna środowiska wokół obiektów jądrowych, składowisk odpadów promieniotwórczych i składowisk o zmody-

\*\*) T. Jackowski, M. Kulig: Analizy bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. Biul. Inform. BJ i OR, nr 3 (1990).

A. Kowalczyk, K. Kruk, T. Jackowski: Ocena skutków radiologicznych ponadprojektowej awarii elektrowni jądrowej z reaktorem WWER-440, W-213 za pomocą programu CRAC2. Biul. Inform. nr 7 (1991).

- fikowanej naturalnej promieniotwórczości wózków elektrowni konwencjonalnych,
- kontrola narażenia na radon i jego produkty rozpadu personelu zatrudnionego w kopalniach i inhalatorniach radonowych
- ocena dawek otrzymywanych przez ludność od naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego.
- Specjalistyczne laboratorium pomiarowe — wypadki radiacyjne i awarie radiologiczne:
  - radiometryczny monitoring środowiska z wykorzystaniem szybkich metod pomiarowych,
  - koordynacja prac „ruchomych zespołów pomiarowych”,
  - wstępna ocena narażenia ludności na promieniowanie jonizujące,
  - zadania ruchomego punktu łączności ze służbami awaryjnymi dla informowania odpowiednich służb o stanie sytuacji radiologicznej w terenie.

Uwzględniając wielofunkcyjność laboratorium i zakres jego zadań opracowano kompleksowy program monitoringu środowiska, z uwzględnieniem zewnętrznego i wewnętrznego narażenia ludności.

#### Odzież i obuwie ochronne

Przy dużym zaangażowaniu wykonawców IEA i Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii w współpracy z przemysłem opracowano i wykonano modele odzieży i obuwia roboczego do pracy w warunkach narażenia na promieniowanie oraz kombinezonu (jednorazowego użytku) do pracy w warunkach specjalnych zabezpieczając skórę człowieka przed substancjami promieniotwórczymi. Opracowane wzory odzieży, obuwia i kombinezonów zebrano w katalogu. Odzież ta może być wykorzystana również w przypadku innych narażeń.

#### Wysokoczułe detektory termoluminescencyjne

W IFJ — Kraków opracowano metodę wytwarzania termoluminescencyjnych (TL) detektorów typ DA-2 oraz wysokoczułych detektorów TL typ MCP-N. Uruchomiono seryjną produkcję tych detektorów, co wymagało wykonania specjalnego oprzyrządowania i opanowania nowych technologii.

#### Zasady postępowania z osobami napromienionymi i skażonymi

Wdrożonym tematem z grupy biologicznych, medycznych problemów ochrony radiologicznej jest temat zrealizowany przez Centralny Szpital Kliniczny Wojskowej Akademii Medycznej i zakończony in-

strukcją „Zasady postępowania lekarskiego z osobami napromienionymi i skażonymi substancjami promieniotwórczymi” — opublikowano w organie naukowym Polskiego Towarzystwa Medycyny Nuklearnej oraz OBR — Izotopów — półrocznik 2 (8) suplement 2. W Klinice Oddziału Izotopowego CSK — WAM stworzono również warunki dla leczenia osób porażonych działaniem promieniowania jonizującego z głęboko uszkodzonym układem krwiotwórczym i odpornościowym.

#### Magazyny odpadów nisko- i średnioaktywnych

W związku z koniecznością bezpiecznego magazynowania odpadów nisko- i średnioaktywnych w wyniku różnych działalności (naukowej, medycznej i technologicznej) pojawiła się potrzeba przedstawienia koncepcji nowego magazynu — składowiska w którym możliwe byłoby w przyszłości magazynowanie w/w odpadów. W wyniku przeprowadzonych w Państwowym Instytucie Geologicznym studiów, analiz i badań z wytypowanych wstępnie obszarów proponowanych dla lokalizacji powierzchniowego magazynu, trzy zakwalifikowano jako perspektywiczne do szczegółowych terenowych badań geologicznych, natomiast z obszarów dla płytkiego podziemnego magazynu, cztery obszary zakwalifikowano do przeprowadzenia studium budowy geologicznej. Z wytypowanych czterech obszarów dla lokalizacji podziemnego składowiska w pokładowych złożach soli kamiennej w wyniku studium społeczno-ekonomicznego i wstępnych badań geologicznych zakwalifikowano tylko jeden wysad solny jako najbardziej interesujący dla budowy składowiska odpadów promieniotwórczych.

#### Wnioski

Program został formalnie zakończony w grudniu 1990 r. Dokonano komisyjnego odbioru całości prac.

Komisja uznała, że — biorąc pod uwagę warunki w jakich opisany program był formułowany (awaria reaktora w Czarnobylu, budowa EJ-Żarnowiec i przygotowanie do budowy EJ-Warta) — dobór tematyki był jak najbardziej trafny. Nawet te tematy, które obecnie, po likwidacji elektrowni jądrowej, mogą być oceniane negatywnie, w realnie wówczas istniejącej sytuacji uznane zostały za słusznie wprowadzone do programu z uwagi na ich przydatność dla potrzeb gospodarczych i społecznych. Komisja stwierdziła również, że program był prowadzony prawidłowo, prawidłowy był dobór zespołów realizujących cele, a zespoły te prezentowały wysoki poziom merytoryczny.

Złożone wyniki zostały w zasadzie osiągnięte, rozwinięto najnowsze metody analiz bezpieczeństwa

obiektów jądrowych, w kraju wykształcono zespoły umiejące posługiwać się tymi nowymi technikami. Większość prac została wdrożona w praktyce i ich wyniki wykorzystuje się w działalności związanej z zapewnieniem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.

Niestety, zmiany organizacji i warunków finansowania prac badawczo-rozwojowych uniemożliwiły kontynuację szeregu prac. Od 1991 r. została prze-

rwana koordynacja realizowanych w ramach CPBR kierunków prac i tylko na niektóre tematy otrzymano środki indywidualnie bezpośrednio z Komitetu Badań Naukowych.

Dokumentacja wykonanych prac i opracowania zawierające uzyskane wyniki zostały zgromadzone i przechowywane są w bibliotece Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej 03-194 Warszawa, ul. Konwaliowa 7.

*M. Lenard: The Research and Development Programme: CPBR — 5.10. Nuclear Safety and Radiation Protection in 1988–1990.*

A few years research programme in the scope of nuclear safety and radiation protection has been completed in the last year. The programme was coordinated by National Inspectorate for Radiation and Nuclear Safety. Different research subjects were carried out by many scientific and research centers.

Author is a head of Research and Development Team at the National Inspectorate for Radiation and Nuclear Safety. The article presents the most important principles and results of the programme.

