

20 LAT PO AWARII W CZERNOBYLU: CO DZIŚ WIEMY O NASTĘPSTWACH ZDROWOTNYCH?*

Julian LINIECKI i Andrzej WÓJCIK

Postępy Techniki Jądrowej, w druku

*: artykuł oparty na referacie wygłoszonym przez JL podczas konferencji "Energetyka Jądrowa dla Polski" organizowanej przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich SEP w Kielcach, 21 marca 2006.

W tym roku mija 20 lat od katastrofy w Czernobylu. O ile przyczyny awarii są znane i nie wymagają uaktualnienia, to odległe skutki zdrowotne narażenia na promieniowanie narastają z czasem. Właśnie ukazał się raport WHO napisany przez międzynarodowe gremium ekspertów, w którym zestawiono najnowsze wyniki na ten temat.

I. Wstęp

Awaria i zniszczenie III bloku energetycznego z reaktorem jądrowym w Czernobylu w kwietniu 1986 roku było największą i obfitującą w ogromny wachlarz następstw awarią jądrową. Poza zniszczeniem i pożarem reaktora oraz rozproszaniem blisko 6×10^{18} Bq aktywności produktów rozszczepienia uranu i plutonu (nie włączając w to gazów szlachetnych) [1], katastrofa ta zapisała się w pamięci ludzi jako sytuacja będąca punktem wyjścia licznych domysłów co do przyszłych skutków ekologicznych i zdrowotnych.

Po okresie paru miesięcy i następnych lat oraz uzyskaniu dobrej orientacji o wielkości skażeń promieniotwórczych i o losach ludzi biorących udział w początkowej fazie likwidacji awarii, zwalczaniu pożaru i po opanowaniu lokalnej sytuacji [2] stało się jasne, że dawki promieniowania w otoczeniu reaktora były znaczne, ale dla ludności poza granicami ówczesnego Związku Radzieckiego były z reguły małe, rzędu ułamka do pojedynczych milisiwertów rocznie [3,4]. Już wówczas nie wydawało się możliwe, aby takie narażenie mogło być źródłem poważnych, katastrofalnych następstw dla ludności krajów sąsiednich i odległych. W Polsce nie ma żadnych doniesień o zauważalnych zdrowotnych następstwach awarii [5].

W bezpośrednim sąsiedztwie Czernobyla, na Ukrainie, Białorusi i części Federacji Rosyjskiej narażenie na promieniowanie, zwłaszcza pochodzące od dużych aktywności ^{131}I i innych nuklidów tego pierwiastka było znaczne. Skażeniu uległy duże obszary geograficzne, zwłaszcza długożyjącymi radionuklidami ^{137}Cs i ^{90}Sr [1].

Od pierwszych miesięcy i lat po katastrofie w Czernobylu wspólnota międzynarodowa zaoferowała istotną pomoc skierowaną na pomoc lekarską i cele społeczne. W ciągu kilku lat liczne rządy i organizacje afiliowane przy ONZ (IAEA, WHO, FAO) zaangażowały się w rozwój badań mających na celu – wspólnie z organizacjami i uczonymi Rosji, Ukrainy i Białorusi – szczegółowe śledzenie zjawisk ekologicznych, społecznych i sytuacji zdrowotnej na obszarach trzech krajów, które można byłoby wiązać pośrednio lub bezpośrednio z katastrofą czernobylską.

Komitet Naukowy ONZ do Badania Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) w 2000 roku opublikował specjalny aneks do swojego okresowego sprawozdania naukowego poświęcony awarii czernobylskiej [1]. W 2005 roku "Chernobyl Forum", organizacja powołana *ad hoc* przez wszystkie organizacje afiliowane do ONZ przy współudziale rządów Rosji, Ukrainy i Białorusi przygotowała kompleksowy, duży

raport poświęcony uaktualnieniu raportu UNSCEAR-u o dane zebrane w ciągu ostatnich 5 lat. Jedną z grup roboczych Forum: "Expert Group Health" koordynowana przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) przygotowała opracowanie p.t. "Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes" [6].

Raport ten prawdopodobnie stanowi najbardziej aktualne i całościowe sprawozdanie na temat rodzajów i częstości następstw zdrowotnych awarii w Czernobylu. Warto przyrzeć się najważniejszym wynikom i wnioskom w nim zawartym.

II. Metody badawcze i pomiary dawek

Pierwsze dwa rozdziały raportu poświęcone są rozważaniom nad metodami badań epidemiologicznych i wynikami pomiarów dawek pochłoniętych na skutek awarii czernobylskiej. W badaniach następstw zdrowotnych awarii zastosowano wszystkie trzy metody badań: badania ekologiczne, badania kohortowe oraz badania metodą przypadków klinicznych i kontrolnych. Uważa się, że metoda przypadków klinicznych i kontrolnych daje najbardziej wiarygodne wyniki.

Głównym źródłem promieniowania dla ludności był ^{131}I przez pierwsze tygodnie po awarii (dawki głównie dla tarczycy) i ^{137}Cs przez pozostałe lata (jako źródło dawki zewnętrznej i wewnętrznej). Ocena dawek pochłoniętych w tarczycy w wyniku ekspozycji na ^{131}I opierała się zasadniczo na jednorazowych (!), zewnętrznych pomiarach promieniowania gamma przy użyciu detektorów umieszczanych w sąsiedztwie szyi. Na Białorusi, Ukrainie i w Rosji przeprowadzono w sumie ~350000 takich pomiarów (rycina 1). Podjęto próbę przeliczenia wyniku pomiaru na dawkę dla tarczycy. Wyniki obliczeń są jednak obciążone dużą niepewnością, ponieważ przebieg krzywej aktywności ^{131}I w tarczycy w funkcji czasu przed i po pomiarze musiał być oszacowany w oparciu o pośrednie przesłanki.

Ponad 100 tysięcy osób ewakuowano w ciągu paru tygodni z najbardziej skażonych obszarów wokół reaktora. Dawki w tarczycy dla różnych miejscowości różniły się zależnie od miejsca zamieszkania, wieku i daty ewakuacji. Średnia populacyjna dawka w tarczycy dla wszystkich ewakuowanych wyniosła ~0,5 Gy. Dawki dla innych narządów były z reguły znacznie mniejsze (rycina 1).

