

Biuletyn Miesięczny PSE, październik 2005, s. 9-24

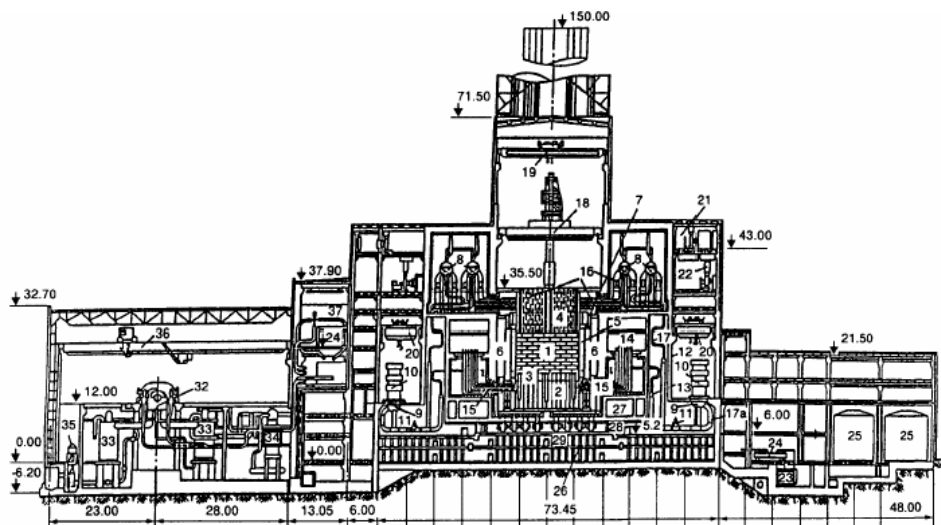
CZY AWARIA TAKA JAK W CZARNOBYLU MOŻE POWTÓRZYĆ SIĘ W POLSKIEJ ELEKTROWNI JĄDROWEJ?

Dr inż. A. Strupczewski¹

Właśnie, gdy pisałem ten artykuł, w Wiedniu odbywała się międzynarodowa konferencja „Dwudziestolecie Czarnobyla – spojrzymy wstecz, by iść naprzód”. Zespół zwany „Forum Czarnobyla”, obejmujący osiem organizacji ONZ i rządy wszystkich zainteresowanych krajów, przedstawił na niej raporty podsumowujące naszą wiedzę o przebiegu i skutkach tej awarii. Potwierdziły one poprzednie raporty takich organizacji ONZ jak UNSCEAR² lub WHO³. Warto zapoznać się z nimi by wiedzieć, czy grozi nam podobna awaria – i jakie naprawdę są skutki awarii w Czarnobylu.

Wady konstrukcyjne reaktora RBMK

Reaktory pracujące w Czarnobylu, zwane RBMK – (Reaktor Bolszoy Moszcznosti Kanalnyj-kanalowy reaktor wielkiej mocy) - mają konstrukcję odmienną od reaktorów PWR i BWR, budowanych w krajach OECD i na całym świecie. Jedną z przyczyn tego stanu było oparcie konstrukcji reaktora RBMK na wcześniej budowanych w ZSRR reaktorach wojskowych dla produkcji plutonu, inną - dążenie do budowy wielkich jednostek, które można było montować na placu budowy prawie bez ograniczenia mocy maksymalnej, ale najważniejszym powodem było odizolowanie twórców tego reaktora od światowego dorobku w zakresie bezpieczeństwa reaktorów i utrzymywanie w tajemnicy rozwiązań zastosowanych w RBMK. Nie tylko specjaliści zachodni, ale nawet inżynierowie z krajów demokracji ludowej takich jak Czechy czy Polska nie mieli dostępu do informacji o reaktorach RBMK. Rosjanie pytania kwitowali krótkim stwierdzeniem, że nie ujawnią ich budowy, bo nie zamierzają eksportować tych reaktorów jako „zbyt trudnych do eksploatacji w krajach poza ZSRR”.



Reaktory te były rzeczywiście skomplikowane, jak widać na rys. 1.

Rys. 1 Układ reaktora RBMK. 1- stos grafitowy, 2-7 struktury metalowe, 8 walczyk separatora pary, 9 główne pompy cyrkulacyjne, 10- silnik pompy, 11 zawory odcinające, 12 kolektor wlotowy.

¹ Przewodniczący Komisji Bezpieczeństwa Jądrowego Instytutu Energii Atomowej, Swierk, A.Strupczewski@cyf.gov.pl

² UNSCEAR – United Nations Scientific Committee for Effects of Atomic Radiation, - Komitet Naukowy ONZ ds Skutków Promieniowania Atomowego

³ WHO- World Health Organization – Światowa Organizacja Zdrowia

Cylindryczny rdzeń reaktora RBMK o średnicy 12 m i wysokości 7 m składał się w elektrowni jądrowej (EJ) Czarnobyl z 1659 zestawów paliwowych zawierających łącznie 190 ton uranu. Konstrukcja reaktora pozwalała na miejscową wymianę paliwa w czasie pracy reaktora, tak że wypalenie paliwa usuwanego z reaktora mogło być bardzo małe. Rozwiązanie to stosowano uprzednio w reaktorach wojskowych, przystosowanych do produkcji plutonu nadającego się do wykorzystania w bombie jądrowej⁴. Rdzeń reaktora otoczony był osłoną biologiczną w postaci współosiowego zbiornika wodnego o średnicy 16.6 m, od góry i od dołu zamkniętego szczelnie cylindrycznymi pokrywami, przez które przechodziły liczne rurociągi. System regulacji i zabezpieczeń reaktora obejmował 211 prętów pochłaniających neutrony, przesuwających się w specjalnych kanałach i mających za zadanie automatyczne utrzymywanie zadanej mocy reaktora, szybkie obniżanie mocy w razie sygnału o uszkodzeniu urządzeń reaktora i awaryjne wyłączenie reaktora w razie niebezpiecznego odchylenia wskazań przyrządów.

Ze względu na duże rozmiary reaktora konstruktorzy zdecydowali, że jeśli dojdzie w nim do awarii rozerwania obiegu pierwotnego to spowoduje ona utratę wody tylko z części kanałów paliwowych. Ograniczyli więc oni rozmiary układu awaryjnego chłodzenia rdzenia budując go tak, by dostarczał wodę do tej połowy rdzenia, która narażona była na utratę chłodziwa po awarii. Specjalny układ detekcji przecieków miał niezawodnie wykrywać, w której połówce reaktora nastąpiła awaria i kierować odpowiednio wodę z układu chłodzenia awaryjnego. Pozwalało to na oszczędności – ale moc układu chłodzenia awaryjnego była zmniejszona, co oznaczało, że do jego prawidłowego działania trzeba było wskazać, do której części rdzenia ma on wtryskiwać wodę. Ponadto, w razie awarii obejmującej cały reaktor układ chłodzenia awaryjnego byłby niewystarczający do chłodzenia paliwa – a awaria w Czarnobylu objęła cały rdzeń.

Brak obudowy bezpieczeństwa. Paliwo reaktora RBMK znajdowało się w wielu równoległych kanałach pod ciśnieniem, a nie było zamknięte w zbiorniku ciśnieniowym jak w reaktorach PWR, WWER czy BWR. Dzięki temu moc reaktora mogła być bardzo duża, bo nie ograniczały jej trudności w spawaniu grubych ścian dużego zbiornika mieszczącego rdzeń reaktora. I rzeczywiście, konstruktorzy radzieccy wykorzystywali tę szansę budowy dużych jednostek i moc podstawowego bloku z reaktorem RBMK wynosiła 1000 MWe, a największe bloki miały po 1500 MWe. Ze względu na ich wielkie rozmiary trudno byłoby otoczyć je obudową bezpieczeństwa, więc konstruktorzy zrezygnowali z pełnej obudowy, zamykając w pomieszczeniach szczelnych tylko część obiegu chłodzenia reaktora, ale bez rdzenia i bez przylegających do niego rur pierwotnego obiegu chłodzenia. [1]. System lokalizacji wody radioaktywnej w zamkniętej przestrzeni pod rdzeniem przeznaczony był do skraplania i zbierania przecieków z obiegu pierwotnego i nie był zaprojektowany tak by działał w razie zniszczenia rdzenia i uwolnienia znacznych ilości materiałów radioaktywnych. Było to w jaskrawej sprzeczności z praktyką na całym świecie, według której obudowa bezpieczeństwa jest niezbędnym składnikiem systemu barier powstrzymujących w razie awarii uwolnienia produktów rozszczepienia do otoczenia.