**Przedmiotami powszechnego użytku, ogólnie dostępnymi i coraz szerzej stosowanymi w mieszkaniach prywatnych w krajach zachodnich są praktyczne urządzenia ostrzegające przed pożarem: autonomiczne czujki dymu. Pojawiły się one również w Polsce, sprowadzane przez osoby prywatne.**

**Czy można je legalnie sprowadzać i czy są one bezpieczne? Stanowisko Dozoru Jądrowego w tej sprawie przedstawione jest w poniższym artykule.**

Janusz Art

## AUTONOMICZNE CZUJKI DYMU

Począwszy od wczesnych lat siedemdziesiątych rozpoczęto w kraju instalowanie izotopowych czujek dymu. Czujki te były i są instalowane w przedsiębiorstwach, instytucjach, szpitalach, muzeach — zwykle w ilości kilkudziesięciu sztuk i są podłączone do centralki umieszczonej w miejscu stale dozorowanym. W razie powstania pożaru lub dymu w miejscu zainstalowania czujek, sygnał z konkretnej czujki jest przewodowo przekazywany do centralki, która alarmuje o pożarze i wskazuje miejsce jego powstania.

W odróżnieniu od tego typu czujek, pod koniec lat siedemdziesiątych zaczęto na świecie stosować czujki autonomiczne. Charakteryzują się one tym, że posiadają własny sygnał alarmowy, w związku z czym zbędna jest centralka; ponadto mają zainstalowane źródło promieniotwórcze o dużo mniejszej aktywności niż w czujkach współpracujących z centralką.

Czujki autonomiczne przeznaczone są do instalowania w różnych pomieszczeniach mieszkalnych, a nawet w przyczepach kempingowych i domkach letniskowych. Większa — w porównaniu z halami produkcyjnymi — stabilność warunków klimatycznych w takich pomieszczeniach pozwoliła na zastosowanie w czujkach autonomicznych źródeł o mniejszej aktywności. Z kolei, szybki wzrost elektroniki umożliwił konstrukcję pewnie działającej czujki przy znacznie mniejszym prądzie jonizacyjnym w komorze czujki.

Wszystkie produkowane na świecie autonomiczne czujki dymu są wyposażone w źródła wytwarzane według opracowania brytyjskiej firmy Amersham: zawierają one mieszaninę ameryku (Am-241) i materiału nie podlegającego korozji i są właściwie zabezpieczone przed wydostawaniem się ameryku na zewnątrz. Całe tak wykonane źródło ma grubość około 0,2 mm i średnicę poniżej 10 mm.

Źródła te były wszechstronnie przebadane dla stwierdzenia, czy mogą one w jakiegokolwiek sytuacji stanowić zagrożenie dla ludzi. Przeprowadzone badania mechaniczne, chemiczne, termiczne i radiologiczne wykazywały, że źródła te są całkowicie bezpieczne, i — zainstalowane w czujkach mogą być umieszczane w pomieszczeniach mieszkalnych, bez konieczności dokonywania okresowych kontroli ich szczelności. Obsługa tych czujek polega jedynie na okresowym testowaniu alarmu (do czego służy specjalny przycisk na czujce) oraz do wymiany baterii. Czujkę zbędną lub uszkodzoną można wyrzucić do śmieci, ponieważ w żaden sposób nie zagraża ona ludziom lub środowisku.

Czujki autonomiczne są obecnie wytwarzane na świecie w bardzo dużej ilości — prawdopodobnie od kilku do kilkunastu milionów rocznie. Producenci czujek mają zwykle zezwolenia na produkcję kompetentnych organów dozorowych krajów, w których są produkowane. Według informacji posiadanych przez Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Ją-

drowego i Ochrony Radiologicznej, większość producentów czujek ma również licencję wydaną przez Nuclear Regulatory Commission — NRC (Dozór Jądrowy Stanów Zjednoczonych Ameryki) na produkowaną przez siebie czujkę określonego typu lub na samo źródło promieniotwórcze, zainstalowane w czujce. Czujki te w krajach zachodnich sprzedawane są w domach towarowych i w różnych sklepach, a nabywcy nie potrzebują na zakup i użytkowanie żadnych zezwoleń kompetentnego organu. Polacy przebywający za granicą mają możliwość nabywania czujek i instalowania ich w swoich domach. Dozór Jądrowy spotkał się już z przypadkami przywozu do kraju bez zezwolenia czujek autonomicznych przez osoby prywatne w celach handlowych.

Biorąc pod uwagę zezwolenia na produkcję autonomicznych czujek dymu, wydane przez organy dozoru kraju producenta, a także własne badania takich czujek, Dozór Jądrowy wydał już kilka zezwoleń firmom i spółkom na przywóz do Polski i obrót czujkami tego typu. Zezwolenia te wydawane są pod warunkiem spełnienia następujących wymagań:

- importer (firma dokonująca obrotu), przedstawi Dozorowi Jądrowemu w terminie do dnia 1 marca każdego roku informację o liczbie czujek dymu sprowadzonych do Polski i tu sprzedanych;
- liczba czujek dymu dopuszczona do magazynowania w jednym miejscu, określonym jako osobny budynek, nie będzie przekraczać 10000 sztuk,
- miejsce magazynowania czujek, przed oddaniem do użytku zgodnie z przeznaczeniem, będzie zaakceptowane przez Dozór Jądrowy; o zgromadzeniu w magazynie pierwszego tysiąca czujek Dozór Jądrowy zostanie powiadomiony w celu dokonania kontroli dozymetrycznej,
- na czujce i na opakowaniu czujki zostaną umieszczone napisy (informacje) w języku polskim o tej samej treści, jak napisy oryginalne, a ponadto informacja, że czujka została dopuszczona do użytku przez Dozór Jądrowy (nr zezwolenia) oraz kto jest na terenie Polski producentem lub impor-

terem i dystrybutorem, jak również napis, że czujkę należy chronić przed dziećmi,

- do każdej czujki zostanie załączona instrukcja przetłumaczona na język polski, tej samej treści jak instrukcja oryginalna — z pominięciem fragmentów, istotnych tylko dla nabywcy w kraju producenta, a uzupełniona o informacje ważne dla nabywcy w Polsce; przed rozpoczęciem sprzedaży czujek w kraju, treść instrukcji powinna być zatwierdzona przez Dozór Jądrowy,
- importer czujek może je sprzedawać innym firmom do dalszej dystrybucji w liczbie nie przekraczającej tysiąc sztuk jednorazowo; Jeżeli liczba sprzedanych jednorazowo czujek będzie większa od tysiąca sztuk, nabywca (firma) powinien wykazać się zezwoleniem Dozoru Jądrowego na nabycie i obrót handlowy tymi czujkami.