Oceniono również dawki dla ~6 milionów mieszkańców z okolic skażonych (zdefiniowanych jako takie, gdzie aktywność $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ przekraczała 37 kBq), którzy nie zostali ewakuowani. Średnie dawki skuteczne od ^{134}Cs i ^{137}Cs przez pierwsze 10 lat po katastrofie ocenia się na 10 mSv. Należy pamiętać, że ta wartość wykazuje istotną zmienność dla różnych grup wieku, ale daje jednak dobrą orientację o przeciętnym narażeniu.

Oddzielną grupę badanych ofiar awarii stanowią tzw. likwidatorzy, czyli ludzie usuwający skutki awarii po zgaszeniu pożaru (nie wlicza się do nich strażaków gaszących pożar w pierwszym dniu awarii). Grupa ta stanowi ~600 tysięcy osób. Starano się, różnymi metodami, oszacować wysokości dawek na jakie byli oni narażeni, jednak niepewność ocen jest znaczna. Jednym ze źródeł komplikacji była konieczność szacowania ekspozycji zewnętrznej na promieniowanie beta (skóra, oczy) oraz dawki z napromienienia wewnętrznego (poza tarczycą). Narodowe rejestry dawek dla Białorusi, Rosji i Ukrainy wykazują, że przeciętne dawki promieniowania zewnętrznego dla likwidatorów zmniejszyły się poczynając od roku 1986 (rycina 2).

III. Następstwa zdrowotne

III.1. Choroby tarczycy

Wśród tzw. stochastycznych (karcynogennych i genetycznych - [7]) następstw popromiennych najwcześniej i z największą intensywnością ujawniły się raki tarczycy wśród dzieci i młodzieży w grupie wieku 0-18 lat w okresie uwalniania się ^{131}I do środowiska (koniec kwietnia – początek czerwca 1986). Nuklid ten, a także inne krótkożyjące izotopy jodu oraz telluru, po uwolnieniu do powietrza opadały na powierzchnię ziemi, na rośliny spożywane przez zwierzęta mlekodajne i trafiały z nabiałem do ludzi. W zasadzie, na terenie Białorusi, Ukrainy i Rosji nie prowadzono żadnej akcji ostrzegającej przed spożywaniem świeżych roślin i mleka, a także, poza okolicą Prypeci, nie podawano masowo jodków blokujących wychwyt radioaktywnych nuklidów przez tarczycę. Część osób była także ekspozycja na wchłanianie radioaktywnego jodu i telluru bezpośrednio z powietrza.

Po około 5-letnim okresie utajenia pojawiły się pierwsze przypadki zróżnicowanego raka tarczycy, głównie postaci pęcherzykowej brodawczako-raków. Panuje obecnie zgodna opinia, że zanotowany znaczny wzrost zapadalności na te nowotwory związany jest z narażeniem na promieniowanie, a nie wywołany przez inne czynniki. Głównymi argumentami przemawiającymi za tym są:

1. wykazana w szeregu badań epidemiologicznych wyraźna zależność zapadalności od wielkości dawki (rycina 3),
2. zależność zapadalności od dawki promieniowania jest bardzo zbliżona do obserwowanej uprzednio w badaniach epidemiologicznych dzieci, u których rak tarczycy był wywołany przez promieniowanie rentgenowskie,
3. nadmiar raków tarczycy ponad poziom grupy kontrolnej ujawnił się wyłącznie u dzieci urodzonych przed i w 1986 roku.

Do roku 2005 rozpoznano ~4000 przypadków wśród dzieci i młodzieży narażonej na opad ^{131}I i żyjących na terenach Ukrainy, Białorusi i Federacji Rosyjskiej. Pewien wpływ na liczbę rozpoznanych przypadków mogły mieć aktywne badania przesiewowe, zwłaszcza przy użyciu ultrasonografii, gdyż ujawniły one guzki tarczycy, które nie musiały osiągnąć w szybkim czasie - lub w ogóle - postaci klinicznego nowotworu. Ten czynnik mylący określa się mianem efektu badań przesiewowych (ang. *screening effect*). Choć nie udało się do tej pory precyzyjnie ustalić wielkości jego wpływu, wyniki badań epidemiologicznych nie potwierdzają dominującej jego roli, zwłaszcza kiedy wzrost częstości zachorowań opisywany jest w kategoriach ryzyka względnego. Wtedy efekt badań przesiewowych analogicznie wpływa na wydajność rozpoznawania raków wśród osób napromienionych i nienapromienionych (na przykład tych, urodzonych po 1986 roku).

Jak dotąd spośród ~4000 osób młodocianych leczonych chirurgicznie i przy użyciu ^{131}I z powodu raka tarczycy zmarło jedynie 7 lub 8, co oznacza, że zaobserwowana umieralność jest na poziomie poniżej 1%. Konieczna jest jednakże daleko idąca ostrożność we wnioskowaniu w dalszym przebiegu tej „epidemii”. Należy pamiętać, że z obserwacji w innych krajach wynika, że u 43 % chorych bezobjawowych po leczeniu raka tarczycy stwierdzono wznowę prowadzącą do śmierci w ciągu 30 lat. Poza tym dla uszczerbku na zdrowiu nie bez znaczenia są powikłania leczenia, uzależnienie od ciągłej podaży hormonu syntetycznego, a także psychiczne piętno bycia osobą chorą na nowotwór złośliwy, konieczność okresowych badań etc., etc.

Obserwacje nad długością okresu manifestowania się, to znaczy pojawienia się przypadków choroby, po napromienieniu promieniami X w dzieciństwie, poczynione w USA wskazują na fakt, że podwyższone ryzyko względne i bezwzględne utrzymuje się przez co najmniej 45 lat. Stąd przewidywania dotyczące przyszłych

losów osób narażonych na ^{131}I wymagają ogromnej ostrożności i nie ma w zasadzie podstaw do stwierdzenia, że obecnie znana liczba rozpoznanych przypadków zamyka sprawę.

Chociaż nie ma przekonujących dowodów o karcynogennym działaniu ^{131}I na osoby dorosłe, nie można wykluczyć słabszego efektu niż obserwowany u dzieci i młodzieży, który mógł pozostać nie wykryty z przyczyn statystycznych. Analogicznie przedstawia się problem narażenia na ^{131}I dzieci *in utero* na skutek narażenia matki. Autorzy raportu postulują konieczność dalszych badań w obu dziedzinach.

