

## Bibliografia książek i doniesień z lat 1986–2011 na temat katastrofy w Czarnobylu oraz dalsze obserwacje dotyczące raka tarczycy i białaczki

Richard F. Mould

Niniejszy artykuł stanowi kontynuację przeglądu piśmiennictwa, który ukazał się w czasopiśmie *Nowotwory* w 1999 roku [1]. Obecna bibliografia wybranych książek i doniesień w literaturze na temat katastrofy w Czarnobylu (niedostępna bezpośrednio w Internecie) podana jest w porządku chronologicznym. Autor ma nadzieję, że będzie stanowić użyteczne zestawienie źródeł na temat rozwoju wiedzy po katastrofie przez 25 lat, od kwietnia 1986 roku. Podsumowane zostały dane nt. przyczyny katastrofy, losów 203 osób, które ucierpiały z powodu choroby popromiennej (ARS) w wyniku katastrofy oraz rezultaty przeszczepów szpiku kostnego. Do bibliografii włączono też wybrane współczesne prace na temat raka tarczycy, białaczki i technik dozymetrii retrospektywnej.

### **Chernobyl bibliography of books & reports 1986–2011 and follow-up on thyroid cancer & leukaemia**

This article follows an earlier *Nowotwory* review [1] which was published in 1999. The bibliography of selected books and reports in the Chernobyl literature, which is not directly available on the Internet, is referenced in chronological order and will provide a useful source on how the post-accident knowledge has progressed in the 25 years after April 1986. The causes of the accident are summarised as is the survival of the 203 persons who suffered acute radiation syndrome (ARS) at the time of the accident and bone marrow transplant results. Selected recent journal papers on thyroid cancer, leukaemia and retrospective dosimetry techniques are also included.

NOWOTWORY Journal of Oncology 2013; 63, 2: 94–102

**Słowa kluczowe:** Czarnobyl, rak tarczycy, białaczka, elektrownie jądrowe, retrospektywna dozymetria promieniowania, ostra choroba popromienna, przeszczep szpiku kostnego

**Key words:** Chernobyl, thyroid cancer, leukaemia, nuclear power plants, retrospective radiation dosimetry, acute radiation syndrome, bone marrow transplant

### **Wstęp**

Z bibliografii, którą mają Państwo przed sobą, widać wyraźnie, że w miarę upływu czasu publikacje książkowe i obszernie sprawozdania takich organizacji jak IAEA czy WHO w zasadzie przestały się ukazywać, a wraz z nimi zniknęły prace epidemiologiczne, kliniczne i badania środowiskowe. Rocznicę katastrofy, takie jak 25-lecie w 2011 roku, zawsze wiążą się z większą ilością artykułów i numerów specjalnych czasopism — w całości poświęconych kwestii katastrofy

w Czarnobylu i jej następstw. Można zatem traktować niniejszą bibliografię jako przedstawienie najważniejszych źródeł i materiałów na temat katastrofy, jakie ukazały się przez blisko ćwierć wieku od 26 kwietnia 1986 r.

### **Przyczyny katastrofy w 1986 roku**

Wypadek (ryc. 1) miał miejsce podczas zaplanowanej procedury testowej, która obejmowała wyłączenie turbiny generatora bloku energetycznego numer 4 elektrowni



**Rycina 1.** Elektrownia atomowa w Czarnobylu, zdjęcie wykonane w maju 1986 roku. (Agencja TASS, za zgodą)

jądrowej, aby sprawdzić wydajność. Oznaczało to, przetestowanie zdolności generatora do zasilania części pomp chłodzących w sytuacji, gdy generator pracuje na wolnych obrotach, aż do całkowitego zatrzymania po odcięciu dopływu pary. Miało to pozwolić określić, czy zaopatrzenie w energię NPP4 może być podtrzymywane przez krótki czas na wypadek przerwy w dostawie prądu. Czynności mające na celu wdrożenie eksperymentu rozpoczęto o godzinie 01.00, w dniu 25 kwietnia 1986 r.