W uzasadnieniu wydanych zezwoleń Dozór Jądrowy stwierdza, że materiał promieniotwórczy zawarty w czujce nie stanowi zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska, gdyż: jest trwale i skutecznie zamknięty w źródle specjalnej postaci, występuje w minimalnej ilości w czujce i jest umieszczony w komorze jonizacyjnej, której otwarcie wymaga użycia specjalnych narzędzi, a każda próba otwarcia powoduje jej zniszczenie. Również stwierdzenie, że dopuszczenie do magazynowania w jednym miejscu nawet dużej liczby czujek (10000 szt.), ze względu na małą ilość materiału promieniotwórczego oraz specjalną nieszkodliwą postać źródła, wyklucza uwolnienie znaczących ilości tego materiału do otoczenia, nawet w przypadku pożaru lub zalania wodą.

Dozór Jądrowy — biorąc pod uwagę powyższe aspekty i wyjaśnienia oraz ze względu na to, że czujka jako przedmiot powszechnego użytku zwiększa bezpieczeństwo ludzi i mienia w sytuacji zagrożenia pożarem i pozwala w znacznym stopniu zmniejszyć ilość ofiar pożarów i strat materialnych z tym związanych — stwierdza, że czujki te można nabywać i stosować bez ograniczeń i że nie wymagają one dalszej kontroli radiologicznej.

## ZAKŁAD ZLIKWIDOWANY, A GDZIE SĄ IZOTOPY?

Problemy związane z przemianami własnościowymi, zachodzącymi w Polsce, nie ominęły również Państwowego Dozoru Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej. W procesie likwidacji zakładów, prywatyzacji lub bankructwa nie zawsze przestrzegane są zasady ochrony radiologicznej wymagające m.in. stałego nadzoru nad posiadanymi źródłami promieniowania jonizującego i właściwego ich zabezpieczenia, zwłaszcza gdy stanowią one część składową maszyny lub urządzenia. Przykładem niech będą Zakłady Przemysłu Dziewiarskiego „Bistona” w Łodzi, gdzie podczas wyprzedaży maszyn — w związku z likwidacją Zakładów — zmieniły właściciela 2 maszyny z zainstalowanymi neutralizatorami ładunku elektrostatycznego ze źródłami Pu-239. W wyniku postępowania wyjaśniającego udało się odnaleźć nowego właściciela i zlokalizować jeden neutralizator; miejsca pobytu drugiego źródła Pu-239 o sumarycznej aktywności 1,85 GBq (50 mCi) służbom awaryjnym CLOR nie udało się ustalić do chwili obecnej.

Biorąc pod uwagę, że przemiany własnościowe będą kontynuowane w jeszcze większym niż dotychczas tempie, Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej wysłał stosowne pisma do Ministra Przekształceń Własnościowych, Ministra Przemysłu i Handlu oraz Głównego Inspektora Sanitarnego o jak najdalej idącą współpracę, której efektem powinno być wyeliminowanie sytuacji, w jakiej źródła promieniowania mogłyby wymknąć się spod kontroli.

Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej tą drogą zwraca się również z apelem do wszystkich inspektorów ochrony radiologicznej działających w zakładach o wywiązywanie się z obowiązku nadzorowania źródeł promieniowania, o współpracę i pomoc w likwidowaniu tego typu zagrożeń. Każda informacja dotycząca poruszanych problemów będzie przyjęta przez Dozór Jądrowy z wdzięcznością i pozwoli na szybkie włączenie się Dozoru w usuwanie nieprawidłowości powstających podczas likwidacji lub przekształcania się w inne struktury organizacyjne zakładów posiadających źródła promieniowania jonizującego.

Ważnym współcześnie problemem jest rzetelne informowanie opinii publicznej o osiągnięciach nauki i techniki — ułatwiających życie człowiekowi, lecz również niosących ryzyko skutków dla niego ujemnych. Problemowi temu — w odniesieniu do energetyki jądrowej, ale nie tylko — poświęciła cały numer jednego ze swych wydawnictw Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu, skąd wybraliśmy poniższy artykuł pani Dixy Lee Ray.

Teza autorki, zawarta w podtytule (i rozwinięta w treści): „Opinia publiczna zbyt często ulega wpływom niewłaściwych sądów”, zdaniem Dozoru Jądrowego, doskonale charakteryzuje również sytuację w Polsce, gdy w sprawach, na przykład, bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej wypowiadają się ludzie o głębokiej nieraz wiedzy — ale w dziedzinach często bardzo odległych od tych zagadnień. Jeżeli ludzie ci dodatkowo zajmują wysoką pozycję społeczną, ich poglądy — mimo, że merytorycznie nieuzasadnione, a więc nie obiektywne — znajdują szeroki rezonans w mass mediach; opinia publiczna skłonna jest przyjmować owe poglądy całkowicie bezkrytycznie — a nawet wbrew oczywistym faktom przedstawianym przez specjalistów z danej dziedziny.

Jak wynika z artykułu, problemy z rzetelną informacją występują obecnie w wielu krajach i dotyczą wielu dziedzin nauki i techniki.

Dixy Lee Ray

## KTO PRZEMAWIA W IMIENIU NAUKI?

### Opinia publiczna zbyt często ulega wpływom niewłaściwych sądów.

W ciągu ostatnich kilku lat amerykańska opinia publiczna była wielokrotnie adresatem litanii katastroficznych przepowiedni nadszających kłesk, o których twierdzono, że są one jednoznacznie związane z nowoczesną cywilizacją. Oceany umierają, atmosfera jest zatruta, sama Ziemia traci zdolność do podtrzymywania istniejącego na niej życia. Najnowszym straszakiem jest „dziura” w warstwie ozonowej. Jak twierdzą prorocy zagłady, szaleją cho-

roby nowotworowe, których przyczyny są na ogół przypisywane wytworzonym przez człowieka substancjom chemicznym. Ostrzeżenia, które w przeszłości padały z ambon w powiązaniu z groźbami wiecznej kary w ogniu i siarce piekła, zastąpione zostały równie ponurymi prorocत्वami, głoszonymi przez alarmistycznie nastawionych działaczy ochrony środowiska, którzy nawołują do wydatkowania bilionów dolarów dla zapobieżenia zagładzie, jaką niosą



siarkowe ścieki przemysłu. Oczywiście sami jesteśmy winni przewidywanym katastrofom, które wynikają z chciwości i perfidii współczesnego człowieka.