Dalszych badań wymaga też problem obserwowanych nienowotworowych schorzeń tarczycy. Łagodne guzki, niedoczynność gruczołu nie wynikająca z autoimmunizacji i zapalenia tarczycy związane z autoimmunizacją były opisywane jako skutki awarii czernobylskiej, ale informacje na ten temat są niespójne i wydaje się, że mają w znacznym stopniu charakter kazuistyczny.

III.2. Białaczki

Białaczki (poza przewlekłą białaczką limfatyczną – CLL) pojawiają się po napromienieniu ze znacznie krótszym okresem utajenia (2-5 lat) niż nowotwory lite i zaczynają zanikać po ~8-10 latach. Grupą szczególnie wrażliwą na karcynogenne działanie promieniowania są dzieci, zwłaszcza w wieku płodowym. Nie ma jednoznacznych dowodów na to, że po ekspozycji *in utero* w wyniku awarii czernobylskiej doszło do wzrostu zapadalności na białaczki wśród dzieci w latach 1986-96. Obserwowano pewne różnice sugerujące taką możliwość, gdy porównywano zapadalność na te choroby w okręgu żytomierskim (wysoki poziom skażenia) i w okręgu połtawskim (praktycznie nieskażonym). Małe liczby przypadków nakazują jednak daleko idącą ostrożność w interpretacji tych i podobnych spostrzeżeń.

Analogicznie przedstawiają się dane z badań na dzieciach narażonych z tytułu zamieszkania na obszarach skażonych. Autorzy raportu wyrażają opinię, że istniejące dane nie podtrzymują wniosków o wzroście zapadalności i umieralności na białaczki związanej z narażeniem w wieku dziecięcym.

Bardziej złożone wydają się być wyniki dotyczące zapadalności i umieralności na białaczki wśród osób narażonych w wieku dorosłym. Tutaj główną grupę badaną stanowią likwidatorzy. Najnowsze badanie kohortowe przeprowadzone wśród osób tej kategorii w Rosji, które otrzymały dawki w przedziale 150-300 mSv wykazało dwukrotny wzrost zapadalności na białaczki (poza CLL). Równocześnie, przeprowadzono bardziej precyzyjne badanie metodą przypadków klinicznych i kontroli osób wybranych z kohorty Narodowego Rosyjskiego Rejestru Medycznego i Dozymetrycznego. Udało się zidentyfikować 34 przypadki białaczek, do każdego z których dobrano po 4 przypadki kontrolne (w sumie 136 osób) spełniające warunek zgodności wieku i miejsca zamieszkania. Średnia dawka dla osób z białaczkami wyniosła 115 mGy, a dla osób kontrolnych 142 mSv. Wynik badania okazał się więc negatywny.

Badania prowadzone metodą ekologiczną wśród ludności Federacji Rosyjskiej i na Ukrainie dały wyniki ujemne. W sumie więc, jeżeli chodzi o wzrost zapadalności na białaczki wśród osób narażonych w wieku dorosłym, tylko jedno badanie wśród likwidatorów dało wynik dodatni. Należy pamiętać, że dotyczy ono ludzi narażonych na stosunkowo wysokie dawki promieniowania (150-300 mSv).

III.3. Nowotwory lite (poza tarczycą)

Na podstawie wyników licznych badań epidemiologicznych prowadzonych na świecie po drugiej wojnie światowej można przyjąć, że najkrótszy okres utajenia prawie wszystkich popromiennych nowotworów litych

jest rzędu ~10-15 lat. Stąd, do końca lat dziewięćdziesiątych nie należało oczekiwać wyraźnej manifestacji guzów litych (poza tarczycą), mogących być wynikiem narażenia na promieniowanie związane z awarią czernobylską. Na dodatek, małe na ogół dawki, na które była narażona większość likwidatorów i w zasadzie cała ludność, nie powinny prowadzić do dużego, łatwo uchwytneho wzrostu zapadalności lub umieralności z tego tytułu. Nie mniej jednak wyniki badań ostatnich lat wskazują na wzrost zachorowalności i umieralności na nowotwory lite wśród rosyjskich likwidatorów. Nadmiar ryzyka względnego (*Excess Relative Risk* - ERR) na jeden Sv wyniósł 2,11 (95% korytarz ufności: 1,3 – 2,9). Autorzy raportu zwracają jednak uwagę na szereg czynników mylących, takich jak stres, niezdrowy tryb życia etc., które mogły mieć wpływ na zapadalność na nowotwory. Wynik ten wymaga zatem potwierdzenia, zanim można go będzie traktować jako ostateczny.

Sytuacja dla nowotworów piersi wydaje się być bardziej wyraźna. Gruczoł mleczny w dzieciństwie i w okresie pokwitania jest jednym z najbardziej wrażliwych narządów na wywołanie raków popromiennych. Na Ukrainie przeprowadzono badanie obejmujące ~150 tysięcy kobiet zamieszkujących skażone obszary położone blisko Czernobyla oraz ~90 tysięcy kobiet likwidatorów pracujących w latach 1986 (ich średnie dawki oceniono na 100-200 mSv) i 1987 (dawki 50-100 mSv). Standaryzowany stosunek zapadalności (ang. *standardized incidence ratio* - SIR) - jest to stosunek liczby przypadków stwierdzonych do oczekiwanych) na raka piersi w okresie 1993-1997 w grupie mieszkańców obszarów blisko Czernobyla wynosił 1,5 (95% korytarz ufności: 1,27-1,73), a dla likwidatorów 1,51 (95% korytarz ufności: 1,06 – 1,96). Badano też grupę ~50 tysięcy kobiet ewakuowanych z miejscowości Prypeć oraz ze strefy 30 km wokół Czernobyla. Dla tej grupy wartość SIR w latach 1990-1997 wynosiła 1,38 (95% korytarz ufności: 1,06-1,7). Chociaż podane wyniki są istotne statystycznie autorzy raportu znów uważają, że należy je traktować z ostrożnością, ponieważ oparte są one na danych pochodzących z rejestrów nowotworów i nie były przedmiotem niezależnych weryfikacji diagnostycznych. Na wynik mogły też wpłynąć różnice w intensywności badań przesiewowych grup narażonych i kontroli. Dodatkowo, podane wyniki pochodzą z monografii, a nie publikacji w recenzowanym czasopiśmie, stąd nie wiadomo, czy pomiary były prowadzone z należytą starannością.