Podczas procedury miało miejsce wiele istotnych błędów. Gdyby zostały odpowiednio zarejestrowane, można by było przerwać test. Między innymi 26 kwietnia o godzinie 00.28, podczas zmniejszania mocy (według planu test miał zostać przeprowadzony przy mocy cieplnej między 700 MW a 1000 MW), pręty kontrolne, służące do kontrolowania mocy reaktora na najwyższym poziomie (*local automatic control rods* — LACs) — były wyłączone, a pręty kontrolne nazywane automatycznymi prętami kontrolnymi (*automatic control rods* — ACs) były włączone. Jednak (i to był najistotniejszy błąd) operatorom nie udało się ponownie uruchomić ACs, przez co nie mogli zapobiec spadkowi mocy cieplnej do 30 MW. Do godziny 01.00 operatorom udało się co prawda uzyskać stabilność, lecz zaledwie na poziomie 200 MW, co było znacznie poniżej wymaganego poziomu mocy. Wówczas eksperyment powinien być zostać

przerwany — jednak tak się nie stało. W rzeczywistości poziom 200 MW został osiągnięty przez usunięcie prętów kontrolnych z rdzenia reaktora. W tym momencie, z powodu niskiej mocy na poziomie 200 MW oraz znacznie przekroczonego (115–120% normy) przepływu chłodziwa za sprawą wszystkich ośmiu pomp, niektóre pompy działały poza dozwolonym reżimem (kolejny poważny błąd). O godzinie 01.19 woda w obwodzie chłodziwa była już bliska osiągnięcia temperatury wrzenia.

O godzinie 01.22.30 miał miejsce najpoważniejszy błąd, gdy wydruk parametrów systemu reaktora pokazał, że w rdzeniu reaktora było wówczas jedynie sześć, siedem bądź osiem prętów kontrolnych, co stanowiło mniej niż połowę określonego minimum bezpieczeństwa wynoszącego 15 oraz mniej niż jedną czwartą minimalnej liczby 30 prętów kontrolnych podanej w instrukcji dla operatorów.

Następnie o godzinie 01.23.04 miał miejsce decydujący i kluczowy błąd. Automatyczny system ochrony bezpieczeństwa, który powoduje wyłączenie się reaktora, gdy obie turbiny generatora nie działają, został celowo wyłączony przez operatorów, pomimo że takie działanie nie mieściło się w planie eksperymentu.

Później wydarzenia potoczyły się lawinowo. Moc reaktora zaczęła powoli wzrastać; pręty ACs zostały wysunięte; główny przepływ chłodziwa i przepływ wody zasilającej zostały zwolnione, co spowodowało wzrost temperatury wody wpływającej do reaktora; moc reaktora gwałtownie wzrosła.

Kierownik zmiany NPP4 zarządził całkowite awaryjne wyłączenie reaktora ... lecz było już za późno. O godzinie 01.23.46 nastąpiło zniszczenie kanałów paliwa jądrowego, a o 01.23.48 nastąpił wybuch termiczny i eksplozja wodoru. Płonące fragmenty i iskry wystrzeliły w powietrze nad reaktorem. Wybuch sprawił, że zajął się również dach maszynowni, a następnie przylegające budynki. Pożar trwał niemal dwa tygodnie.

### **Choroba popromienna, rok 1986**

Podstawowym problemem przy szacowaniu dawek przyjętych przez osoby napromieniowane podczas katastrofy w Czarnobylu jest oczywiście fakt, że z konieczności ma ono charakter retrospektywny. Trudności pojawiają się już przy ustalaniu liczby pracowników elektrowni i osób likwidujących szkody, które doświadczyły choroby popromiennej (ARS), tabela I. Do dzisiaj pojawiają się publikacje na ten temat.

### **Przeszczep szpiku kostnego, rok 1989**

Ostatni szczegółowy raport na temat wyników przeszczepów szpiku kostnego u ofiar Czarnobyla ma już wiele lat. Sprawozdanie to znajduje się w artykule z 1989 roku, autorstwa Aleksandra Baronova, Roberta Gale'a i współautorów, który ukazał się w *New England Journal of Medicine* [2]. Opisano tam przeszczepy szpiku u 13 biorców. Szacowane

**Tabela I.** 203 przypadki osób, u których w początkowym okresie zdiagnozowano ARS

Stopień ARS	Zasięg dawki (Gy)	Liczba hospitalizowanych pacjentów		Liczba zgonów	Czas przetrwania (dni)
		Kijów	Moskwa		
4	6–16	2	20	20	10, 14, 14, 14, 15, 17, 17, 18, 18, 18, 20, 21, 23, 24, 24, 25, 30, 48, 86, 91
3	4–6	2	21	7	16, 18, 21, 23, 32, 34, 48
2	2–4	10	43	1	96
1	1–2	74	31	0	

dawki oparte na ocenie kinetyki neutrofilów mieściły się w przedziale 4,4–9,5 Gy (mediana 8,1), a oparte na ocenie kinetyki limfocytów — 4,7–13,4 Gy (mediana 7), natomiast dawki na podstawie analizy chromosomów dwucentrycznych — 4,4–11,9 Gy (mediana 8,3).