Są to dość mocne stwierdzenia, ale czy są one prawdziwe? Podobnie jak w wielu innych przypadkach, które dotyczą technologii, odpowiedź brzmi: „tak” i „nie”, przypuszczalnie nawet bardziej „nie” niż „tak”. Na czym naprawdę polegają zagrożenia środowiska naturalnego? Rakotwórcze środki chemiczne? Promieniowanie, z uwzględnieniem radonu? Dwutlenek węgla, ozon i „efekt szklarniowy”?

Zajmijmy się teraz, krótko lecz dokładnie, każdym z tych przykładów.

Przypomnijmy, że wyjąwszy białaczkę dziecięcą (chorobę o zawsze tragicznym końcu, ale stosunkowo rzadką), rak jest chorobą atakującą przede wszystkim osoby w wieku dojrzałym i starszym. Przyczyny przeważającej większości nowotworów — a jest wiele ich rodzajów — są złożone, interakcyjne i mogą obejmować czynniki genetyczne. Jeżeli spojrzymy na statystyki zgonów, to okaże się że wszystkie razem wzięte substancje rakotwórcze, stanowiące przedmiot zainteresowania amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (Environmental Protection Agency, EPA), a obejmujące chemikalia występujące w miejscu pracy, w środowisku, w żywności i produktach przemysłowych, powodują mniej niż 8% wszystkich spowodowanych rakiem zgonów w USA. Zgodnie z najlepszymi dowodami naukowymi, pozostałe 92% niemal całkowicie można przypisać diecie, wirusom, praktykom seksualnym, alkoholowi, a nade wszystko — tytoniowi. A jednak ciągle publikowane aluzje, wymierzone przeciw chemikaliom przemysłowym i promieniowaniu, skłaniają opinię publiczną do przekonania, że jest inaczej. Co więcej, właściwe odczytanie statystyk nowotworowych wykazuje, że oprócz gwałtownego wzrostu zachorowań na raka płuc, wywołanego paleniem papierosów, na przestrzeni ostatnich 50 lat nie wystąpiło znaczące zwiększenie liczby zgonów spowodowanych pospolitymi odmianami raka. W czasie tych dziesięcioleci gwałtownego uprzemysłowienia i wprowadzania nowych środków chemicznych nastąpiło nawet istotne zmniejszenie takich wskaźników dla niektórych rodzajów raka, np. dla raka żołądka.

Większość ludzi wierzy, że rak jest spowodowany przez wytwarzane przez przemysł substancje toksyczne. Dlaczego? Dlatego, że słuchają nie tych, co trzeba. Ponadto państwowa telewizja wzniosła egzaltowane, „lżawe” dziennikarstwo na nowe wyżyny, przedstawiając emocjonalne, rozdzierające serce historie przypadków białaczki dziecięcej i innych jednostkowych lub rodzinnych tragedii tak, jakby były one przejawami epidemii. Historie te robią na słuchaczach

duże wrażenie i wykorzystują naturalne odruchy sympatii i współczucia, a reakcje te z kolei mają wpływ na decyzje i budżety rządowych instytucji naukowych. Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych, w wewnętrznym dokumencie przyznaje z godną uwagą szczerością, że „nasze priorytety [...] dotyczące przepisów odnoszących się do substancji rakotwórczych wydają się [...] być zgodne raczej z opinią publiczną niż z oszacowaniami ryzyka” i dowodami naukowymi.

### Nasz radioaktywny świat

Prawda jest prosta — żyjemy w świecie radioaktywnym; zawsze tak było i zawsze tak będzie. W każdej sekundzie w nasze ciała uderza 15000 cząstek promieniotwórczych; nie czujemy ich, ani też nie odczuwamy żadnych złych skutków takiego bombardowania. Jednym z trudnych aspektów fobii radiacyjnej jest to, że potrafimy obecnie wykrywać jego niewiarygodnie małe ilości, np. jedna część na bilion. Jak dużo, a raczej — jak mało to jest? Jak możemy sobie wyobrazić jedną część z biliona? Jeden sposób, to podanie odpowiedniej analogii: jedna część na bilion odpowiada jednej kropli wermutu w pięciu wagonach dżinu (bardzo wytrawne martini?)! Albo też — patrząc na to w inny sposób — na naszej planecie żyje teraz około 5 bilionów ludzi. Zatem jedna pięćosobowa rodzina stanowi jedną część na bilion całej populacji ludzkiej. A co powiemy o jednej części na trylion? Jest to jeszcze 1000 razy mniej. Gdy w kwietniu 1986 r. substancje radioaktywne, pochodzące z wypadku w Czernobylu w ZSRR, dotarły do Zachodniego Wybrzeża Stanów Zjednoczonych, prasa ostrzegła mieszkańców przed niebezpieczeństwem możliwego opadu, mówiąc o stwierdzonej w chmurach radioaktywności rzędu pikocurie, ale nie wyjaśniając, że pikocurie oznacza jedną część na trylion i że dla otrzymania z tej „czarnobylskiej chmury” dawki promieniowania równej dawce otrzywanej przez pacjenta podczas diagnostycznego badania tarczycy, należałoby wypić 63000 galonów<sup>1)</sup> tej „radioaktywnej” deszczówki — straszne zadanie!

Pamiętajmy — wszystko jest radioaktywne: nasze domy, budynki, wszystko, czego używamy. Radioaktywny jest pierwotny las, nasze jeziora, strumienie, ocean, a nawet nasze ogródki. Dzięki temu, że żaden z ludzkich zmysłów nie jest czuły na promieniowanie (nie wiążą się z nim żadne bodźce zapachowe, słuchowe ani wzrokowe), promieniowanie — podobnie jak magnetyzm, siła ciężenia czy cząsteczki — było niewykrywalne dopóki nie zbudowano przyrządów pomiarowych o niewiarygodnej dokładności. Dziś wiemy, że

<sup>1)</sup> 1 galon = około 4 litrów

nawet ziemia po której stąpamy jest radioaktywna. Zacytujmy lorda Marshalla z Wielkiej Brytanii:

„Chcę zwrócić uwagę na to, że w moim własnym kraju, w Zjednoczonym Królestwie, ogródek przeciętnego Anglika zajmuje powierzchnię 1/10 akra<sup>2)</sup>. Kopiąc na głębokość 1 metra możemy wydobyć 6 kg toru, 2 kg uranu i 7000 kg potasu — wszystkie one są radioaktywne. W pewnym sensie wszystko to można uznać za odpady radioaktywne; odpady będące nie wytworem człowieka, ale pozostałością po akcie stworzenia tej planety przez Boga”.