Międzynarodowa Unia Walki z Rakiem (IARC) zainicjowała ostatnio, wspólnie z Fińskim Rejestrem Nowotworów, badania epidemiologiczne nad zapadalnością na raka piersi na skażonych terenach Białorusi i Ukrainy, gdzie dawki pochłonięte przekraczały 40 mSv. Wstępne wyniki sugerują istotny statystycznie wzrost zapadalności na nowotwory piersi u kobiet narażonych poniżej 45 roku życia, co potwierdza opisane wyżej wyniki badań ukraińskich. Nadchodzące lata pokażą, czy ten trend się utrzyma.

III.4. Choroby nienowotworowe

W oczach szeroko pojętej opinii publicznej awaria czernobylską jest odpowiedzialna za liczne, zróżnicowane następstwa chorobowe, które nierzadko prowadziły do śmierci. Doniesienia na ten temat w bardzo wielu przypadkach nie poddają się żadnym sprawdzianom. Autorzy raportu wybrali do przeglądu te z nich, które mogli zweryfikować.

Należy podkreślić, że głównym czynnikiem utrudniającym analizę umieralności i innych wskaźników stanu zdrowia populacji na terenach, które odczuły skutki wypadku reaktora w Czernobyla, było zjawisko głębokiego kryzysu w Rosji, na Ukrainie i na Białorusi, wywołanego przez rozpad Związku Radzieckiego. W ciągu ostatnich 15 lat średnia długość życia mężczyzn w Rosji i na Ukrainie uległa skróceniu odpowiednio z 70 do 61 i z 67 do 61 lat. Dotyczy to nie tylko okolic Czernobyla, ale również okolic odległych od terenu, które odczuły

bezpośrednio wpływ awarii. Następstwa kryzysu ekonomicznego i pogorszenia opieki zdrowotnej nie poddają się łatwo kwantyfikacji i nie mogą być rygorystycznie analizowane jak te, wynikające z przestrzennie i czasowo określonego wydarzenia, jakim była awaria czernobylska. Dodatkowym czynnikiem mylącym mógł być wzrost alkoholizmu i palenia tytoniu.

III.4.1. Zaćma i inne schorzenia oczu

Zaćma powstaje na skutek różnych przyczyn, ale występuje również jako jedno z następstw napromienienia gałki ocznej. Zaćmę obserwowano często u osób cierpiących na ostrą chorobę popromienną (ratownicy) lub u likwidatorów narażonych na stosunkowo wysokie dawki. Zaobserwowano także zmętnienia w tylnej okolicy podtorebkowej soczewki ocznej u pewnego odsetka populacji dziecięcej w okolicy Czernobyla.

Wydaje się obecnie, że zmętnienie i zaćma soczewki pojawiają się po mniejszych dawkach niż to postulowano uprzednio [8]. Uchwytne zmętnienia soczewki (nie jest to jeszcze właściwa zaćma) mogą się pojawiać już po dawkach rzędu 0,25 Gy. Obserwacje te są zgodne z tymi, które poczyniono w Hiroszynie i Nagasaki, wśród astronautów i osób, u których prowadzono częste badania głowy przy użyciu tomografii komputerowej.

III.4.2. Choroby układu krążenia

Wpływ dużych dawek promieniowania jonizującego na układ krążenia jest bezsporny i był obserwowany w różnych grupach pacjentów poddawanych radioterapii. Analogiczne spostrzeżenia poczyniono wśród ofiar z Hiroszimy i Nagasaki. Należy jednakże pamiętać, że szereg innych czynników takich jak styl życia, brak wysiłku fizycznego, dieta i palenie mają znaczny wpływ na zapadalność i umieralność z powodu chorób układu krążenia.

W Rosji, w grupie likwidatorów liczącej ~61 tysięcy osób umieralność z tego powodu była znacznie większa niż w populacji ogólnej. Oszacowana wartość nadmiaru ryzyka względnego (ERR) na jeden Sv wynosiła 0.54 (95% korytarz ufności: 0,18 – 0,91). Należy podkreślić, że wynik ten dotyczy umieralności. Natomiast zapadalność nie różniła się od średniej krajowej i nie wzrastała z dawką, co jest oczywistym paradoksem wymagającym wyjaśnienia.

Wśród ukraińskich likwidatorów częstość chorób układu krążenia była najwyższa wśród wszystkich chorób somatycznych natomiast w ogólnej populacji Ukrainy choroby te zajmowały dopiero trzecie miejsce. Nie zanotowano jednak zależności chorób układu krążenia od dawki co wskazuje, że nie miały one związku z promieniowaniem. Wniosek ten znalazł potwierdzenie w wyniku badania typu przypadek kontrola, gdzie stwierdzono dobrą korelację zapadalności na choroby układu krążenia z takimi czynnikami jak wiek, nadciśnienie czy paleniem papierosów, natomiast brak korelacji z dawką promieniowania.

III.4.3. Następstwa dla układu odpornościowego

Opisywane następstwa dla układu odpornościowego po napromienieniu (poza ostrym zespołem popromiennym) w wyniku awarii odnoszą się głównie do zmian w liczbie i czynności limfocytów i poziomie immunoglobulin w osoczu. Te następstwa utrzymują się do chwili obecnej. Część z nich może jednak zależeć od czynników współdziałających lub zakłócających, innych niż promieniowanie. Należą do nich stres, przewlekłe zakażenia, dieta, ekspozycja na chemikalia, etc. W sumie interpretacja tych wyników jest bardzo trudna, a ich

znaczenie niejasne. Przy dawkach poniżej kilkudziesięciu mSv nie zaobserwowano żadnych następstw klinicznych związanych w oczywisty sposób z nienormalną funkcją układu odpornościowego.