### Bibliografia książek i sprawozdań 1986–2011

Wybrane źródła to przede wszystkim książki i sprawozdania, ale znalazło się też kilka artykułów i prezentacji. Należy zaznaczyć, że raporty różnych organizacji, w tym Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA), są dostępne w Internecie. Niektóre publikacje powstawały na potrzeby ekonomii; ostatni drukowany artykuł IAEA o Czarnobylu ukazał się w 2005 roku [3]. Ostatnie źródła IAEA [4–6] obejmują serię relacji, zdjęć i filmów przedstawiających aktualny stan środowiska, społeczne i techniczne aspekty dotkniętych regionów Białorusi i Ukrainy [6]. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) również porozumiewała się przez internet [7].

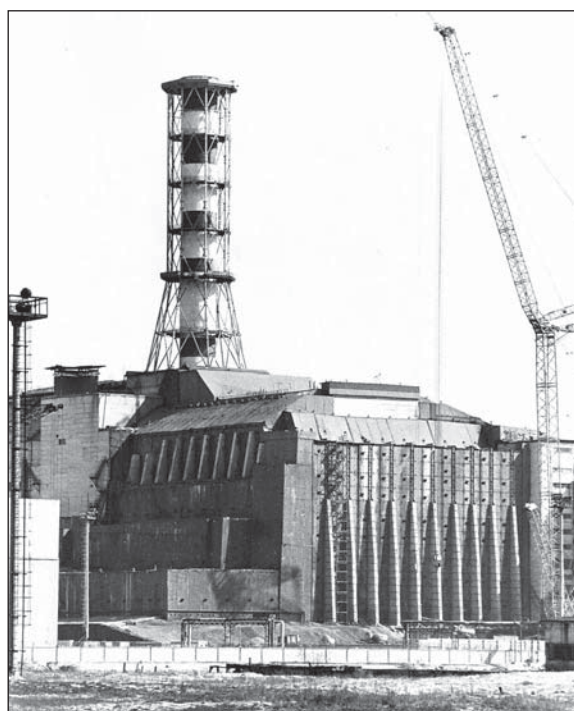
Trzeba nadmienić, że większość książek i raportów ukazała się w ciągu pierwszych 2–3 lat (ryc. 2) po katastrofie oraz kolejno na 10, 15 i 20 rocznicę. Wśród wybranych tu źródeł znalazły się nawet niektóre rubryki z kolorowych gazet oraz czasopism, w których ukazały się dobrej jakości zdjęcia z lat 1986–2011. Tytuły i autorzy wymienieni są poniżej w porządku chronologicznym [8–48]. Pełne dane bibliograficzne znajdują się na końcu niniejszego artykułu.

#### 1986

- Hawkes N, Lean G, Leigh D, McKie R, Pringle P, Wilson A. *The Worst Accident in the World. Chernobyl: The End of the Nuclear Dream* [8]
- Haywood JK (red.). *Chernobyl: Response of Medical Physics Departments in the United Kingdom*. London: Institute of Physical Sciences in Medicine [9]
- International Nuclear Safety Advisory Group. *Summary Report on the Post-Accident Review Meeting (25–29 August 1986) on the Chernobyl Accident*. IAEA Safety Series. INSAG-1 [10]

#### 1987

- Edwards M, Raymer S, Mion P. Chernobyl — One Year After. *National Geographic* [11]



**Rycina 2.** „Sarkofag”, maj 1989 r. (Agencja TASS, za zgodą)

- Hamman H, Parrott S. *Mayday at Chernobyl. One Year On, The Facts Revealed* [12]
- Mould RF. After Chernobyl. *British J Radiology* [13]
- Gubaryev V. *Sarcophagus* [14]

#### 1988

- Mould RF. *Chernobyl — The Real Story* [15]
- Svensson H. The Chernobyl accident, impact on Western Europe. *Radiotherapy & Oncology* [16]