To właśnie rozpad promieniotwórczy utrzymuje jądro Ziemi w stanie płynnym i dostarcza od wewnątrz ciepło powodujące że planeta nasza może być zamieszkała. To właśnie ciepło z rozpadu promieniotwórczego dostarcza siły poruszającej ziemskie płyty tektoniczne i powodującej powolny ruch kontynentów, co z kolei ma swój wkład zarówno w trzęsienia ziemi jak wybuchy wulkaniczne. Informacje o istotnych i dobroczynnych aspektach promieniotwórczości, w szczególności w ratujących życie procedurach medycznych, nie docierają nigdy do opinii publicznej. Słyszysz się tylko tych, którzy biją na alarm. Ujemne skutki ich oskarżeń są poważne, a z drugiej strony — krajowym problemem zdrowotnym stał się radon, w związku z wynikającym z dobrych pobudek, ale głupim, uporczywym dążeniem do uszczelnienia domów i innych budynków dla oszczędzenia energii, bez zastanowienia się nad możliwymi szkodliwymi efektami takiego postępowania. Strach przed radioaktywnością ma swoje mocne oparcie w ignorancji.

Najnowszym straszakiem jest gromadzenie się dwutlenku węgla i „efekt szklarniowy”. Prawdą jest, że stężenie dwutlenku węgla w atmosferze rośnie. Prawdą jest, że tempo wzrostu zawartości dwutlenku węgla (oraz metanu, węglowodorów, tlenków siarki, tlenków azotu i kilku innych substancji) osiągnęło obecnie około 1% rocznie. Jednak wzrosty zawartości CO<sub>2</sub> miały miejsce również w geologicznej przeszłości, bez pomocy działalności człowieka, nie jest więc jasne dlaczego spalanie paliw kopalnych miałoby być przyczyną obecnego wzrostu, niezależnie od jego ewentualnego wkładu do ilości bezwzględnych. Ponadto nie wiadomo czy ten wzrost może mieć jakies skutki, a jeśli tak — to jakie; nie wiadomo też jak długo wzrost ten może trwać. Nie powstrzymuje to jednak katastrofistów przed przewidywaniem radykalnych zmian klimatycznych i innych szkodliwych zjawisk.

Rozwaga nakazuje jednak przypomnieć, że klimatyczna historia naszej planety ulegała szesto dość dramatycznym zmianom. Mieliliśmy zarówno epoki lodowcowe jak i okresy ciepłe, trwające 800 lat. Zachodziły nawet zmiany biegunowości Ziemi. Wie-

<sup>2)</sup> 1 akr = około 0,4 ha (4047 m<sup>2</sup>)

my, że drastyczne zmiany klimatu mogą wpływać na wszystkie żywe stworzenia, nie wykluczając człowieka. Nie wiemy jednak co było powodem istotnych zmian klimatu w geologicznej przeszłości, ale z całą pewnością wiemy, że nie były one spowodowane przemysłową działalnością człowieka. Przyczynami tymi prawdopodobnie były (i nadal są) ogromne siły kosmiczne, na które człowiek nie ma żadnego wpływu. Żyjąc obecnie w epoce przemysłowej, technologicznej, nie mamy powodu by przypuszczać iż te siły kosmiczne przestały istnieć. Dlaczego winą musimy obarczać zawsze współczesnego człowieka?

W tych trzech niepokojących z ekologicznego punktu widzenia dziedzinach (i w wielu innych, dotyczących kwaśnego deszczu, warstwy ozonowej i środków owadobójczych) występuje wyraźna dychotomia między tym, co jest wiadome i zrozumiałe dla większości naukowców-specjalistów i tym, w co wierzy społeczeństwo na podstawie docierających doń informacji. A to, co społeczeństwo uważa za prawdziwe, nawet wówczas, gdy jest fałszywe, pociąga za sobą ogromne skutki, ponieważ to właśnie opinia publiczna decyduje o sposobie wydatkowania funduszy publicznych.

### Edukacja i społeczeństwo

Na dręczące pytania, związane z tym, w co społeczeństwo wierzy, pada zawsze ta sama odpowiedź: wykształcić społeczeństwo. Ja na to odpowiadam następnym prostym pytaniem: „Jak?” Wydaje się rozsądnym by przyjąć, że gdy ludzie raz zrozumieją jak dobra, bezpieczna i nie zagrażająca środowisku jest jakaś technologia, to ją zaakceptują, nawet jeśli nie powitają jej z radością. Wydaje się rozsądnym by oczekiwać, że społeczeństwo będzie wdzięczne za techniki, które mogą oznaczać odpowiedzialne rozwiązanie zagadnień ochrony środowiska. Jednak oczywiście jest, że sprawy wyglądają inaczej, ponieważ spokojne rozumowanie i alarmistyczny punkt widzenia ochrony środowiska nie mogą współistnieć.

Ponadto, jak społeczeństwo ma wiedzieć, że rozpatrywana technologia, np. energetyka jądrowa, jest technologią dobrą, bezpieczną i środowiskowo niegroźną? Czy opinia publiczna uwierzy wam lub mnie na słowo, nawet przy założeniu, że mamy jakąś możliwość bezpośredniego komunikowania się ze społeczeństwem? Czy zapewnienia dyrektora elektrowni są dla opinii publicznej wiarygodne? Czy też może wiarygodni są:

- producenci energii elektrycznej?
- przedstawiciele przemysłu jądrowego?
- przedstawiciele przemysłu chemicznego?
- przedstawiciele instytucji rządowych?
- naukowcy i inżynierowie?

Rozwój wydarzeń w ciągu ostatnich 10–12 lat, zwłaszcza w dziedzinie jądrowej oraz — coraz bardziej — w przemyśle chemicznym, wykazuje, że żadna z wymienionych wyżej grup nie cieszy się zaufaniem. Społeczeństwo znacznie łatwiej wierzy przeciwnikom nauki i technologii niż ich zwolennikom. Jeżeli czytający te słowa nie jest skłonny do zaakceptowania tego stwierdzenia, to niech spróbuje sobie wyobrazić swój udział w jednym z wielu amerykańskich programów radiowych lub telewizyjnych. W programach tych zagadnienia sporne, nawet bardzo skomplikowane zagadnienia techniczne, są przedstawiane w konwencji debaty między antagonistami, zupełnie tak, jakby kwestie dotyczące faktów naukowych mogły być rozstrzygane nie za pomocą dowodów, ale w dyskusji. Taki sposób informowania społeczeństwa o zagadnieniach naukowych porównałam z hipotetyczną sytuacją, w której w programie telewizyjnym dotyczącym wymiaru sprawiedliwości w sprawach kryminalnych występuje „równoważona” reprezentacja trzech sędziów i trzech przestępców. Jest to oczywiście sprawiedliwe — przedstawiono punkty widzenia obu stron. Tak właśnie to wygląda w przypadku nauki i technologii. W takiej konwencji oponenti zawsze „wygrywają”, ponieważ występując przeciw jakiegokolwiek technologii wystarczy po prostu wysunąć oskarżenia, nawet absurdalne; nie musi się przedstawiać żadnych dowodów. Ciężar udowodnienia bezpodstawności oskarżeń spoczywa na zwolennikach nauki. Jest to sytuacja trudna; jest to również sytuacja, z jaką nie potrafimy sobie dobrze poradzić.