Samoczynny wzrost mocy reaktora RBMK w pewnych sytuacjach awaryjnych

Najważniejszą jednak różnicą między reaktorem RBMK a reaktorami z moderatorem wodnym było zachowanie reaktora w przypadku zaburzeń przepływu chłodziwa, prowadzących do wzrostu temperatury wody.

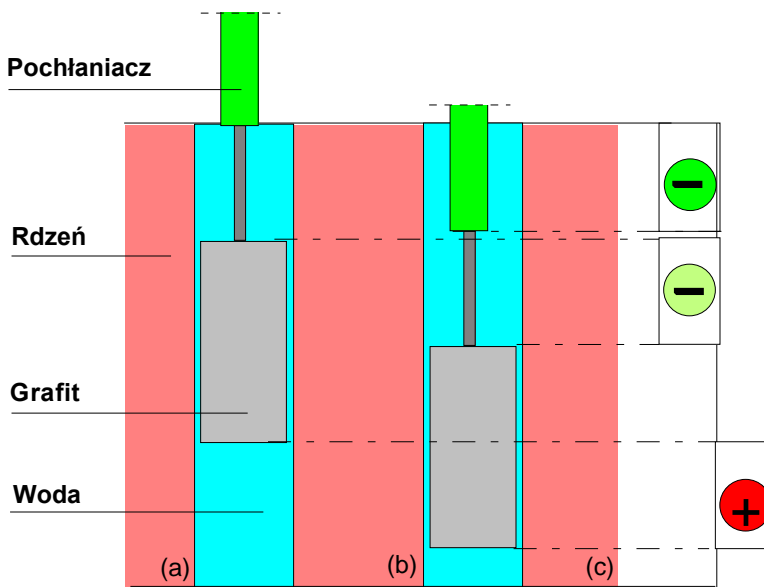
⁴ Spośród wielu izotopów plutonu wytwarzanych w reaktorze jądrowym najlepiej do broni jądrowej nadaje się pluton 239, produkowany na początku wypalania paliwa. W miarę wzrostu wypalenia powstają też inne długożyciowe izotopy plutonu, które znacznie utrudniają budowę bomb atomowych.

To dodatnie sprzężenie zwrotne powoduje gwałtowny wzrost mocy reaktora, o ile nie zatrzyma go wprowadzenie do rdzenia prętów bezpieczeństwa.

Błąd konstrukcyjny w układzie prętów bezpieczeństwa

Niestety, w Czarnobylu występowało dodatkowe niebezpieczeństwo, z którego nie zdawano sobie sprawy aż do czasu awarii, mianowicie wprowadzenie prętów bezpieczeństwa nie zawsze powodowało od razu wyłączenie reaktora. Przeciwnie, w momencie zrzutu pręta z górnego położenia ponad rdzeniem do rdzenia wsuwał się najpierw przedłużacz z wkładką grafitową, która usuwała wodę z kanału, a nie pochłaniała neutronów. Powodowało to wzrost mocy reaktora, jak pokazano na rys. 3 znakiem + w kolumnie „c”. Powyżej wkładki, wokoło pręta łączącego ją z pochłaniaczem ilość wody w kanale była większa, tak że dalsze wprowadzanie pręta bezpieczeństwa do rdzenia powodowało zmniejszanie mocy, a ostatecznie do rdzenia wpadała część pochłaniająca neutrony i wygaszająca reakcję łańcuchową (znak „-”, w kolumnie „c”). Tak więc, w chwili wrzucania do rdzenia pręta wiszącego nad rdzeniem, gdy do rdzenia był już wprowadzony przedłużacz, a jeszcze nie pochłaniacz, wyparcie wody z kanału pręta bezpieczeństwa powodowało przejściowy wzrost mocy reaktora. Wobec wielkich rozmiarów rdzenia RBMK sytuacja taka trwała kilka sekund. Dlatego w analizach bezpieczeństwa zakładano, że duża część prętów bezpieczeństwa powinna być częściowo zanurzona w rdzeniu, tak by nie występowało dodatkowe wypieranie wody przy ich spadku do rdzenia. Ale w chwili tuż przed awarią niemal wszystkie pręty bezpieczeństwa były całkowicie wyciągnięte ponad rdzeń...

Miało to spowodować tragiczne skutki w czasie awarii.



Rys. 3 Skutki wprowadzania pręta bezpieczeństwa do rdzenia reaktora RBMK. Wprowadzanie przedłużacza grafitowego powoduje wzrost mocy; dopiero zalanie wodą przestrzeni nad grafitem a potem spadek pochłaniacza dają spadek mocy (patrz znaki + i – w kolumnie „c”) [3].

Możliwość odłączenia układu zabezpieczeń reaktora

Reaktor RBMK miał i inne niebezpieczne cechy konstrukcyjne. Jak wspomnieliśmy powyżej, układ awaryjnego chłodzenia rdzenia włączał się po otrzymaniu sygnału, w której części rdzenia wystąpił

przeciek. Stwarzało to możliwość odłączenia układu – i operatorzy to zrobili...

Sygnały układu zabezpieczeń reaktora w Czarnobylu powinny były wyłączyć reaktor długo przed awarią, gdy więcej prętów bezpieczeństwa znajdowało się w rdzeniu, co wykluczało przejściowy wzrost mocy. Ale sygnały te można było odłączyć – i operatorzy to zrobili...

Obecność grafitu i niedobór wody. W rdzeniu reaktora znajdowało się wiele ton grafitu o bardzo wysokiej temperaturze. W normalnych warunkach eksploatacyjnych znajdował się on w otoczeniu

gazu obojętnego, ale po rozerwaniu rdzenia mógł do niego dostać się tlen powodując pożar– i nastąpiło to w Czarnobylu...

Ilości wody w reaktorze RBMK były stosunkowo małe, ograniczane przez konstruktorów by nie powiększać i tak bardzo dużych rozmiarów elektrowni (długość hali reaktorów w Czarnobylu wynosiła ponad kilometr!). W reaktorach PWR i BWR w razie awarii woda zalewa obudowę bezpieczeństwa rozpuszczając i zatrzymując jod, cez i inne produkty rozszczepienia. Dlatego po awarii w TMI⁵, gdzie zniszczeniu uległ rdzeń reaktora PWR, frakcja jodu, która wydostała się poza obudowę, była mniejsza od jednej milionowej. W reaktorze RBMK brak wody uniemożliwił zatrzymanie cezu i jodu po awarii. Frakcja jodu wyrzucona w powietrze wynosiła około 20%, a cezu około 13%. Co więcej, wskutek braku obudowy bezpieczeństwa produkty rozszczepienia wydobywały się ze zniszczonego budynku reaktora i z dymem z płonącego grafitu unosiły się wysoko w powietrze.

Brak kultury bezpieczeństwa

Zasadniczą cechą kultury bezpieczeństwa jest nadanie sprawom bezpieczeństwa takiej wagi, na jaką one zasługują, a więc stawianie ich na pierwszym miejscu, PRZED produkcją energii elektrycznej i wszelkimi względami politycznymi. Za bezpieczeństwo elektrowni jądrowej winien odpowiadać jej dyrektor, który musi mieć do tego odpowiednie uprawnienia i środki. Dozór jądrowy musi być niezależny od operatora i właściciela elektrowni i mieć odpowiednie narzędzia do kontroli bezpieczeństwa elektrowni, a w razie potrzeby do jej ukarania włącznie z zatrzymaniem pracy reaktora. Analizy bezpieczeństwa winny obejmować wszystkie przypadki objęte projektem i przedstawiać ich konsekwencje aż do momentu doprowadzenia reaktora do wyłączenia i osiągnięcia stanu stabilnego i bezpiecznego.

W dawnym ZSRR żadne z tych wymagań nie było spełnione. Sprawą nadrzędną była realizacja wytycznych partyjnych, produkcję energii elektrycznej traktowano jako dużo ważniejszą niż bezpieczeństwo jądrowe, a chęć przedstawienia w dniu 1 maja meldunku o udanym doświadczeniu wystarczała jako uzasadnienie pośpiechu i odstępstw od programu pracy. Za bezpieczeństwo odpowiadało ministerstwo, do którego należały reaktory i które ustalało zadania dla dyrektora i załogi. Dozór jądrowy był słaby i praktycznie pozbawiony wpływu na działania ministerstwa. Przepisy bezpieczeństwa zawierały sformułowania pozwalające na odstępstwa, np. wymaganie, że po wzroście temperatury moc reaktora powinna maleć, opatrzone uwagą „*chyba że projektant udowodni, że nie jest to konieczne dla zachowania bezpieczeństwa jądrowego*”. W praktyce oznaczało to, że organizacje projektowe mogły opracowywać projekty tak jak im to było wygodne, w celu osiągnięcia np. maksymalnej mocy bloku, z krótkim omówieniem środków ostrożności wymaganych dla bezpiecznej pracy. W ten sposób konstruktor przerzucał odpowiedzialność za bezpieczeństwo na operatora.