#### 1991

- IAEA. *The International Chernobyl Project. Proceedings of an International Conference held in Vienna 21–24 May 1991. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures* [17]
- IAEA. Report by an International Advisory Committee. *The International Chernobyl Project. An Overview. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures* [18]

## 1992

- International Nuclear Safety Advisory Group. *The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1* (patrz poz. pismienictwa 10) IAEA Safety Series. INSAG-7 [19]
- Ukraine Min Chernobyl, Academy of Sciences of Ukraine. *Description of the Ukritiye Encasement and Requirements for its Conversion* [20]

## 1993

- WHO. *International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident* (IPHECA) [21]

## 1994

- Edwards M, Ludwig G. Chornobyl. *National Geographic* [22]

## 1995

- Ilyin LA. *Chernobyl: Myth and Reality*. Moscow: Megapolis, 1995 [23]
- Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development. *Chernobyl: Ten Years On Radiological and Health Impact* [24]
- Tarlap Tiit. *Chernobyl 1986. Memoirs of an Estonian Cleanup Worker* [25]
- United Nations Department of Humanitarian Affairs. Chernobyl No Visible End to The Menace. *DHA News* [26]
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) *Chernobyl: Local Doses and Effects* [27]
- World Health Organisation. *Health Consequences of the Chernobyl Accident. Results of the IPHECA Pilot Projects and Related National Programmes*. Summary Report [28]
- WHO. *Health Consequences of the Chernobyl and Other Radiological Accidents*. International Conference 20–23 November 1995, Geneva [29]

## 1996

- European Commission and the Belarus, Russian and Ukrainian Ministries on Chernobyl Affairs, Emergency Situations and Health. *Chernobyl Research: Radiological Aftermath* [30]
- Izrael YA, De Cort M, Jones AR i wsp. Atlas of <sup>137</sup>Cs contamination of Europe after the Chernobyl accident. European Commission [31]
- Jensen PH. One decade after Chernobyl: environmental impact assessments. IAEA [32]
- Lyabakh M (red.). *And The Name of The Star is Chornobyl. Album in Pictures*. Interinform Chornobyl, 1996 [33]
- Scherbak YM. Ten years of the Chornobyl era. *Scientific American* [34]
- Souchkevitch GN, Tsyb AF, Repacholi MN, Mould RF (red.). *Health Consequences of the Chernobyl Accident*

*Results of the IPHECA Pilot Project and Related National Programmes*. Scientific report published by WHO [35]

## 1997

- EU-Tacis. *Chernobyl Nuclear Power Plant Object Ukritiye. Photo Documentation* [36]
- IAEA. *Ten Years After Chernobyl: What Do We Really Know?* [37]

## 1999

- Mould RF. Chernobyl accident health impact. *Nowotwory* [1]
- Souchkevitch GN. Classification and terminology of radiation injuries. *Int J Radiation Medicine* [38]
- UNSCEAR. *Exposures and Effects of the Chernobyl Accident* [39]

## 2000

- Mould RF. *Chernobyl Record* [40]
- UNSCEAR. *Exposures and Effects of the Chernobyl Accident* [41]

## 2001

- Clark S, Moreau J-L. To them, it's just another day at the plant. To us it's risking their lives cleaning up Chernobyl. *Sunday Times Magazine* [42]

## 2005

- Chernobyl Forum. *Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine*. IAEA [3]

## 2006

- Alexievich S. *Voices from Chernobyl. The Oral History of a Nuclear Disaster* [43]
- Stone R, Ludwig G. Inside Chernobyl. *National Geographic* [44]

## 2011

- Dubrova YE. Germline mutation after Chernobyl — what is known and what is not. *Presentation at British Institute of Radiology meeting 12 December 2011: Chernobyl 25 years on: consequences, actions and thoughts for the future* [45]
- Likhtarov I, Kovgan L, Chepurny M i wsp. Estimation of the thyroid doses for Ukrainian children exposed in utero after the Chernobyl accident. *Health Physics* [46]
- Rothkamm Kai. Biomarkers for radiation exposure and effect. *Presentation at British Institute of Radiology meeting 12 December 2011: Chernobyl 25 years on: consequences, actions and thoughts for the future* [47]