III.4.4. Następstwa dla rozrodu i wpływ na zdrowie dzieci

Autorzy raportu stwierdzają, że grupa ekspertów nie posiada żadnych dowodów na poparcie tezy o mniejszej płodności wśród mężczyzn lub kobiet, która byłaby wynikiem bezpośredniej ekspozycji na promieniowanie. Według danych z piśmiennictwa naukowego następstw tych nie należy oczekiwać po tak niskich dawkach, jakie otrzymali wszyscy narażeni z wyjątkiem osób, u których rozpoznano ostrą chorobę popromienną.

Częstość urodzeń, która jest niższa na terenach skażonych wynika najprawdopodobniej z powodu obawy przed posiadaniem dzieci; problem jest dodatkowo zaciemniony przez dużą częstość sztucznych poronień. Grupa ekspertów nie posiada informacji o płodności osób, które chorowały na ostrą chorobę popromienną.

Nie stwierdzono wzrostu częstości dziedzicznych efektów popromiennych (rycina 4). Autorzy raportu stwierdzają, że zagadnienie martwych urodzeń i powikłań ciąży oraz ogólnego poziomu zdrowia dzieci nie poddawały się racjonalnej ocenie na podstawie dostępnych materiałów.

III.4.5. Następstwa psychologiczne i neurologiczne

Nie ma wątpliwości, że wpływ awarii czernobylskiej na zdrowie psychiczne jest najpoważniejszym następstwem w zakresie zdrowia publicznego. Rozmiar i zakres katastrofy, liczebność dotkniętej skutkami populacji i długotrwałość następstw nadają tej awarii cechy najgorszej opisanego do tej pory katastrofy przemysłowej.

Związane z awarią obszary troski w zakresie zdrowia psychicznego obejmowały zespół objawów postresowych, wpływ na rozwój mózgu, organiczne choroby układu nerwowego i częstość samobójstw wśród likwidatorów. Objawy zespołu postresowego to wzrost częstości i poziomu depresji oraz stanów lękowych, jak również medycznie nie wytłumaczalne objawy fizyczne. Wszystko to stwierdzono częściej wśród ludności eksponowanej na skutki katastrofy niż wśród populacji kontrolnej. Najczęściej wspomniane następstwa psychiczne w populacji narażonej miały charakter subkliniczny i nie osiągały nasilenia, które uzasadniałyby rozpoznawanie chorób psychicznych. Kontrolowane badania nie potwierdziły obiektywnie uchwytnej nieprawidłowości w walorach intelektualnych u dzieci napromienionych *in utero* lub po urodzeniu – mimo częstych skarg rodziców. Również liczne doniesienia na temat zaburzeń psychicznych i neurologicznych wśród likwidatorów w Rosji i na Ukrainie nie znalazły potwierdzenia w niezależnych badaniach.

III.4.6. Wpływ promieniowania na umieralność

W ciągu blisko 20 lat od awarii w Czernobylu zmarły tysiące osób spośród ludności ogólnej i likwidatorów narażonych na promieniowanie. Jest oczywiste, że tylko jakiś odsetek z nich zmarł z powodu działania promieniowania jonizującego. Ważnym pytaniem jest, jaka liczba zgonów może być przypisana działaniu tego czynnika.

Liczba śmiertelnych ofiar awarii w Czernobylu została oszacowana w raporcie jako suma następujących składowych:

1. zgonów w 1986 roku w wyniku ostrej choroby popromiennej wśród strażaków i ratowników,
2. zgonów w okresie 1987-2004 wśród osób, które przeżyły ostry zespół popromienny,
3. nadmiaru zgonów ponad poziom umieralności spontanicznej wśród likwidatorów i wśród ludności żyjącej na skażonych obszarach Białorusi, Rosji i Ukrainy.

Ad. 1 i 2: Ostłą chorobę popromienną rozpoznano i potwierdzono klinicznie u 134 osób; 28 spośród nich zmarło w 1986 roku, a kolejne 19 w latach 1987-2004 z różnych powodów. Nie zaobserwowano ani jednego przypadku ostrego zespołu popromiennego w populacji ogólnej.

Ad. 3: Tylko na terenie Rosji przeprowadzono właściwe badania epidemiologiczne nad umieralnością i zapadalnością na niektóre choroby wśród likwidatorów. Umieralność z wszystkich powodów i w wyniku chorób nowotworowych w latach 1991-98 nie różniła się istotnie od tej notowanej w populacji ogólnej. Jest to zrozumiałe uwzględniając, że najkrótszy okres utajenia nowotworów litych wynosi 10-15 lat. Jak napisano w rozdziale III.3. stwierdzono w ostatnich latach wzrost umieralności z powodu nowotworów litych wśród likwidatorów rosyjskich, jednak wiarygodność tego wyniku musi zostać potwierdzona.

W przypadku ogółu ludności, jedynym nowotworem złośliwym, który pojawił się z istotną i niewątpliwie podwyższoną częstością były raki tarczycy u dzieci i młodzieży (patrz rozdział III.1.). W okresie 1992-2000 rozpoznano około 4000 tych nowotworów, ale dzięki skutecznej terapii zmarło tylko 8 pacjentów z powodu progresji raka, a 6 z innych powodów.

Jeżeli średnia dawka dla ludności na terenach skażonych wynosiła ~50 mSv to w oparciu o modele karcynogenezy popromiennej opublikowanej przez ICRP [8], uprawnione jest przypuszczenie, że takie narażenie może spowodować teoretyczny wzrost zapadalności i umieralności z powodu sumy nowotworów o 1-1,5%. Takiego efektu nie da się wykryć współczesnymi metodami badań epidemiologicznych. Potwierdzają to obserwowane, nie wzrastające w czasie liczby zgonów wśród mieszkańców skażonych terenów na Ukrainie w latach 1989-2001 (rycina 5).

IV. Wnioski

Podsumowując, zaobserwowane nasilenie somatycznych następstw promieniowania jonizującego dla zdrowia po awarii w Czernobylu nie wykracza poza poziom oczekiwany z przeprowadzonych w ostatnim 50-leciu badań epidemiologicznych na innych populacjach. Pewnym zaskoczeniem był krótki okres utajenia nowotworów tarczycy u dzieci i młodzieży narażonej na wchłanianie ¹³¹I. Wydaje się, że istotny wpływ na szybkość manifestacji tego zjawiska mógł mieć niedobór jodu w pożywieniu na niektórych obszarach, ale sprawa nie została definitywnie wyjaśniona. Nie przewidywano również tak znacznego nasilenia następstw psychologicznych i społecznych, które były skutkiem stresu panującego wśród ludności. Do tej pory nie stwierdzono jednoznacznego wzrostu zapadalności i umieralności na białaczki i nowotwory lite poza tarczycami. Wyjątkiem mogą być nowotwory piersi. Jednak, biorąc pod uwagę długi czas utajenia popromiennych nowotworów litych nie można wykluczyć, że w nadchodzących dekadach ujawni się wzrost liczby nowotworów litych przy spadku udziału białaczek w umieralności.