Analizy bezpieczeństwa były niekompletne, wiele sytuacji traktowano jako nieprawdopodobne lub wykluczone przez przepisy administracyjne i w związku z tym nie analizowano ich wcale. Na przykład nie opisano przypadku pracy z dużą liczbą prętów bezpieczeństwa w położeniu górnym nad rdzeniem. W związku z tym operatorzy nie wiedzieli jak groźna jest taka sytuacja. Po awarii władze radzieckie twierdziły, że przepisy zabraniały pracy z małą liczbą prętów bezpieczeństwa częściowo wsuniętych do rdzenia, natomiast operatorzy twierdzili, że usłyszeli o takim zakazie po raz pierwszy dopiero po awarii. Dozór jądrowy, który powinien był otrzymać wszystkie analizy

⁵ TMI- Three Mile Island – nazwa elektrowni w USA, gdzie doszło do jedynej w reaktorach PWR awarii ze stopieniem rdzenia. Nie spowodowała ona żadnych szkodliwych skutków zdrowotnych ani wśród załogi ani wśród ludności.

bezpieczeństwa do oceny i zatwierdzenia, nie spełniał swojej roli i nie wymagał uzupełnienia raportu bezpieczeństwa, ani nie kontrolował znajomości przepisów przez operatorów.

Samo podejście do doświadczenia zaplanowanego na 25 kwietnia 1986 r. było też przykładem pogwałcenia zasad bezpieczeństwa. Chociaż obejmowało ono symulację stanu awaryjnego po utracie zasilania elektrycznego, program eksperymentu przygotował inżynier elektryk bez konsultacji ze specjalistami w zakresie bezpieczeństwa w elektrowni i bez uzgodnienia z dozorem jądrowym. W czasie samego doświadczenia wprowadzono reaktor w stan niebezpieczny przez odłączenie awaryjnego układu chłodzenia rdzenia (UACR), co było oczywiście sprzeczne z elementarnymi przepisami bezpieczeństwa. Wobec tego, że dyspozytor zażądał utrzymania dostaw energii elektrycznej, reaktor utrzymywano na mocy przez wiele godzin z wyłączonym UACR [1]. Później, gdy wskutek długotrwałej pracy na zmniejszonej mocy reaktor wszedł w stan niestabilny, operatorzy odłączyli układy awaryjnego wyłączania reaktora by nie został on przedwcześnie wyłączony, co uniemożliwiłoby realizację eksperymentu [1]. W całym postępowaniu zespołu eksploatacyjnego dominowało lekceważenie zagrożeń – postawa dokładnie odwrotna niż wymagana przez filozofię bezpieczeństwa.

Przebieg awarii.

26 kwietnia 1986 r. o godzinie 1:23 rano, starszy operator bloku nr. 4 w Czarnobylu, Aleksander Akimov postąpił zgodnie z tym, czego uczono jego i setki innych operatorów elektrowni jądrowych. Stojąc w obliczu niepokojących i niejasnych informacji o stanie reaktora, zainicjował on awaryjne wyłączenie bloku.

Przyciskając przycisk zrzutu prętów bezpieczeństwa spowodował on wzrost mocy reaktora i wybuch, którego skutki ciągle jeszcze są przedmiotem niepokoju na całym świecie. Przed dwudziestą rocznicą Czarnobyla, warto zrozumieć, co się tam właściwie stało.

Zanim operatorzy spowodowali zrzut prętów bezpieczeństwa, Akimov i jego koledzy byli zajęci przeprowadzaniem specjalnego badania. Blok nr. 4 w EJ Czarnobyl miał zostać wyłączony 25 kwietnia 1986 roku w celu rutynowych prac konserwacyjnych. Korzystając z tej okazji, zdecydowano przeprowadzić test, czy układy EJ mogą zapewnić dostarczanie mocy elektrycznej dostatecznej do utrzymania w ruchu układu awaryjnego chłodzenia rdzenia i układów zabezpieczeń w okresie od chwili utraty zasilania elektrycznego do chwili dostarczenia mocy przez generatory z napędem diesla.

Zgodnie z obliczeniami inżynierskimi, moment bezwładności turbin elektrycznych o mocy 500 MW wystarczał do wytwarzania energii elektrycznej o mocy potrzebnej do utrzymania w ruchu pomp obiegu pierwotnego przez około 30 do 50 sekund, a więc przez okres potrzebny na uruchomienie awaryjnych generatorów diesla.

Niestety badanie to, które jak uważano dotyczyło głównie układów elektrycznych nie związanych z reaktorem jądrowym, przeprowadzono bez odpowiedniego przygotowania, bez wymiany informacji i koordynacji między personelem odpowiedzialnym za badania a załogą zmianową reaktora, odpowiadającą za jego bezpieczeństwo. Wskutek tego środki ostrożności przewidziane w programie były niewystarczające a operatorzy nie byli świadomi możliwych zagrożeń [1, 3].

Inżynierowie, którzy zaprojektowali to badanie byli specjalistami w zakresie generatorów elektrycznych, a nie w zakresie reaktorów jądrowych. Historia wskazuje, że w przygotowaniach do badań nie kontaktowano się ze specjalistami w zakresie bezpieczeństwa jądrowego. Ten brak

koordynacji i czujności, wynikający z niedostatecznego poziomu “kultury bezpieczeństwa” wśród personelu EJ, spowodował, że operatorzy podjęli szereg działań, które były niezgodne z obowiązującymi procedurami i doprowadziły do niebezpiecznej sytuacji.

Badania zaplanowano na czas, gdy reaktor miał być wyłączony dla przeprowadzenia rutynowych zabiegów konserwacyjnych, a jego moc nie była potrzebna dla sieci energetycznej. Jednakże osiągnięcie warunków początkowych do przeprowadzenia eksperymentu okazało się trudniejsze i zajęło więcej czasu niż pierwotnie planowano. Dostawy energii elektrycznej z IV bloku EJ Czarnobyl do sieci były potrzebne przez okres dłuższy niż pierwotnie planowano. Minęła północ, zanim elektrowni zezwolono ostatecznie na przeprowadzenie eksperymentu, a nowa zmiana operatorów, która właśnie przejęła odpowiedzialność za elektrownię, nie знаła dobrze warunków eksperymentu i nie otrzymała pełnego instruktażu od poprzedniej zmiany.

Działania operatorów z poprzedniej zmiany wprowadziły elektrownię w niezwykle stan, ponieważ przebieg zmian mocy reaktora i wynikające stąd stężenie produktów rozszczepienia były inne niż przewidywane przy projektowaniu układu zabezpieczeń reaktora. Człowiek odpowiedzialny za eksperyment, Anatoli Dyatlow, zastępca głównego inżyniera w elektrowni, brał udział w przygotowaniu doświadczenia i ustaleniu warunków początkowych. Nowy zespół operatorów oczekiwał od niego decyzji, ze względu na jego doświadczenie, stanowisko i znajomość programu doświadczenia.

Wskutek przedłużającej się pracy reaktora na obniżonej mocy, spowodowanej decyzjami dyspozytora sieci, w rdzeniu reaktora gromadziły się produkty rozszczepienia powodujące dodatkowy wychwyty neutronów. Aby mimo to utrzymać reaktor na mocy, operatorzy usuwali z rdzenia pręty pochłaniające, tak że coraz więcej prętów bezpieczeństwa znajdowało się w pozycji nad rdzeniem. Wprowadzenie do rdzenia każdego z tych prętów powodowałoby pewien niewielki przejściowy wzrost reaktywności reaktora – a wprowadzenie naraz wszystkich prętów mogło spowodować nagły skok mocy. Ale operatorzy nie zdawali sobie z tego sprawy, bo takiej sytuacji nie opisano w raporcie bezpieczeństwa reaktora RBMK.

Co więcej, wskutek pracy na małej mocy parametry reaktora ulegały wahaniom, np. zmieniał się silnie poziom wody w wytwornicach pary. Aby nie utracić możliwości wykonania doświadczenia, operatorzy wyłączali sukcesywnie układy bezpieczeństwa reaktora – sygnał na włączenie awaryjnego układu zalewania rdzenia, sygnał awaryjnego wyłączenia reaktora wskutek wahań poziomu wody i sygnał awaryjnego wyłączenia reaktora po zaniku zasilania elektrycznego. Działania te nie były przewidziane w programie eksperymentu. Co więcej, były sprzeczne z obowiązującymi przepisami. Dokonano ich jednak, by umożliwić rozpoczęcie eksperymentu i móc pochwalić się sukcesem w 4 dni później na 1 maja. Operatorzy nie wiedzieli, że nie tylko pozbawili w ten sposób reaktor wszelkiej obrony przed uszkodzeniami, ale i wprowadzili go w stan potencjalnie skrajnie niestabilny i niebezpieczny.