**Tabela II.** Techniki dozymetrii retrospektywnej [49]

Techniki cytogenetyczne	
Oznaczenie chromosomu dwucentrycznego	
Przedwczesna kondensacja chromosomu	
Ocena mikrojąder	
Fluorescencyjna hybrydyzacja <i>in situ</i> (FISH)	
Techniki genetyczne	
Mutacje somatyczne glikoforyny A fosforybozylotransferazy hipoksantynowo-guaninowej	
Oznaczenie ekspresji genu	
Techniki hematologiczne	
Biomarkery białkowe	
$\gamma$ -H2AX	
Białko C-reaktywne	
Amylaza surowicy	
Techniki fizyczne	
Dozymetria przy użyciu spektroskopii (EPR)	
Dozymetria luminescencyjna	
Techniki aktywacyjne	
Techniki obliczeniowe	
Analityczna rekonstrukcja dawek (obliczenia „czas i ruch”)	
Rekonstrukcja dawki metodą numeryczną	

- Thomas GA (red.). The Radiobiological Consequences of the Chernobyl Accident 25 Years On: April 2011. *Clinical Oncology* [48]

### Dozymetria retrospektywna, rok 2011

Doskonały przegląd technik dozymetrii retrospektywnej napisany przez współautorów z wielu krajów (Wielkiej Brytanii, Ukrainy, Hiszpanii, Włoch, Holandii, Francji, Turcji, Norwegii, Niemiec, Finlandii, Portugalii, Serbii i Belgii), z bibliografią liczącą 129 źródeł, ukazał się w 2011 roku [49]. Wymienione metody przedstawiono w tabeli II.

### Rak tarczycy, lata 1986–2011

Jedno z najbardziej przejmujących zestawień statystycznych dotyczy zachorowań na raka tarczycy wśród białoruskich dzieci w wieku do 14 lat, przed katastrofą i po wybuchu, tabela III. Otrzymałem je z Rejestru Nowotworów w Mińsku białoruskim. Jestem szczególnie wdzięczny za pomoc profesorowi A.G. Mroczkowi z Mińska, który dostarczył mi te dane. Chciałbym zaznaczyć, że Rejestr Nowotworów w Mińsku osobiście odwiedziłem i dowiedziałem się wówczas, że dane zbierane w archiwum na wiele lat przed rokiem 1986 były starannie dokumentowane w wielkich księgach (było to archiwum jeszcze nieskomputeryzowane) i można je traktować jako źródło rzetelne. Liczby podane w tabeli III mówią same za siebie i nie wymagają testów istotności statystycznej (!) [40, 50]. Dane odnoszą się do całego terytorium Białorusi. Czarnobyl, znajdujący się na

**Tabela III.** Liczba zachorowań na raka tarczycy wśród dzieci do 14 roku życia na Białorusi: dane sprzed katastrofy i po wybuchu [40, 50]

Obwód	Liczba raków tarczycy	
	1974–85	1986–97
homelski	1	305
brzeski	2	135
miński	2	65
mohylewski	0	30
grodzieński	3	32
witebski	0	7
Cała Białoruś	8	574

Ukrainie, usytuowany jest w pobliżu granicy z obwodem homelskim. Najdalej od Czarnobyla znajduje się obwód witebski. Nawet jeśli przyjąć, że badania epidemiologiczne na Białorusi po roku 1986 prowadzono ze znacznie większą skrupulatnością, nadal nie wyjaśniałoby to zaistnienia tak dużych różnic, jak w tabeli III. Radioaktywna chmura znad Czarnobyla przesuwała się nad Homlem podczas deszczu. Doprowadziło to do osadzania się dużej ilości jodu-131.

W znacznie późniejszej publikacji, w specjalnym numerze *Clinical Oncology* [48] z maja 2011 r. poświęconym radiobiologicznym następstwom katastrofy w Czarnobylu, znalazło się dziewięć prac przeglądowych. Sześć z nich zawiera słowa rak tarczycy w tytule [51–56]. Prace te zawierają informacje o Czarnobylskim Banku Tkanki, patologii raka tarczycy, profilach ekspresji genów oraz zachorowaniach na raka tarczycy u dorosłych i dzieci.