### Kształcenie w zakresie nauki

Kiedyś, za czasów mojej dawno minionej młodości, specjaliści cieszyli się zaufaniem. Były to czasy gdy zakładano, że większość ludzi i większość instytucji działa zgodnie z dobrą wolą i uczciwie, przynajmniej dopóki nie udowodniono, że jest inaczej. Były to również czasy niespotykanego przedtem rozwoju naszej wiedzy o świecie, naszej wiary w siebie oraz w nasze możliwości znajdowania należytych rozwiązań zagadnień technicznych na drodze ich zrozumienia oraz logiki. Były to czasy optymizmu i postępu. Były to czasy takiej poprawy warunków życia, która spowodowała, że nasze społeczeństwo i nasz naród stały się obiektem zazdrości całego świata. Były to czasy, w których oczekiwano praktycznego wykorzystania wiedzy, w których życie stało się łatwiejsze i lepsze dzięki niezliczonym zastosowaniom nauki w technologii, w których uzyskaliśmy więcej czasu na korzystanie z tego życia, dzięki przedłużeniu życia ludzkiego do ponad trzech czwartych wieku. Zabawne jest to, że nadal żyjemy w takich czasach, ale wydaje się iż mało komu sprawia to jeszcze radość. Zbyt wielu

ludzi boi się technologii, nienawidzi i odrzuca wszystko, co jest związane z zagadnieniami jądrowymi lub chemią. Wbrew wszelkim dowodom na to, że nasze samopoczucie fizyczne jest dobre, przerastające marzenia poprzednich pokoleń, staliśmy się narodem łatwo ulegającym przerażeniu; jesteśmy najdrowszymi hipochondrykami świata!

Czym to zostało spowodowane? Co nas zmusza do lamentów zamiast radości? Dlaczego tak łatwo wierzymy we wszystko, co najgorsze, a z takimi oporami dostrzegamy dobro? Jednym z możliwych wyjaśnień może być stwierdzenie, że po prostu fatalnie wywiązałyśmy się z zadania nauczania. Nie dotyczy to oczywiście tych, którzy poświęcają się pracy naukowej — z nimi radzimy sobie całkiem nieźle. Jednak w równie ważnym zadaniu przekazania wiedzy o nauce wszystkim pozostałym, zdecydowanej większości studentów, którzy nie będą zawodowo zajmować się nauką czy techniką, zawiedliśmy całkowicie.

Musimy więc postawić następne pytanie: skąd — jeśli nie ze szkół i uczelni — większość ludzi czerpie informacje o nauce i o ważnych zastosowaniach technologii we współczesnym świecie? Odpowiedź jest łatwa: źródłem tych informacji jest przede wszystkim telewizja oraz — w mniejszym stopniu — radio i słowo drukowane. Kto podejmuje decyzję o charakterze tych informacji? Nie naukowcy, ale reporterzy, redaktorzy wiadomości i wydawcy. Mówi się o komentatorze profesora Johna Kemeny'ego, przewodniczącego prezydenckiej komisji dochodzeniowej w sprawie wypadku w elektrowni w Three Mile Island, po spotkaniu z prasą na temat jego raportu:

„Wyjechałem z Waszyngtonu spodziewając się znaleźć kiedyś w jednej z naszych gazet poranny następującą historyjkę. Trzej uczeni, Galileusz, Newton i Einstein, doszli do wniosku, że Ziemia jest okrągła. Jednak *New Times* dowiaduje się z absolutnie pewnego źródła, że profesor John Doe z Podunk College dysponuje bezdyskusyjnym dowodem na to, że Ziemia jest płaska”.

### Nauka i środki przekazu informacji

Jeśli chcemy by ludzie mieli należyte wykształcenie, a dzięki temu byli lepiej przygotowani i zdolni do podejmowania racjonalnych decyzji w dotyczących ich sprawach technicznych, musimy się sami więcej nauczyć o różnych światach, w jakich żyją i pracują z jednej strony dziennikarze, a z drugiej — naukowcy. Musimy stwierdzić, że naukowcy, technolodzy i inżynierowie nie przekazują informacji bezpośrednio społeczeństwu i że wręcz nie mogą tego zrobić. Zadanie to wykonują środki przekazu, działając przy tym jak filtry informacyjne. W ostatecznej konkluzji zauważmy, że nauka i środki przekazu muszą wy-

pracować wspólne sposoby działania dla osiągnięcia wspólnych celów; po prostu nie istnieje żaden inny mechanizm, mogący udostępnić społeczeństwu informacje naukowe, konieczne dla właściwego podejmowania decyzji społecznych. Niestety, do tej pory nie widać takiego rozwoju wzajemnych stosunków między nauką i środkami przekazu.

Zajmijmy się różnicami w sposobach pracy, w motywacjach i systemach nagradzania naukowców i dziennikarzy. Zaczniemy od naukowców. Dla nich, przy ocenie pracy, kryterium ilościowe jest znacznie mniej ważne od jakościowego. Ludzie ci pracują we własnym rytmie, nie podlegając zabójczym, nieprzekraczalnym terminom, ani codziennym, ani cotygodniowym. Naukowcy pracują w ramach dobrze określonych dyscyplin, z których każda stanowi maleńką część całej nauki. Praca naukowca jest oceniana przez innych specjalistów, a jeśli nie zostanie przez nich zaaprobowana — nie może być opublikowana. W przypadku pracowników nauki wszelkie finansowanie i awanse zawodowe opierają się na ocenianej przez innych fachowców pracy. Wszystko to powoduje, że naukowcy są bardzo ostrożni w formułowaniu stwierdzeń. Ci, którzy cenią sobie swą pozycję we własnej, specjalistycznej społeczności, starannie dbają o to, by nie wypowiedzieć zbyt mocnych twierdzeń, a ponadto czują się zobowiązani do podawania uzasadnień swoich sądów. Jest to często interpretowane przez społeczność nie związaną z uprawianiem nauki jako dowód niepewności, wątpliwości, wahań, a nawet jako dowód braku zgody między naukowcami.