Bezpośrednio przed eksperymentem operatorzy elektrowni kilkakrotnie rozważali podjęcie działań, które mogły zapobiec awarii. Nie podobało im się zachowanie reaktora w odpowiedzi na działanie układu regulacji. Jednakże nie było gwarancji, że zostaliby oni pochwaleni za przerwanie doświadczenia. Prawdę mówiąc, wszystko wskazywało na to, że zostaliby oni ukarani za opóźnienie eksperymentu. Dyatlov miał opinię człowieka, który łatwo ulega irytacji, a w noc awarii był szczególnie niecierpliwy.

Chociaż radzieccy operatorzy elektrowni nie musieli starać się o maksymalizację dochodów finansowych, system komunistyczny stwarzał silne bodźce by zwiększać do maksimum produkcję dla dobra państwa i partii. Niepowodzenia lub oznaki słabości były często surowo krytykowane lub karane dymisją lub przesunięciem na gorszą pozycję w pracy. Podczas nocy 26 kwietnia jedynym, co operatorzy w Czarnobylu mogli przedstawić na usprawiedliwienie chęci przerwania eksperymentu, było uczucie niepewności co do zachowania reaktora.

Prawdopodobnie Akimov pocieszał się świadomością, że wie gdzie znajduje się przycisk do zrzutu prętów bezpieczeństwa i był gotów nacisnąć go w razie potrzeby. Nie mógł on wiedzieć, że naciśnięcie tego guzika spowoduje niebezpieczny wzrost mocy reaktora. Ci z czytelników, którzy nigdy nie mieli do czynienia z reaktorem jądrowym, mogą sobie łatwiej wyobrazić ten scenariusz, gdy pomyślą o przyczynie awarii jako o pedale hamulca w samochodzie, który bez wiedzy kierowcy przeobraził się w pedał gazu, podczas gdy samochód zjeżdża ze wciąż rosnącą prędkością ze stromej góry.

Połączenie dodatniego sprzężenia mocy z rosnącą temperaturą chłodziwa i przejściowym wzrostem mocy wskutek błędu konstrukcyjnego w układzie prętów bezpieczeństwa doprowadziło do nagłego i gwałtownego wzrostu mocy, która spowodowała stopienie paliwa, wyrzucenie go do wody, gwałtowną eksplozję parową i niemal całkowite zniszczenie reaktora. Skutki tej awarii były tym gorsze, że moderator grafitowy i inne materiały w budynku reaktora zapaliły się, co przyczyniło się do długotrwałych i dużych uwolnień produktów radioaktywnych do otoczenia.

Eksplozje wyrzuciły paliwo, elementy rdzenia i elementy konstrukcyjne wraz z silnie radioaktywnymi produktami rozszczepienia wysoko w powietrze i odsłoniły rdzeń na działanie atmosfery. Obłok dymu, produktów radioaktywnych i pyłu z rdzenia i z budynku uniósł się na wysokość kilometra nad EJ. Cięższe odłamki opadły w pobliżu EJ, ale lżejsze, łącznie z produktami rozszczepienia i wszystkimi gazami szlachetnymi zostały uniesione przez panujące wiatry na północny-zachód.

W zniszczonym bloku nr 4 zaczął się pożar, powodujący unoszenie obłoków dymu, pary i kurzu, a mniejsze ogniska pożaru wystąpiły także w sąsiedniej hali turbin i w różnych składach paliwa. Z pożarem walczyło ponad 100 strażaków z elektrowni i wezwanych z sąsiedniej Prypeci i ci ludzie otrzymali największe dawki promieniowania. Pierwsi strażacy byli na miejscu pożaru o 1.28, do 2.20 ugaszono największe ogniska pożaru w hali turbin, a do 2.30 na dachu budynku reaktora. Pożar na zewnątrz ugaszono ostatecznie o 5.00, ale grafit palił się nadal. Intensywne spalanie grafitu powodowało wyrzucanie produktów rozszczepienia wysoko do atmosfery. Wobec braku obudowy zakrycie reaktora i przerwanie emisji było bardzo trudne. Dokonano tego zrzucając materiały osłonowe na płonący reaktor z helikopterów, z czym wiązało się znaczne narażenie radiacyjne lotników. Ostatecznie po 10 dniach udało się zasypać reaktora i znacznie zmniejszyć szybkość emisji.

Znalezienie technicznej przyczyny awarii trwało dłużej niż powinno, a to w dużej mierze wskutek wysiłków kół oficjalnych w dawnym ZSRR, które dążyły do osłaniania projektantów reaktora i ich potężnych szefów, a przetrwania winy na mniej politycznie ustosunkowanych operatorów. Błędy projektowe, które spowodowały wybuch parowy, można było usunąć przy pomocy kilku prostych poprawek, które obecnie wprowadzono już we wszystkich reaktorach RBMK.

Obecnie pracujące elektrownie z tymi reaktorami nie są już narażone na taką awarię. Jednakże niekorzystne charakterystyki neutronowe układu paliwo – woda - grafit pozostają nadal, choć

zmniejszone przez wprowadzenie zwiększonego wzbogacenia paliwa, które nieco pogorszyło wskaźniki ekonomiczne reaktora. Reaktorom RBMK brakuje też nadal pełnej obudowy bezpieczeństwa. Unia Europejska udziela pomocy technicznej krajom posiadającym reaktory RBMK dla podniesienia ich bezpieczeństwa, a Litwę i Ukrainę nakłoniła już do podjęcia decyzji o zamknięciu EJ z tymi reaktorami. Obecnie wszystkie reaktory RBMK na Ukrainie zostały wyłączone. Pierwszy z dwóch reaktorów RBMK w EJ Ignalina na Litwie wyłączono w grudniu 2004, drugi ma być wyłączony do końca 2009 roku..

Jakie byłyby konsekwencje podobnych błędów operatorów w reaktorze PWR?

Po awarii w Czarnobylu, ówczesne władze ZSRR opublikowały oświadczenie, w którym winę za awarię złożono na operatorów. Aby dobitnie przekonać opinię publiczną, wytoczono im proces o pogwałcenie przepisów i skazano na kary więzienia. Jednakże później, między innymi wskutek analiz przeprowadzonych przez ośrodki bezpieczeństwa jądrowego w krajach OECD, okazało się, że choć operatorzy popełnili błędy, to jednak nie oni ponosili zasadniczą winę.

Dzisiaj jasne jest, że potencjalne zagrożenie spowodowane przez konstrukcję reaktora RBMK było ogromne. Zasadniczą odpowiedzialność za awarię ponoszą konstruktorzy reaktora i władze, które stworzyły warunki, w których bezpieczeństwo jądrowe i dozór jądrowy były bez znaczenia wobec względów politycznych.

Tym niemniej, to pierwotne oświadczenie władz radzieckich pozostaje do dzisiaj w pamięci ludzi, którzy sądzą, że to głównie błędy operatorów doprowadziły do awarii. W konsekwencji, bezpieczeństwo wszystkich elektrowni jądrowych poddawane jest w wątpliwość, bo możliwość błędów ludzkich zawsze istnieje i jest nieodłącznym elementem analizy ryzyka.

W rzeczywistości, w przypadku gdyby w reaktorze PWR – najczęściej stosowanym na świecie - operatorzy popełnili wszystkie błędy, które wystąpiły w Czarnobylu, reaktor wyłączyłby się samoczynnie wskutek wewnętrznych sprzężeń zwrotnych. Do żadnej awarii nie doszłoby w ogóle. Możemy to sprawdzić krok po kroku, analizując kolejno błędy, jakie operatorzy popełnili, zgodnie z wyliczeniem w oficjalnym raporcie radzieckim przedstawionym w MAEA po awarii [1].

1. Obniżenie liczby prętów bezpieczeństwa w rdzeniu reaktora poniżej wartości dopuszczalnej. W reaktorach RBMK powoduje to obniżenie skuteczności układu zabezpieczeń, a w rozwiązaniu stosowanym w Czarnobylu doprowadziło do gwałtownego wzrostu mocy. W reaktorach PWR nie istnieje pojęcie minimalnego dopuszczalnej liczby prętów bezpieczeństwa w rdzeniu, układ zabezpieczeń zawsze działa skutecznie, niezależnie od pozycji początkowej prętów bezpieczeństwa. Błąd operatorów dotyczący liczby prętów nie miałby żadnego znaczenia w reaktorze PWR.