*Health Physics* z czerwca 2011 r. zawiera informacje o zachorowaniach na raka tarczycy wśród dzieci, z szacunkową dawką dla tarczycy dla dzieci napromieniowanych *in utero* po eksplozji w Czarnobylu [47]. W październiku 2011 roku ukazał się specjalny zeszyt tego czasopisma [57] poświęcony radioekologii w związku z katastrofą w Czarnobylu, gdzie radioekologia rozumiana jest jako sytuacja osób w czasie wybuchu, przemieszczanie i potencjalne skutki działania radionuklidów i powiązanych z nimi substancji skażających środowisko, a nieco inaczej ujmując: „jest to nauka opisująca podstawowe związki między zdrowiem środowiskowym a ryzykiem zdrowotnym dla człowieka”.

W 2011 roku ukazała się praca Zablotskiej i współpracowników z USA i Białorusi [58] przedstawiająca wyniki badań nad ryzykiem zachorowania na raka tarczycy wśród dzieci i młodzieży na Białorusi napromieniowanych podczas katastrofy w Czarnobylu. Autorzy doszli do wniosku, że „10–15 lat po wybuchu w Czarnobylu ryzyko zachorowania na raka tarczycy było znacząco wyższe wśród osób narażonych na działanie radioaktywnego opadu jako dzieci lub nastolatki, jednak ryzyko to zdawało się być mniejsze, niż w innych badaniach na temat Czarnobyla.

W 2009 roku autorzy z Niemiec, Ukrainy i Holandii opublikowali [59] wyniki badania klinicznego z lat 1998–2000,

podczas którego przebadano tarczycę u 99 osób, pracowników Czarnobyla, którzy byli szczególnie ekspozowani na silne promieniowanie. Wyciągnięto następujące wnioski: „W badaniu kohortowym, katastrofa w Czarnobylu okazała się mieć zaskakująco niewielki wpływ na powstawanie chorób tarczycy. Dane wskazywały na zależność od wieku heterogeniczność w odpowiedzi na działanie radioizotopów o krótkotrwałym okresie półrozpadu, co skłania do prowadzenia dalszych wieloletnich obserwacji”. Jednak badanie to, chociaż interesujące, nie miało żadnej grupy kontrolnej, a liczba 99 badanych była stosunkowo niewielka. Na podobne trudności natrafiamy również w innych badaniach.

### **Białaczki, lata 2007 i 2008**

Okres rozwoju w przypadku białaczki jest dłuższy niż w raku tarczycy (maksymalne skutki dla zdrowia występują w ciągu pierwszych 12 lat po ekspozycji), jak można było wywnioskować z danych zebranych wśród osób, które przetrwały zrzuconie bomby atomowej na Hiroszimę i Nagasaki. Jednak już wystarczająco dużo czasu upłynęło od roku 1986, a nie znaleziono jeszcze przypadków białaczki, które można by było uznać za wywołane przez Czarnobyl. Na przykład Kesminiene i Cardis z Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC) w Lyonie w pracy z 2007 roku [60] pisali w podsumowaniu, że „jest za wcześnie, aby wyciągać wnioski na temat ryzyka zachorowań na nowotwory inne niż rak tarczycy”. Międzynarodowe Konsorcjum do Badań nad Wpływem Promieniowania na Zdrowie również stwierdziło w 2006 roku [61], że jeśli chodzi o dzieci z Białorusi, Rosji i Ukrainy, „nie ma przekonujących dowodów na podwyższone ryzyko zachorowania na białaczkę na skutek ekspozycji na promieniowanie z Czarnobyla”. Jednocześnie twierdzi, że „brak znaczących danych nt. odpowiedzi na dawki promieniowania na Białorusi i w Rosji powoduje, iż nie można jednoznacznie wykluczyć możliwości wzrostu ryzyka zachorowania na białaczkę”.

Ukraińsko-amerykańskie kliniczne badanie kontrolowane białaczki i chorób pokrewnych wśród ukraińskich pracowników usuwających skutki katastrofy w Czarnobylu, opublikowane w 2008 roku [62], odkryło „istotną liniową zależność pomiędzy ekspozycją na promieniowanie związane z Czarnobylem wśród ukraińskich pracowników a ryzykiem zachorowania na białaczkę”.

Viktor Ivanov z Centrum Badań Medycznych Rosyjskiej Akademii Nauk Medycznych (MRRRC RAMS) w Obnińsku podsumowywał swoją pracę w 2007 roku [63], czyli mniej więcej 20 lat po katastrofie, następującymi słowami: „Jest zbyt wcześnie na stawianie ostatecznych wniosków na temat wpływu katastrofy na zdrowie ratowników”. Podkreślał, że ukazała się ograniczona ilość prac podejmujących temat ryzyka związanego z promieniowaniem wśród likwidatorów [64–67]. Tak więc w przeciwieństwie do początkowych przewidywań, które ukazywały się w gazetach, nie zaob-

serwowano istotnego wzrostu częstotliwości zachorowań na białaczkę wśród pracowników likwidujących szkody w Czarnobylu.