Tymczasem w przypadku środków przekazu kluczem do awansu dziennikarza jest ilość jego pracy, jak największa liczba minut w eterze lub linii druku. Współzawodnictwo o zdobycie czasu antenowego lub miejsca na papierze jest bardzo ostre. Na dziennikarza narzucane są z zewnątrz pewne nieprzekraczalne terminy, na ogół krótkie i ostateczne. W dziennikarstwie nie istnieją wąskie specjalizacje; reporter musi omawiać wszystko. Praca dziennikarza nie podlega ocenie innych dziennikarzy, ale jest oceniana przez wydawcę lub redaktora; najważniejsze jest to, co przyciąga uwagę. Dobry reportaż jest zwarty, nie ma w nim miejsca na zastrzeżenia czy uzasadnienia. W telewizji na jedną relację przeznaczona jest zwykle najwyżej 60 sekund. W tych warunkach dziennikarze nie mogą studiować prac naukowych. Ich praca jest wykonywana głównie przy użyciu telefonu; wyszukują oni „specjalistów”, którzy mogą im dostarczyć dobrych, krótkich wypowiedzi.

Należy pamiętać o tym, że środki przekazu obwołały się obrońcami zaufania społecznego; tak też są postrzegane przez większość ludzi. Dziennikarze informują społeczeństwo, bo społeczeństwo tego do-

niech oczekuje. Dla dziennikarza najszybsza droga do sukcesu, do znanego i uznawanego nazwiska, polega na wywołaniu ducha nadciągającej zagłady, a następnie na wystąpieniu w obronie społeczeństwa przed tą klęską.

Trudno byłoby znaleźć dwa bardziej nieporównywalne zawody; nie można więc się dziwić powstawaniu nieporozumień i przekłamań. Dobry pracownik naukowy usilnie dąży do precyzji stwierdzeń, uwzględniając w swoich sądach zastrzeżenia i ograniczając się do swojej dziedziny. Ten sposób postępowania jest na ogół zamierzony. Dobry dziennikarz dąży do szybkiego reagowania, do zwartych, rozsądnie ścisłych stwierdzeń. Przede wszystkim dobry reporter formułuje swoje sądy, tak, aby uzyskać jak największy odzew u odbiorców. A zatem informacja przepływająca ze środowiska naukowego do środowiska dziennikarskiego nieuchronnie ulega zniekształceniu i przefiltrowaniu, co nie pozostaje bez wpływu na jej odbiór społeczny. Wydaje się, że w związku z tym istnieją trzy zasadnicze problemy.

— Zrozumiałe, choć godne pożałowania, położenie nacisku na konflikt między technologią i interesem społecznym. Jest to korzystne z dziennikarskiego punktu widzenia, ale często niepotrzebnie potęguje niepokój. Społeczeństwo często przyjmuje wiadomości źle, ale zostało przyzwyczajone do odrzucania wiadomości dobrych, odbieranych jako próby zatuszowania czegoś.

— Trwałość informacji fałszywych, przesadzonych lub wprowadzających w błąd. Prowadzi to do rozpowszechniania czegoś, co nazwiemy „faktoidami”<sup>3)</sup>. Przykładami faktoidów są stwierdzenia takie jak „pestycydy powodują raka”, „każda dawka promieniowania jest szkodliwa”, „każdy deszcz jest spowodowany przez dwutlenek siarki, powstający ze spalania węgla”. Takich faktoidów, czyli niepodbudowanych żadnymi dowodami wieńców, są dziesiątki. Niektóre z nich wynikają z błędnego założenia, że jeśli dwa zjawiska zachodzą równocześnie albo kolejno po sobie, to muszą one stanowić przyczynę i skutek. Inne pojawiają się w wyniku zniekształconych opinii naukowców pragnących rozgłosu dla jakiejś sprawy lub stanowiska politycznego, albo za sprawą nadgorliwego, chcącego się wyróżnić dziennikarza.

— Dobrzy naukowcy ograniczają swoje sądy do zakresu odpowiedniej dyscypliny, dobrzy dzien-

<sup>3)</sup> Wiele z przedstawionych tu myśli oraz określenie „faktoidy” autorka zawdzięcza artykułowi „The Different Worlds of Scientists and Reporters” (Różne Światy Naukowców i Dziennikarzy) G.I. Baskerville'a i K.L. Browna, opublikowanemu w czasopiśmie *Forestry Focus* Uniwersytetu New Brunswick i przedstawionemu w *Journal of Forestry*.

nikarze posługują się uogólnieniem lub wspólnym kontekstem; prowadzi to często do niewłaściwych interpretacji. Naukowiec stwierdza: „Zostałem źle zacytowany” i przyrzeka sobie nigdy więcej nie rozmawiać z dziennikarzem. Taka reakcja jest błędem, ponieważ oddaje odpowiedzialność za kontakty ze środkami przekazu tym reprezentantom nauki, którzy unikają poddawania swych prac ocenie swego środowiska, czują w sobie „powołanie” lub „oddanie sprawie”, albo są szarlatanami lub oszustami. Tacy zdarzają się również wśród naukowców, podobnie jak w dowolnej innej grupie zawodowej.

Wyplenienie tych szalbierzy jest zadaniem samych naukowców; niestety, nie wywiązujemy się z niego. Ciesząca się szacunkiem społeczność naukowców surowo ocenia wszystkich należących do elity tego zawodu, ale jednocześnie ignoruje niekompetentnych i miernoty.

Dr Ernest Sternglass, często cytowany przez środki przekazu w sprawach związanych z promieniowaniem, nigdy nie opublikował swych stwierdzeń dotyczących skutków małych dawek promieniowania w żadnym czasopiśmie wymagającym recenzowania przyjmowanych prac. W artykule opublikowanym w 1969 r. w magazynie *Esquire*, dr Sternglass przewidywał śmierć wszystkich amerykańskich dzieci jako skutek opadu radioaktywnego po próbach jądrowych. Minęło 20 lat i ze szkodą dla wiarygodności

*Dixy Lee Ray: WHO SPEAKS FOR SCIENCE? Public opinion is too often swayed by the wrong voices. (IAEA Bull., 1990, Vol. 32, No. 2, p.31-35)*

The paper speaks about problems facing scientists, journalists and other in communicating with the public about nuclear energy and science in general. One of the main author's thesis: „science and the media must learn to work together for a common purpose, because there is simply no other mechanism that can provide the necessary scientific information to society for social decision-making”.

autora, ale na szczęście dla dzieci, okazało się, że dr Sternglass nie miał i nie ma racji. Jednak jego opinie, już dawno odrzucone przez specjalistów w tej dziedzinie, nadal cieszą się aktywnym zainteresowaniem i są cytowane w popularnej prasie. Dopóki szanowani naukowcy, za pośrednictwem swych towarzystw profesjonalnych lub amerykańskiej Akademii Nauk, nie wskażą tych, którzy ponoszą winę za fałszywe przedstawianie faktów, winą za strach, niezrozumienie i odrzucenie technologii możemy obarczać wyłącznie samych siebie.