2. Obniżenie mocy poniżej wartości zaplanowanej. Było to związane z przełączeniem regulacji z układu lokalnego na integralny i wprowadziło reaktor RBMK w sytuację utrudniającą sterowanie. W reaktorze PWR taka sytuacja nie wystąpiłaby, bo nie ma lokalnego systemu sterowania. Gdyby jednak wskutek innych przyczyn moc spadła, to reaktor uległby wyłączeniu lub zostałby utrzymany w pracy, ale bez niestabilności, jakie wystąpiły w RBMK.

3. Włączenie dodatkowych pomp w pierwotnym obiegu chłodzenia. Spowodowało to podniesienie wydatku chłodziwa powyżej wartości dozwolonej i przybliżenie temperatury wody do temperatury nasycenia. Wskutek tego reaktor stał się niestabilny. W reaktorze PWR wszystkie pompy zawsze pracują, nie ma dodatkowych pomp, które operator mógłby wyłączyć, a co więcej podniesienie temperatury chłodziwa do temperatury nasycenia nie powoduje utraty stabilności, bo wystąpienie pary w rdzeniu powoduje obniżenie mocy reaktora, a nie jej wzrost. Ten błąd nie mógłby więc

wystąpić w reaktorze PWR, a gdyby się zdarzył, to spowodowałby wyłączenie reaktora, a nie jego niestabilność.

4. Wyłączenie awaryjnego układu chłodzenia rdzenia (UACR). Operatorzy RBMK wyłączyli go by uchronić się przed niepożądanym zalewaniem rdzenia podczas eksperymentu. Praca bez UACR była pogwałceniem zasad bezpieczeństwa. Utrudniło to opanowanie sytuacji po uszkodzeniu paliwa. Błąd ten był możliwy dlatego, że w reaktorze RBMK UACR nie działa samoczynnie po spadku ciśnienia, lecz wymaga sterowania zdalnego zależnego od operatora. Wyłączenie UACR nie miało istotnego znaczenia w awarii w Czarnobylu, ale w reaktorze PWR byłoby po prostu niemożliwe.

5. Wyłączenie sygnałów powodujących awaryjne wyłączenie reaktora od wahań poziomu wody i od braku zasilania elektrycznego. Było to jaskrawe pogwałcenie zasad bezpieczeństwa. W reaktorze PWR operatorzy nie mają możliwości wyłączyć sygnałów awaryjnych, tak że błędy te nie mogłyby zaistnieć.

6. Błąd konstrukcyjny w układzie prętów bezpieczeństwa pokazany na rys. 3, który spowodował dalszy gwałtowny wzrost mocy w chwili, gdy moc reaktora już szybko rosła. Skutki tego błędu wynikały to ze sprzężeń neutronowych pokazanych na rys. 2, powodujących wzrost mocy po zmniejszeniu ilości wody w rdzeniu. W reaktorze PWR nawet w razie błędu w układzie zabezpieczeń wzrost mocy nie mógłby po prostu wystąpić.

7. Najważniejsze: zdolność RBMK do samoczynnego zwiększania swej mocy w warunkach awaryjnych. Choć wszystkie specjalne okoliczności wymienione powyżej wpłynęły na fatalny przebieg awarii w Czarnobylu, najważniejszym powodem awarii było dodatnie sprzężenie zwrotne między temperaturą a mocą reaktora. I rzeczywiście, moc reaktora nr 4 w Czarnobylu wzrosła 100 - krotnie zanim wybuch parowy przerwał ten proces. Był to proces gwałtowny, który przebiegał w ciągu kilku sekund. W reaktorze PWR lub BWR jest to fizycznie niemożliwe [4].

Porównanie cech reaktora RBMK w Czarnobylu i reaktorów PWR budowanych w krajach OECD pokazano w tablicy 1.

Tabl. 1 Porównanie cech reaktora RBMK w Czarnobylu i reaktorów PWR budowanych w krajach OECD

<i>W Czarnobylu</i>	<i>W reaktorze PWR</i>
Po wzroście temperatury moc reaktora	
Rośnie	Maleje
Zrzut prętów bezpieczeństwa powoduje	
Przejściowy wzrost mocy!	Wyłączenie reaktora
Układy bezpieczeństwa	
Były zależne od operatora	Działają samoczynnie
Po błędach ludzi	
Moc wzrosła aż do stopienia paliwa	Moc maleje, reaktor wyłącza się
Reaktor zawiera	
Rozżarzony grafit, pali się długo	Wodę, naturalne chłodziwo
W razie stopienia paliwa	
Cez i jod wydzielają się z suchego rdzenia	Woda rozpuszcza i zatrzymuje cez i jod
Obudowa bezpieczeństwa	
Nie istniała.	Pełna obudowa bezpieczeństwa zatrzymuje

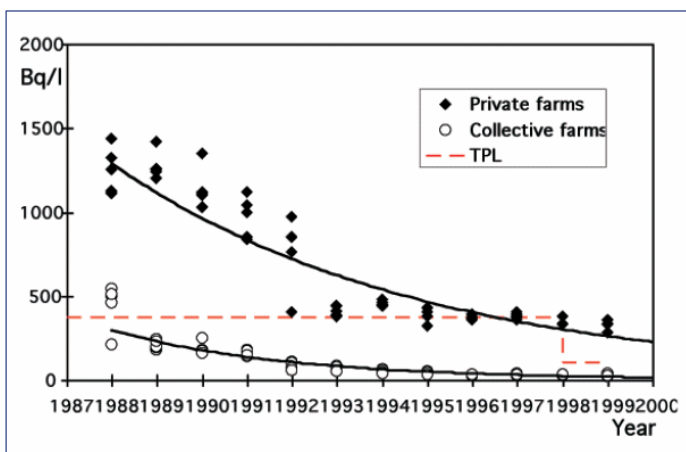
Jod i cez unosiły się w górę w powietrze	wszystkie produkty rozszczepienia
Rozwiązania reaktora	
Były tajne, nieznane poza ZSRR Oparte na reaktorach wojskowych Nie wykorzystano w nich doświadczeń innych krajów	Są szeroko znane, analizowane w setkach ośrodków, dostępne dla krytyków i przeciwników EJ, usprawniane przy wykorzystaniu doświadczeń całego świata
Urząd dozoru jądowego	
Słaby, podporządkowany celom politycznym	Silny, niezależny, oddzielony od produkcji
Zagrożenie po awarii	
Objęło dużą część Ukrainy i Białorusi,	Jest ograniczone do kilku kilometrów

Skutki awarii

Rozpraszanie i osadzanie radionuklidów

Uwolnienia do atmosfery składały się z gazów, aerozoli i drobnych fragmentów cząstek paliwowych.

Ze względu na wynoszenie produktów rozszczepienia z dymem na dużą wysokość a także wskutek częstych zmian kierunku wiatru obszar narażony na działanie chmury radioaktywnej i skażenia był bardzo duży, obejmując całą półkulę północną, chociaż znaczące skażenie poza ZSRR wystąpiło tylko w części Europy.



Rozkład skażeń na ziemi i w łańcuchach pokarmowych był bardzo nierównomierny wskutek wystąpienia w pewnych rejonach opadów deszczu podczas przejścia chmury radioaktywnej. Nieregularności były szczególnie widoczne w dużych odległościach od Czarnobyla, chociaż dawki były tam już bardzo małe. Obecnie wiadomo, że naturalne procesy usuwania radionuklidów osiągnęły stan równowagi i dalszy zanik aktywności będzie głównie powodowany przez rozpad naturalny.

Rys. 4 Spadek aktywności cesu Cs 137 w mleku produkowanym w gospodarstwach prywatnych (czarne romby) i spółdzielczych (puste kółka) w rejonie Rowna na Ukrainie. Czerwoną linią przerywaną pokazano czasowo dozwolony poziom skażeń w mleku (TPL) [5].