Katastrofa czernobylska wyraźnie pokazała jak ważne jest znaczenie jawnej informacji i sposobów jej przekazywania w następstwie zdarzeń związanych z ekspozycją na czynniki chorobotwórcze. Doświadczenia związane z awarią czernobylską podniosły poziom świadomości osób planujących akcje służb specjalnych w przypadkach tego typu awarii. Oczywistym jest, że dokładne informacje rozpowszechniane odpowiednio

wcześniej przez przywódców cieszących się zaufaniem obywateli posiadają ogromne i pozytywne znaczenie dla zdrowia ofiar narażenia. Jasnym jest też, że chociaż poziom następstw zdrowotnych awarii czernobylskiej nie osiągnął zakresu ani natężenia przewidywanego w irracjonalnych wróżbach, dalszy nieunikniony rozwój energetyki jądrowej nie powinien dopuścić – pod żadnym pozorem – do wystąpienia podobnej katastrofy.

Notatka o autorach

Prof. dr hab. Julian Liniecki jest emerytowanym profesorem w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Centralnego Szpitala Klinicznego w Łodzi i członkiem Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP). Dr hab. Andrzej Wójcik jest docentem w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej oraz profesorem nadzwyczajnym Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach, gdzie kieruje Zakładem Radiobiologii i Immunologii.

Piśmiennictwo

1. UNSCEAR 2000. Exposures from natural radiation sources. Annex J. Exposures and effects of the Chernobyl accident, UNSCEAR, 2000.
2. Mould, R. F. Chernobyl Record: the definitive history of the Chernobyl Catastrophe. Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2000.
3. Rassow, J. Risiken der Kernenergie. Fakten und Zusammenhänge im Lichte des Tschernobyl-Unfalls. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1988.
4. Celiński, Z. Energetyka jądrowa a społeczeństwo. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1992.
5. Grabowski, D., E. T. Józefowicz, J. Liniecki. Awaria czernobylska: skutki zdrowotne w Polsce. Polskie Towarzystwo Nukleoniczne, Warszawa, 1999.
6. WHO 2005. Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" (EGH). World Health Organization, 2005.
7. Szumiel, I., A. Wójcik. Wczesne, późne, stochastyczne czy deterministyczne? Jakie skutki wywołuje promieniowanie jonizujące w napromienionym organizmie? Postępy Techniki Jądrowej 44(4):55-56, 2001.
8. ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the ICRP. Pergamon Press, Oxford, 1991.

Opisy rycin

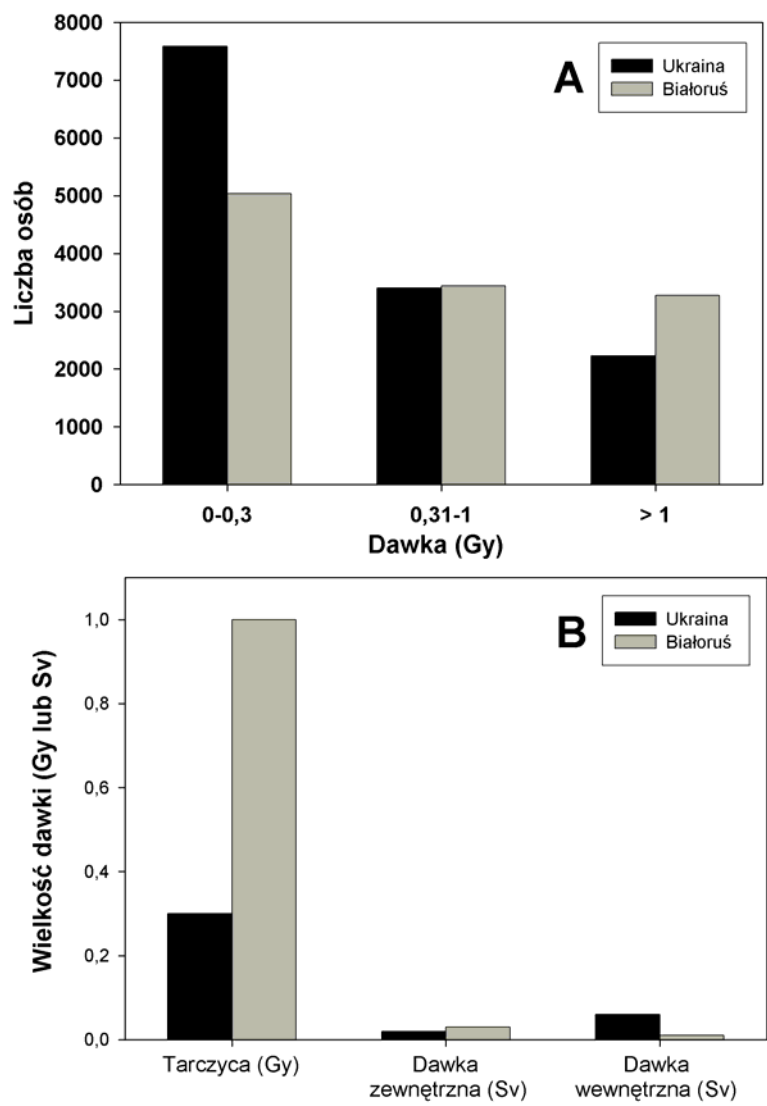
Rycina 1. A: rozkład dawek w tarczycy dla około 25000 osób będących przedmiotem badań epidemiologicznych zapadalności na raka tarczycy na Ukrainie i Białorusi. B: zestawienie oszacowanych dawek dla tarczycy i dawek skutecznych wewnętrznych i zewnętrznych dla ludności ewakuowanej ze skażonych obszarów w 1986 roku.