Powinniśmy być bardzo wrażliwi na to, kto przemawia w imieniu nauki, zwłaszcza w naszej epoce szybko rozwijających się technologii. Wprowadzone w błąd lub niepoinformowane społeczeństwo może uniemożliwić każde działanie, nawet takie, które w oczywisty sposób jest dla tego społeczeństwa korzystne. Jak możemy wykształcić społeczeństwo? Nie znam szczegółowej recepty na to, ale jednego jestem pewna: społeczeństwo będzie wykazywać brak wiadości i ignorancję w sprawach nauki dopóty, dopóki zawodowi dziennikarze nie postanowią inaczej, dopóki nie przestaną oni cytować szarlatanów i oszustów oraz dopóki nie zabiorą głosu szanowani naukowcy.

(Artykuł opubl. w: IAEA Bulletin, 1990, Vol. 32, No. 2, str. 31-35. Vienna-Austria.  
Tłum.: W. Stępień-Rudzka)

**Główny Inspektor Dozoru Jądrowego przedstawia informację o groźnym wypadku, jaki wydarzył się podczas rutynowego, stosowanego w celach leczniczych, naświetlania pacjentów promieniowaniem elektronów z akceleratora w szpitalu w Hiszpanii.**

Wacław Dąbek

## WYPADEK W SARAGOSSIE — HISZPANIA

### Wstęp

W Polsce pracuje obecnie około 34 akceleratorów, głównie typu Neptun o energii 10 MeV i Saturn o energii 20 MeV, z tego w medycynie dla celów terapeutycznych stosuje się około 25 takich urządzeń. Natomiast urządzeń do naświetlania promieniowaniem kobaltu pracuje w medycynie około 30.

Pragnąc zwrócić uwagę, zarówno eksploatatorom takich urządzeń terapeutycznych, jak i ich konserwatorom, na możliwość wystąpienia sytuacji mogących mieć bardzo poważne skutki dla pacjentów, a w niektórych przypadkach również dla obsługi, podaję krótki opis wypadku, jaki zdarzył się w szpitalu w Hiszpanii. Niech ten wypadek będzie przestrożą dla wszystkich wykorzystujących różnego typu akceleratorów i urządzenia kobaltowe w swojej działalności. Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej ze swej strony wzmocni starania i dopilnuje, aby wykorzystywanie takich urządzeń odbywało się zgodnie z wymaganiami ochrony radiologicznej.

### Opis wypadku

W grudniu 1990 r. 27 pacjentów podczas radioterapii (naświetlania w celach leczniczych promieniowaniem) otrzymało zbyt dużą dawkę promienio-

wania z akceleratora liniowego w Klinicznym Szpitalu w Saragossie w Hiszpanii. Zbyt wysoka energia elektronów spowodowała zmniejszenie się pola naświetlenia. Konsekwencją tego był wzrost przenikania elektronów, naświetlenie głębszych obszarów ciała pacjenta i większa dawka promieniowania niż ta, którą zaprogramowano — co wywołało pewne zgubne skutki.

Rząd hiszpański dostarczył do Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) techniczny raport z tego zdarzenia, opracowany przez Hiszpański Dozór Jądrowy. Raport stwierdza, że przyczyną wypadku był błąd spowodowany przez personel techniczny dostawcy akceleratora podczas naprawy. Następstwem tego było również nieprzebieganie procedur dozorowych przez personel eksploatacyjny akceleratora mimo, że kwalifikacje tego personelu były zgodne z przepisami.

Wszystkie szpitale posiadające ten sam typ akceleratora zawiadomiono o wypadku i zwrócono uwagę, aby przestrzegać dokładnie instrukcji oraz codziennie kalibrować urządzenia terapeutyczne.

### Komentarz

Urządzenie, które uległo wypadkowi, to akcelerator firmy General Electric — CGR o energii maksymalnej elektronów 40 MeV, z możliwością na-

stawienia 7, 10, 13 i 36 MeV. Może on pracować również z fotonami o maksymalnej energii 25 MeV.

Zarówno w urządzeniach do terapii kobaltowej, jak i w akceleratorach wymaga się działań kontrolnych jakości, aby upewnić się, że nastawione parametry naświetlania odpowiadają dokładnie tym, które powinny być stosowane podczas naświetlania. Jest to bezwzględne wymaganie, które powoduje, że tego typu naświetlanie można przeprowadzić jedynie przy

ściśle kontroli klinicznej. Kontrola jakości jest związana ściśle z problemami zdrowia i w różnych krajach właściwe przepisy zawierające podstawowe zasady ochrony radiologicznej dla osób poddawanych leczeniu i badaniom medycznym nakładają pełną odpowiedzialność w tych sprawach na władze służby zdrowia. Jedynie wtedy, gdy ci, którzy odpowiadają za proces leczenia są pewni, że nastawione parametry naświetlania są właściwe, mogą poddać pacjenta naświetleniu.

## Od Redakcji

Informację o wypadku w Saragossie podała Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu w Roczniku za 1991 r.<sup>\*)</sup> i jedynie to źródło mógł wykorzystać autor przedstawiając wypadek. Jak można zauważyć, informacja o wypadku jest niepełna; obecnie toczy się w Hiszpanii proces sądowy w tej sprawie. Tak więc dopiero po zakończeniu procesu i opublikowaniu jego wyników będziemy mogli zamieścić w Biuletynie kompletną informację o przyczynach, przebiegu i ostatecznych skutkach wypadku.

<sup>\*)</sup> IAEA Year Book — 1991, p. D-63. IAEA-Vienna.

*Wydawca: Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej  
Warszawa, ul. Krucza 36*

*Redakcja: Główny Inspektorat Dozoru Jądrowego PAA  
00-921 Warszawa, ul. Krucza 36  
red. naczelny — Jerzy Zandberg  
sekretarz redakcji — Ewa Szkultecka, tel. 111-999*

*Przewodniczący Rady Programowej  
doc. Wacław Dąbek*

Skład i łamanie: Pracownia Poligraficzna FOTOSKŁAD, Warszawa, ul. Niecała 4a

Druk



ul. Żurawia 2  
05-402 Otwock-Świder