### **„Projekt 2,5 miliona dolarów” dla Czarnobyla, lata 2009–2012**

„Projekt 2,5 miliona dolarów” został zapoczątkowany 24 kwietnia 2009 roku [7, 68], w 23. rocznicę katastrofy. Ta trzyletnia inicjatywa postawiła sobie za cel przełożenie najnowszych doniesień naukowych na temat konsekwencji wybuchu na konkretne praktyczne zalecenia dla mieszkańców dotkniętych regionów. Jest to wspólny wysiłek IAEA, UNDP, UNICEFu oraz WHO. Wspierają go rezolucja Zgromadzenia Ogólnego ONZ 2007 oraz projekt znany jako International Chernobyl Research & Information Network (ICRIN), który jest częścią większej całości, pomagającej lokalnym społecznościom „powrócić do normalności” przed upływem dziesięciolecia, czyli do 2016 roku.

### **Raport UNSCEAR — luty 2011**

28 lutego 2011 roku Komitet Naukowy ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) wydał 173-stronicowe sprawozdanie, które jest trzecim z kolei raportem UNSCEAR na temat katastrofy [69]. Ma on formę naukowego aneksu do drugiego tomu stanowiącego podstawę raportu UNSCEAR z roku 2008 dla Zgromadzenia Ogólnego ONZ. Donoszą w nim, że pomimo dostępności nowych wyników badań główne wnioski odnośnie skali i charakteru konsekwencji katastrofy dla ludzkiego zdrowia są „zasadniczo zgodne z poprzednimi ocenami”. Informowano też, że ocena dawki została rozszerzona z 380 000 do ponad 500 000 pracowników zaangażowanych w prace po katastrofie. Również ocena dawek dla tarczycy została rozszerzona z 5 do 100 milionów ludzi na Białorusi, na terenie Federacji Rosyjskiej i na Ukrainie. Tabela IV wymienia niektóre z najważniejszych wniosków raportu.

**Tabela IV.** Główne ustalenia raportu UNSCEAR z 2011 roku [69]

- 134 osób spośród personelu zakładu i ratowników cierpiało na chorobę popromienną na skutek wysokich dawek promieniowania.
- W ciągu pierwszych kilku miesięcy zmarło 28 z tych 134.
- Chociaż kolejnych 19 osób spośród tych, które przetrwały ARS, zmarło do roku 2006, zgony miały różne przyczyny, zazwyczaj nie związane z ekspozycją na promieniowanie.
- Uszkodzenia skóry oraz spowodowana promieniowaniem zaćma należały do najczęściej występujących konsekwencji wśród osób, które przeżyły chorobę popromienną.
- Chociaż blisko 100 000 ludzi, tak jak ratownicy, było zaangażowanych w prace porządkowe po katastrofie, nie ma jednoznacznych dowodów na to, że skutki dla zdrowia mogą być przypisane ekspozycji na promieniowanie, oprócz oznak wskazujących na podwyższoną zachorowalność na białaczkę i kataraktę u tych, którzy otrzymali wyższe dawki.

Wszystkie osoby, które przetrwały chorobę popromienną, znajdują się pod obserwacją kliniczną w szpitalach w Moskwie i w Kijowie. Większość do 1996 roku cierpiała na zaburzenia funkcji seksualnych, jednak w ciągu pierwszych pięciu lat po katastrofie w ich rodzinach przyszło na świat czternaścioro normalnych dzieci.

Jeżeli chodzi o ogół społeczeństwa, w trzech najbardziej dotkniętych krajach jedynym udowodnionym skutkiem promieniowania na stan zdrowia jest wzrost zachorowań na raka tarczycy wśród osób, które były narażone na promieniowanie jako dzieci lub młodzież w roku 1986. Na Białorusi, Ukrainie i w czterech najbardziej dotkniętych rejonach Rosji odnotowano ponad 6000 przypadków w latach 1991–2005. Do 2005 roku 15 przypadków okazało się śmiertelnymi. UNSCEAR twierdzi, że „znaczna część” przypadków można przypisać spożywaniu w roku 1986 mleka skażonego jodem 131 o krótkotrwałym okresie rozpadu.