Decyzje władz

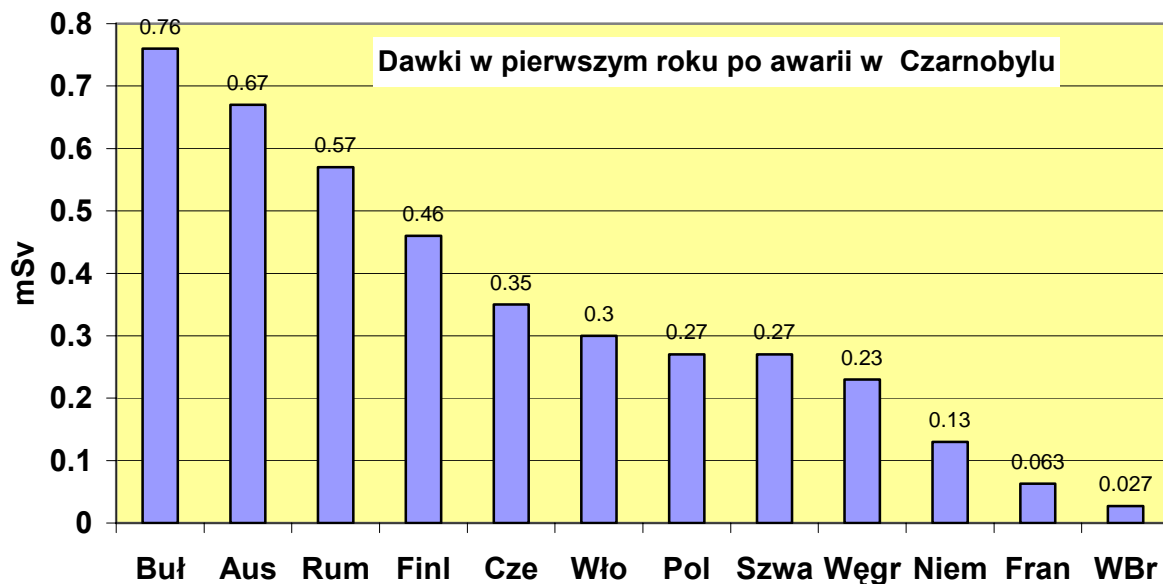
Skala i konsekwencje awarii w Czarnobylu nie były przewidziane i zaskoczyły władze odpowiedzialne za zdrowie i bezpieczeństwo publiczne. Kryteria i procedury interwencyjne istniejące w większości krajów nie nadawały się do opanowania awarii o takich rozmiarach i nie pomagały w wyborze i wprowadzeniu działań interwencyjnych. Ponadto, w początkowej fazie awarii mało było informacji o rzeczywistym stanie rzeczy a decydenci musieli podejmować decyzje pod naciskiem czynników politycznych, częściowo uzasadnionych społecznym przeświadczeniem o skali awarii.

W tej sytuacji uznano, że konieczne jest podjęcie energicznych natychmiastowych działań. W wielu przypadkach decyzje te prowadziły do przesadnych środków ostrożności, których nie uzasadniało stanowisko naukowców i ekspertów. Na terytorium dawnego ZSRR krótko-terminowe działania interwencyjne były energiczne, szybko przeprowadzone i skuteczne. Natomiast trudności wystąpiły, gdy władze próbowały ustalić kryteria zagospodarowania skażonych terenów na długi czas, z czym wiązała się relokacja dużych grup ludności. Proponowano i wprowadzano różne kryteria. Ostatecznie przyjęto nadmiernie ostre kryteria dla relokacji ludności, nieuzasadnione naukowo, które spowodowały wielkie szkody gospodarcze i społeczne.

Stopniowe rozprzestrzenianie skażeń spowodowało zaniepokojenie w wielu krajach poza granicami dawnego ZSRR. Reakcje władz w tych krajach były różne, od nasilenia programów kontroli skażeń bez podejmowania specjalnych działań, do nakładania restrykcji odnośnie podaży na rynek i spożycia żywności.

Dawki ludności poza terenem dawnego ZSRR

Chociaż promieniowanie jest niewidzialne, przyrządy pomiarowe, jakie zostały opracowane w ciągu XX wieku są tak dokładne, że możemy mierzyć je z dokładnością wielokrotnie przewyższającą dokładność pomiarów skażeń chemicznych. Dawki, jakie po awarii w Czarnobylu otrzymała ludność na półkuli północnej poza rejonami sąsiadującymi z elektrownią były małe, w wielu wypadkach znikomo małe, ale mierzalne, a informacja o tym, że natężenie promieniowanie przez kilka godzin lub kilka dni wzrosło, powodowała zrozumiałe zaniepokojenie ludności. Wielkość dawek w wybranych krajach Europy otrzymanych łącznie w ciągu całego roku po awarii pokazano na rys. 5. W dalszych latach dawki były pomijalnie małe.

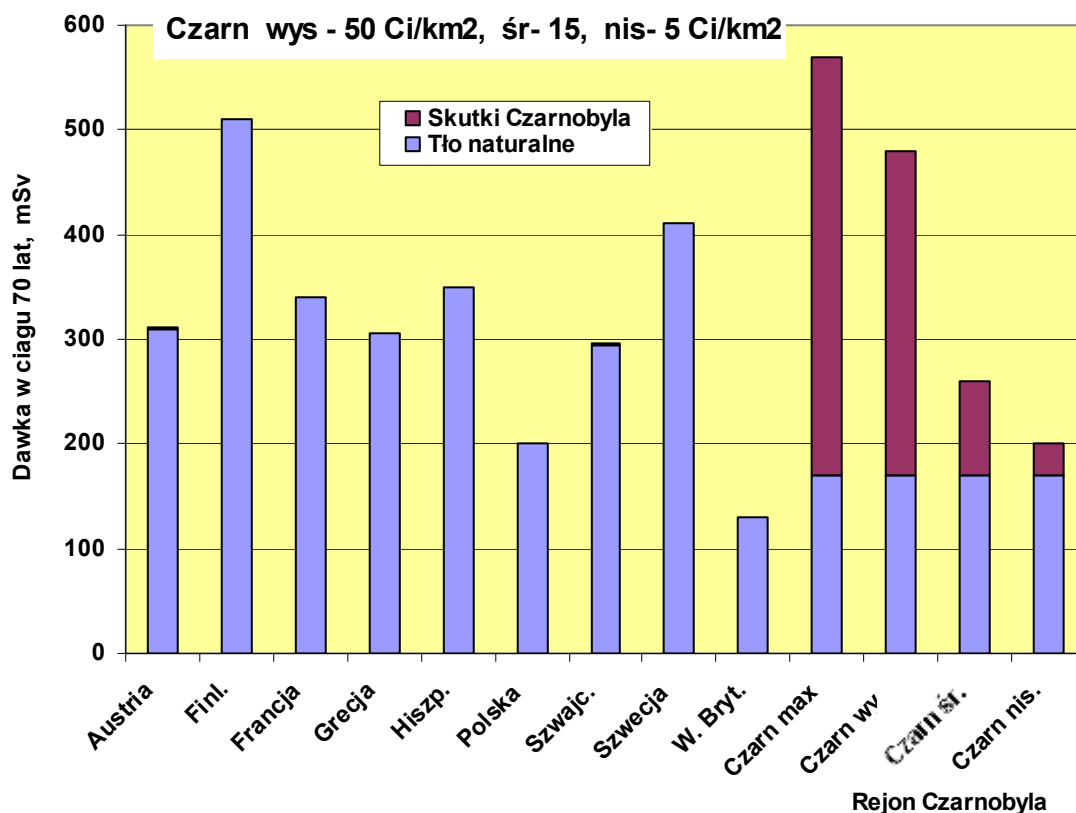


Rys. 5 Dawki otrzymane w krajach europejskich ciągu pierwszego roku po awarii w Czarnobylu [6]

Jak widać, w kraju najbardziej narażonym, to jest w Bułgarii, średnia dodatkowa dawka w ciągu całego roku po awarii wyniosła poniżej 0,8 mSv, a więc była czterokrotnie mniejsza od normalnie występującej różnicy między średnimi dawkami promieniowania w Finlandii i w Bułgarii. W Polsce

dawki były jeszcze mniejsze, odpowiadające różnicy między mieszkaniem przez rok w Gdańsku i w Zakopanem. A mimo to prerażenie szerzone wśród ludności przez organizacje antynuklearne i środki masowego przekazu goniące za sensacyjnymi doniesieniami skłoniło wiele kobiet do sztucznego przerywania ciąży, co wcale nie było potrzebne, a okazało się w krajach europejskich najbardziej znaczącym skutkiem zdrowotnym awarii w Czarnobylu.

Dawki likwidatorów i ludności wokół Czarnobyla



Rys. 6 Porównanie dawek ze źródeł naturalnych otrzymywanych w ciągu życia w różnych krajach Europy i dawek spowodowanych przez awarię w Czarnobylu (dane liczbowe z [6])

W rejonie sąsiadującym w elektrownią dawki były większe, ale też nie uzasadniały ewakuacji przeprowadzonej przez władze ZSRR. Wobec tego, że decyzję o trwałej ewakuacji władze podjęły wskutek nacisku politycznego by wykazać się aktywnością, a oficjalnym uzasadnieniem była ochrona mieszkańców przed długotrwałym działaniem promieniowania przez całe życie, spójrzmy na rys. 6, gdzie przedstawiono łączne dawki otrzymywane w ciągu 70 lat życia przez mieszkańców różnych krajów ze źródeł naturalnych i wskutek awarii.