Rycina 2. Dawki zewnętrzne dla likwidatorów z Białorusi, Rosji i Ukrainy w latach 1986-1989. Liczby nad słupkami pokazują wielkość grupy (w liczbach pracowników) oraz procent osób, dla którego dawki pochłonięte są rzeczywiście znane.

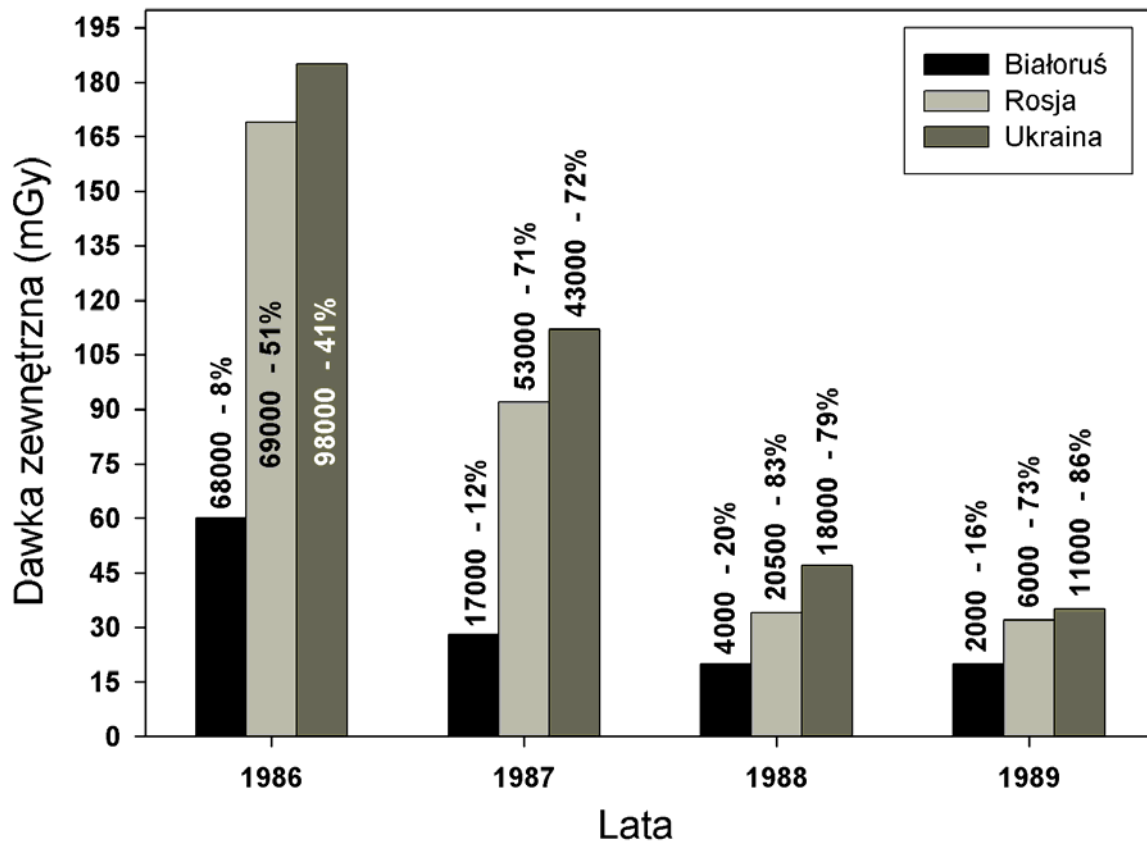
Rycina 3. Ryzyko względne nowotworów tarczycy u osób narażonych na promieniowanie w wieku 0-18 lat, jako funkcja dawki dla tarczycy. Słupki błędów symbolizują 95% korytarz ufności.

Rycina 4. Miesięczna prevalencja (liczba zarejestrowanych przypadków wśród osób żywych) zespołu Downa na Białorusi, przedstawiona jako procent wszystkich przypadków zarejestrowanych w latach 1981-1992.

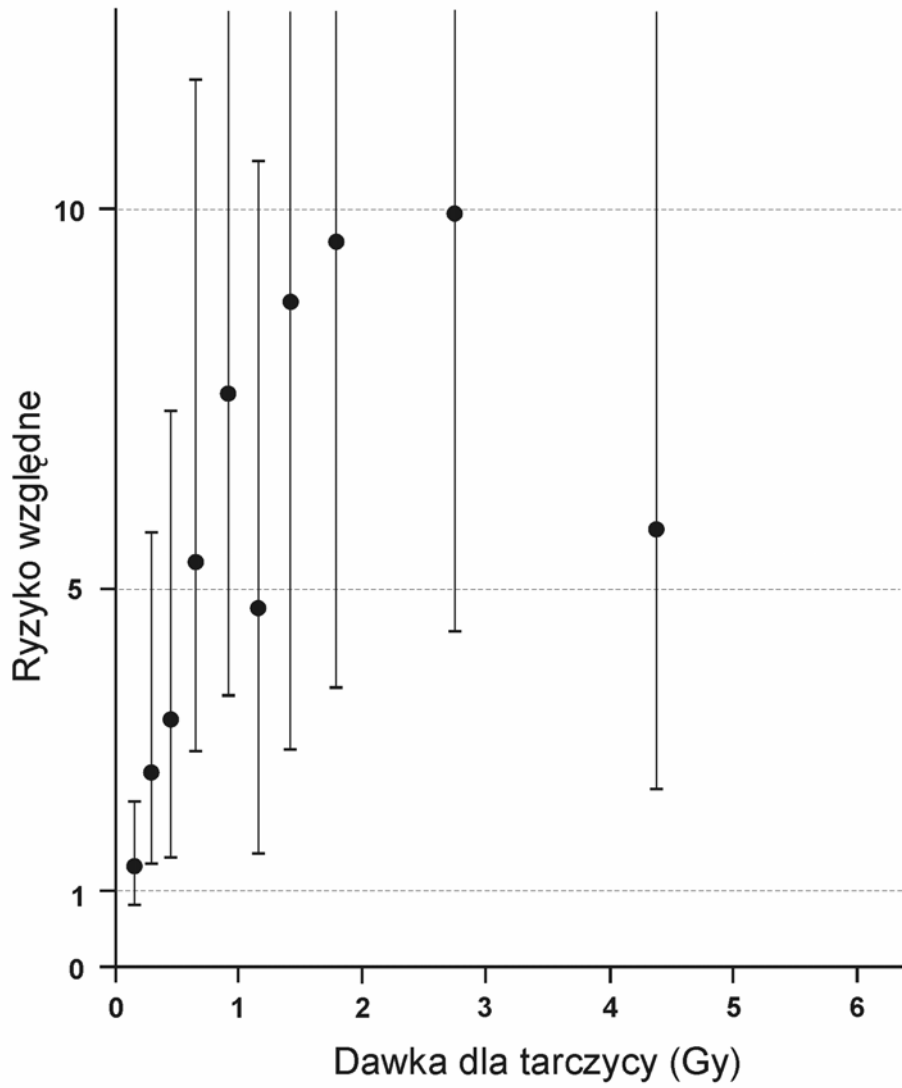
Rycina 5. Roczne liczby zgonów na 1000 mieszkańców rejestrowane na skażonych terenach Ukrainy.



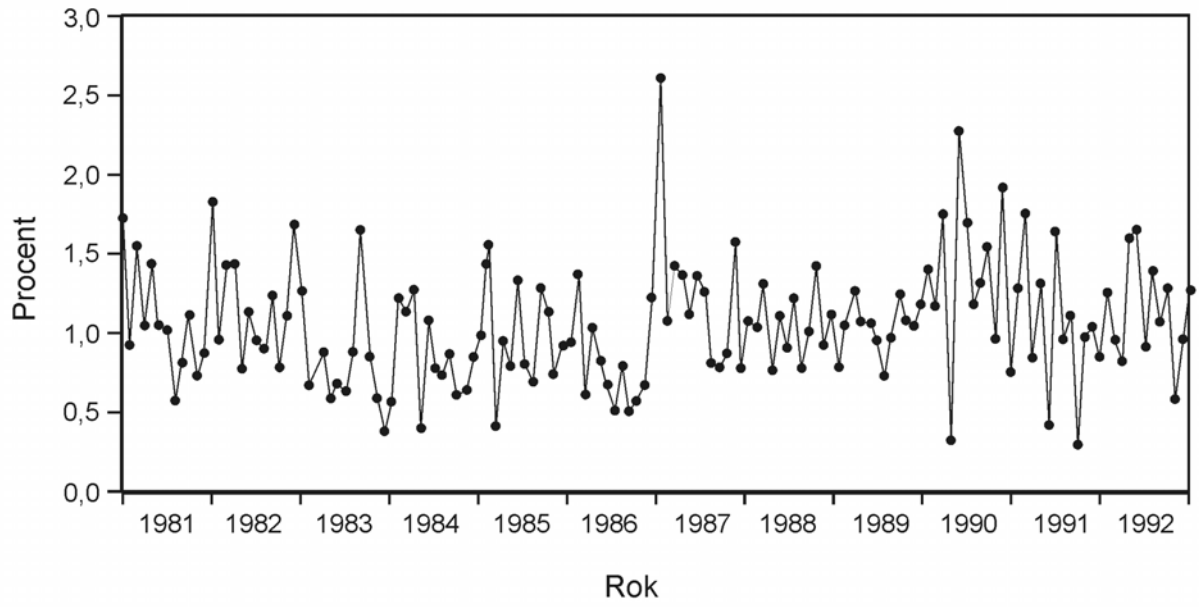
Rycina 1



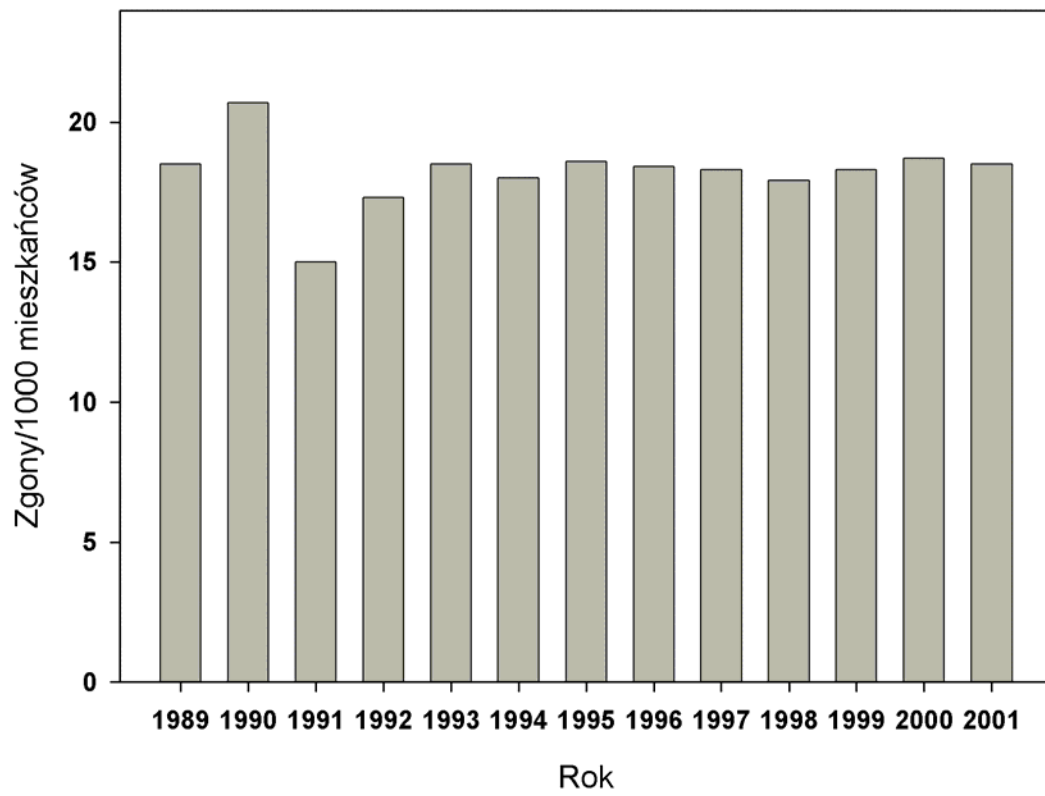
Rycina 2



Rycina 3



Rycina 4



Rycina 5