Jak widać, promieniowanie spowodowane przez awarię w Czarnobylu w rejonach sąsiadujących z elektrownią łącznie z dawką od tła naturalnego nawet w rejonie o wysokim skażeniu jest mniejsze niż średnie promieniowanie w Finlandii. Tylko w rejonie o maksymalnym skażeniu przekracza ono nieco poziom średni w Finlandii, a pozostaje niższe od promieniowania w wielu rejonach świata omawianych w artykule o działaniu małych dawek na człowieka [7]. W rejonie o skażeniu średnim i niskim łączne dawki życiowe są mniejsze niż w wielu krajach europejskich, np. we Francji. Dawki

otrzymane w krajach europejskich wskutek awarii w Czarnobylu są w tej skali zupełnie niewidoczne, mniejsze niż grubość linii na wykresie.

Porównanie to było pokazywane wielokrotnie przez prof. Jaworowskiego [8], a także przez autora niniejszego artykułu, a obecnie podobne komentarze znalazły się w Raporcie Forum Czarnobyla. Pokazuje to, że decyzja o ewakuacji terenu wokół Czarnobyla, wielokrotnie krytykowana przez naukowców [8], nie była uzasadniona. Ani w Finlandii, ani we Francji czy Szwecji żaden rząd nie rozważa ewakuacji terenów, gdzie od wieków mieszkają miliony ludzi narażonych na tło naturalne większe niż w rejonie Czarnobyla. A jak pamiętamy z porównań długości życia przedstawionych w [1], ludzie ci żyją zdrowo i długo.

Skutki zdrowotne awarii

W raporcie Komitetu ONZ do Spraw Efektów Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) opracowanym w 2000 roku najlepsi eksperci na świecie ocenili sytuację w skażonych rejonach Białorusi, Ukrainy i Rosji [6]. Głównym powodem zaniepokojenia były dawki na tarczycę, otrzymane przez dzieci wskutek wdychania jodu i picia mleka po awarii, oraz skażenie terenu cezem Cs 137. Sytuacja wśród poszczególnych grup narażenia na terenie dawnego ZSRR przedstawia się następująco:

Spośród 134 pracowników EJ Czarnobyl i strażaków, którzy w czasie awarii otrzymali w krótkim czasie dawki na całe ciało od 800 do 16 000 mSv, 28 zmarło w ciągu pierwszych 4 miesięcy po awarii wskutek ostrej choroby popromiennej.

Pozostałych 106 ludzi, którzy otrzymali dawki od 1300 do 5300 mSv znajduje się pod ciągłym nadzorem lekarskim. W grupie tej zarejestrowano 11 zgonów w okresie od 1987 do 1998 roku. Tylko w trzech przypadkach zgony mogły być związane z napromieniowaniem.

Ponad 100 000 osób zostało ewakuowanych w ciągu pierwszych tygodni po awarii, głównie ze strefy o promieniu 30 km wokół EJ. Ludzie ci otrzymali znaczące dawki promieniowania na tarczycę i na całe ciało, od 70 mSv na tarczycę wśród dorosłych do 1000 mSv wśród małych dzieci, i średnio 15 mSv na całe ciało.

Średnie dawki roczne otrzymywane przez około 5 milionów mieszkańców rejonów średnio skażonych wynosiły około 1 mSv, a na terenach nisko skażonych mniej, jak widać na rys. 6. Około 380 000 likwidatorów skutków awarii którzy pracowali, by zakryć uszkodzony rdzeń reaktora, usunąć elementy skażone wokół elektrowni, usunąć lub zakryć skażoną glebę, otrzymało średnie dawki całkowite wynoszące około 100 mSv.

Badania lekarskie likwidatorów nie wykazały wzrostu zachorowań na raka, ani zależności umieralności od wielkości otrzymanych dawek. Ogólna umieralność wśród likwidatorów była statystycznie znacząco niższa niż umieralność w grupie kontrolnej spośród społeczeństwa.

Dla porównania warto przypomnieć, że dawka od promieniowania naturalnego waha się w granicach od 1 do 20 mSv rocznie w większości krajów, a w pewnych zamieszkałych rejonach świata dochodzi do 150 mSv rocznie. W tych rejonach o wysokim naturalnym tle promieniowania jonizującego nie wykryto (mimo licznych badań) wzrostu zachorowań na raka i choroby dziedziczne.

Wysokie dawki na tarczycę po awarii w Czarnobylu spowodowane były głównie spożyciem mleka krowiego skażonego jodem w ciągu pierwszych kilku tygodni po awarii. Dzieci w rejonie

miejsowości Gomel na Białorusi otrzymały największe dawki na tarczycę, od zanedbywalnie małych do 40 Sv, ze średnią dawką 1 Sv dla dzieci w wieku od 0 do 7 lat.

Oczekiwano, że po 10 latach od chwili awarii wystąpi wzrost liczby przypadków niemego raka tarczycy, ale w rzeczywistości wystąpił on już w pierwszym roku po awarii. Normalna częstość występowania niemego raka tarczycy jest bardzo wysoka, np. 9.3% w Minsku, 9.1% w Polsce, 13% w USA, a aż 35% w Finlandii [8]. Wzrost zarejestrowany w Białorusi był dużo niższy od tych wielkości i został wykryty, gdy tylko zaczęły się badania lekarskie przy użyciu ulepszonej aparatury medycznej. Wielu naukowców sugerowało, że zaobserwowany wzrost mógł być w dużej mierze spowodowany przez zwiększoną jakość i częstość kontroli [8]. Nieme raki tarczycy nie są z zasady chorobą śmiertelną i można je z powodzeniem leczyć, a w większości przypadków ludzie żyją z nimi bez objawów chorobowych i aż do śmierci nie wiedzą o tym. W Finlandii, gdzie występuje tak wysoka frakcja tych przypadków, okres życia ludzi należy do najdłuższych na świecie, jak widzieliśmy na rys. 7 w pierwszym artykule w cyklu Energetyka Atomowa [7]. W rejonie Czarnobyla łączna liczba przypadków wykrytych dotychczas wśród osób, które były dziećmi w czasie awarii doszła do około 4000, z czego 9 dzieci zmarło. Według raportu Forum Czarnobyla, właśnie te przypadki niemego raka tarczycy są jedyną znaczącą statystycznie oznaką wzrostu zachorowalności osób napromieniowanych podczas awarii [5].

Poza zwiększoną częstością przypadków niemego raka tarczycy wśród dzieci w rejonach skażonych, nie ma innych oznak szkód zdrowotnych spowodowanych przez promieniowanie. "Nie wykryto wzrostu umieralności lub zapadalności na raka ani na białaczkę, który można byłoby przypisać skutkom działania promieniowania jonizującego" stwierdził komitet UNSCEAR [6]. Jest to wniosek zgodny z wieloma innymi badaniami, np. z ocenami naukowców z krajów poszkodowanych [9] wg których „*w kohorcie 8654 likwidatorów w wieku od 18 do 60 lat, badania obejmujące łącznie okres obserwacji wynoszący 45 166 osobo-lat wykazały, że standardowy wskaźnik zapadalności na raka dla tej grupy wyniósł $SIR = 0.88 (0.76, 1.02, 95\% CI)$ ” a więc był mniejszy niż dla grupy kontrolnej z ludności nienapromieniowanej.*

Badając skutki genetyczne narażenia na napromieniowanie w Białorusi i na Ukrainie w rejonach o najwyższym skażeniu, a także w szeregu krajów europejskich, raport przedstawiony przez UNSCEAR w 2001 roku [10] stwierdził, że brak jest oznak potwierdzających wzrost częstości występowania objawów chorób dziedzicznych, takich jak zespół Downa, anomalie porodowe, poronienia lub umieralność płodów. Efektów dziedzicznych nie wykryto również w populacji japońskiej, która przeżyła bombardowanie Hiroszimy i Nagasaki.

Zgodnie z końcowym wnioskiem UNSCEAR, ogólne perspektywy zdrowotne dla ludności w rejonie Czarnobyla są pozytywne [6].

Istotne szkody zdrowotne zostały natomiast spowodowane przez niepotrzebne działania administracyjne mające chronić ludność wokoło Czarnobyla podczas i po awarii. Ewakuacja setek tysięcy ludzi uważana jest obecnie za reakcję przesadzoną, która w wielu przypadkach zrobiła więcej złego niż dobrego.

Pierwszą reakcją władz było usunięcie ludzi. Dopiero później zdano sobie sprawę, że wielu z nich nie trzeba było ewakuować. Ewakuacja ludzi rozbiła społeczności miejscowe, rozruciła rodziny po świecie, doprowadziła do bezrobocia, depresji, hipochondrii i chorób związanych ze stresem. Wśród osób ewakuowanych wystąpił duży wzrost zachorowań na choroby psychosomatyczne powodowane przez stres, takie jak choroby serca i otyłość, nie związanych zupełnie z promieniowaniem.

Naukowcy UNSCEAR stwierdzili, że "występują reakcje psychologiczne na awarię, które nie są spowodowane rzeczywistym napromieniowaniem, lecz strachem przed możliwymi potencjalnie skutkami napromieniowania." [6]

Chociaż skutki Czarnobyla są poważne, należy podkreślić, że większość z nich jest efektem decyzji podjętych przez polityków pod wpływem strachu i chęci zdobycia uznania politycznego ludności, a nie skutkiem dawek promieniowania.

Aktualne oceny skutków Czarnobyla

Raport UNSCEAR został potwierdzony w 2003 roku przez organizacje ONZ (UNDP, UNICEF, UN-OCHA) i przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) [11], a w 2005 roku przez organizacje

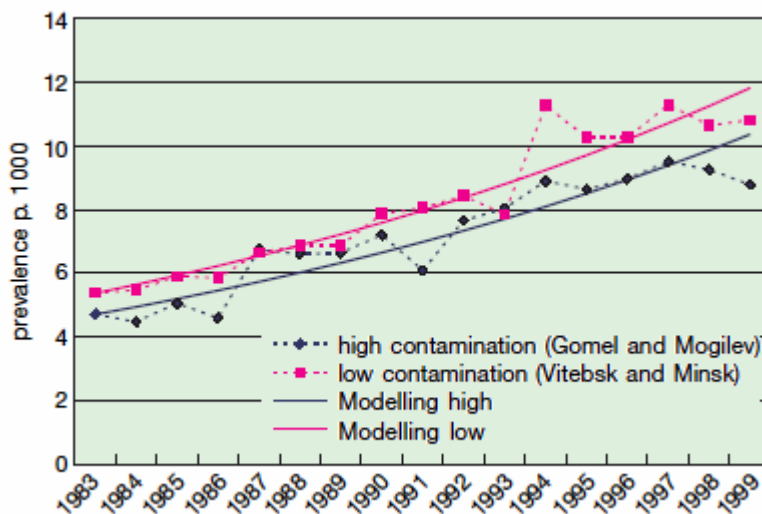


ONZ i rządy trzech krajów dotkniętych skutkami awarii, które wspólnie stworzyły Forum Czarnobyla, by przedstawiać światu wnioski uzgodnione i bezstronne [5].

Rys. 7 Godła organizacji ONZ i państw tworzących Forum

Czarnobyla.

Forum potwierdziło, że nie występuje wzrost zachorowań na raka i białaczkę, że liczba zgonów na nieme raki tarczycy doszła do 9, a łączna liczba zgonów, które można przypisać skutkom napromieniowania wynosi 60 [5]. W raportach przedstawionych przez Forum organizacje uczestniczące w pomocy lekarskiej dla ludności wokoło Czarnobyla stwierdziły, że nie ma wzrostu częstości chorób dziedzicznych spowodowanego przez napromieniowanie ludności. Pokazuje to dobrze wykres pokazany na rys. 8, na którym widać, że choć ilość komplikacji dziedzicznych rośnie, to jest MNIEJSZA w rejonach napromieniowanych niż w rejonach nie napromieniowanych.



Rys. 8. Częstość występowania komplikacji porodowych wskutek uszkodzeń dziedzicznych w 4 rejonach Białorusi o wysokim (kolor granatowy) i niskim napromieniowaniu (kolor czerwony) (rysunek zaczerpnięty z [12], podany także w [5]).

Nie bacząc na udokumentowane fakty, organizacje antynuklearne głoszą strach i beznadziejność. Np. „Global 2000” pisze w swojej

ulotce: „W częściach Ukrainy tylko 4 do 6 dzieci na 100 rodzi się zdrowych... Energję jądrową trzeba zlikwidować w skali światowej... „

Raport Forum Czarnobyla został natychmiast zaatakowany przez Greenpeace i Global 2000 jako próba „wybielenia” energetyki atomowej, ale tym razem światowe środki masowego przekazu nie poparły ekologów. International Herald Tribune potraktował ataki organizacji antynuklearnych jako wyraz ich wrogości wobec energii jądrowej, a nie obiektywnego sądu i uznał, że wierzyć należy organizacjom ONZ. Podobnie inne czasopisma zamieściły artykuły zatytułowane „Skutki Czarnobyla mniejsze niż przypuszczano”, a w podsumowaniu stwierdzano, że „*był to poważny wypadek przemysłowy, ale nie katastrofa*”.



Rys. 9. Dzieci z rejonu Czarnobyla w szkole. Raport Forum Czarnobyla wzywa do powrotu do normalnego życia (rysunek z [5]).

Reasumując, można to stwierdzenie uznać za dobrze oddające rzeczywistość. Próby demonizowania Czarnobyla i twierdzenia, że spowodował on miliony zgonów (a sam mam w swych zbiorach listy tej treści od osób pracujących w dziedzinach nie związanych z promieniowaniem, ale mających tytuły naukowe) nie dają niczego dobrego, a

najbardziej szkodzą samym mieszkańcom okolic Czarnobyla. Zgodnie z wezwaniem Forum Czarnobyla, należy uznać awarię sprzed 20 lat za smutną lekcję o konieczności zachowywania zasad bezpieczeństwa jądrowego, i iść naprzód, mając nadzieję na przywrócenie normalnego życia w rejonie dotkniętym skutkami awarii.

Dla energetyki jądrowej zaś awaria w Czarnobylu jest smutnym potwierdzeniem, że to konstruktorzy, analitycy, naukowcy i pracownicy dozoru jądrowego, mający długie miesiące i lata na analizy projektu, muszą zapewnić bezpieczeństwo reaktora, tak by nawet ewentualne błędy operatorów nie mogły spowodować zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi. Taka filozofia bezpieczeństwa rządzi energetyką jądrową w krajach OECD i na pewno będzie też uznana za obowiązującą w polskiej energetyce jądrowej. Jak reaktory najnowszej generacji – które będą budowane w Polsce - radzą sobie z nawet najgroźniejszymi awariami, omówimy w następnym artykule.

Literatura

1	75 INSAG-1, Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident, IAEA, Vienna, 1986.
2	A. Strupczewski: Ochrona przed zagrożeniami po awariach w elektrowniach jądrowych, Biuletyn PSE, wrzesień 2005 (dane będą skorygowane)
3	The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1 A Report By The International Nuclear Safety Advisory Group, International Atomic Energy Agency, SAFETY SERIES No. 75-INSAG-7, Vienna, 1992
4	S. Hirschberg, A. Strupczewski: Comparison of Accident Risks in Different Energy Systems . How Acceptable ?” IAEA Bulletin, Vol. 41, No. 1, (1999) pp 25-30,
5	The Chernobyl Forum (Belarus, the Russian Federation, Ukraine, FAO, IAEA, UNDP, UNEP, UNSCEAR, UN-OCHA, WHO, WORLD BANK GROUP), -: Chernobyl’s Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and

Czy awaria taka jak w Czarnobylu może się powtórzyć

	Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, Vienna 2005
6	UNSCEAR 2000, ANNEX J, Exposures and effects of the Chernobyl accident
7	A. Strupczewski: Oddziaływanie małych dawek promieniowania na zdrowie człowieka, Biuletyn PSE, lipiec 2005 (dane będą skorygowane)
8	Z. Jaworowski: Lessons of Chernobyl: Nuclear Power Is Safe, EIR Science&Technology May 7, 2004
9	V. IVANOV, L. ILYIN, A. GORSKI, A. TUKOV and R. NAUMENKO, Radiation and Epidemiological Analysis for Solid Cancer Incidence among Nuclear Workers Who Participated in Recovery Operations Following the Accident at the Chernobyl NPP, Journal of Radiation Research , Vol. 45 (2004) , No. 1 41-44
10	UNSCEAR 2001 REPORT, ANNEX, Hereditary effects of radiation
11	Chernobyl Report-Final-240102 , The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident, A Strategy for Recovery, A Report Commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO 25 January 2002
12	M. Tirmarache (IRSN), A. M. Kellerer (SBI), D. Bazyka (CC): FGI - Programme 3: HEALTH, Chernobyl Programme, GRS, IRSN, Vienna 2005.