UNSCEAR stwierdził też, że nie można w oparciu o badania naukowe stwierdzić, że promieniowanie wywołało konkretny rodzaj nowotworu w danym indywidualnym przypadku. „Oznacza to, że biorąc pod uwagę konkretne jednostki, nie da się ocenić, czy dany przypadek raka jest skutkiem promieniowania, czy jakiegoś innego czynnika, ponadto nie można stwierdzić, czy wywołany był przez samą katastrofę, czy przez promieniowanie tła” [69].

### Statystyki dotyczące zachorowań i umieralności, Dyrektor Generalny IAEA, kwiecień 2011

Uzyskanie rzetelnych statystyk z wczesnych lat tuż po katastrofie w odniesieniu do osób, które ucierpiały z powodu katastrofy w Czarnobylu, było niezwykle trudne. Na przykład: podczas katastrofy nie było współpracy (z wyjątkiem osobistej pomiędzy uczestnikami międzynarodowych konferencji) pomiędzy Ukrainą, Białorusią i Rosją. Chociaż dwa pierwsze kraje publikowały swoje wyniki w tych samych pismach, badacze rosyjscy zawsze zamieszczali swoje prace osobno. Nie było wspólnego spisu ludności dla tych trzech krajów, a kwestia ta była zazwyczaj ignorowana. Dlatego opracowywane statystyki można traktować w najlepszym razie jedynie jako szacunkowe. Gdyby w roku 1986, a następnie w latach 80. i 90., stosunki polityczne były inne, dysponowalibyśmy znacznie lepszymi statystykami dla wyjaśnienia i opisania skutków katastrofy. Dane statystyczne w tabeli V pochodzą z 20 kwietnia 2011, gdy Dyrektor Generalny IAEA Yukiya Amano wraz z Sekretarzem Generalnym ONZ odwiedzili elektrownię w Czarnobylu przy okazji Międzynarodowej Konferencji o Czarnobylu (*International Conference on Chernobyl: 25 Years On — Safety for the Future*) [4].

### Turystyka w Czarnobylu, rok 2012

Na zakończenie przywołam jeszcze jedno źródło. W dniu 18 czerwca 2012 roku w jednym z brytyjskich dzienników ukazał się artykuł, który najlepiej pokazuje, jak zmienił się

**Tabela V.** Śmiertelność, zachorowalność i statystyki środowiskowe [4]

- Śmierć na skutek choroby popromiennej — blisko 50 osób zaangażowanych w akcję ratowniczą i działania zabezpieczające (tzw. likwidatorzy).
- Około 600 000 osób zostało dotkniętych wysokimi dawkami promieniowania, spośród których 4000 może przedwcześnie umrzeć na skutek ekspozycji.
- Ponad 100 000 osób zostało ewakuowanych ze swoich domów tuż po katastrofie, a całkowita liczba ewakuowanych z poważnie skażonych terenów ostatecznie sięgnęła 350 000.
- Od roku 1986 poziom promieniowania w środowisku spadł kilkaset razy za sprawą naturalnych procesów i środków zaradczych. Tereny skażone przez radionuklidy są obecnie bezpieczne i wróciły do ekonomicznej aktywności.

obecnie dostęp do Czarnobyla, w porównaniu z wcześniejszymi latami po katastrofie. Pod nagłówkiem *Tourist trade cashes in on disaster as England fans flock to Chernobyl*, w dziale sportowym poświęconym Mistrzostwom Europy 2012 w Polsce i na Ukrainie, znajdujemy następującą informację: „Za około 100 funtów turyści mogą zwiedzić samą elektrownię, opuszczone miasto Prypeć i Czerwony Las, gdzie poziom promieniowania był tak wysoki, że drzewa umierały”. Jednak na sarkofag można popatrzeć tylko z zewnątrz, a zwiedzającym nie wolno wchodzić do wnętrza konstrukcji.

### Richard F. Mould MSc, PhD

4, Town End Meadow  
Cartmel  
Grange-over-Sands  
Cumbria LA11 6QG  
United Kingdom  
e-mail: manorroadsouthport@yahoo.co.uk

Otrzymano i przyjęto do druku: 19 sierpnia 2012 r.

### Piśmiennictwo

1. Mould RF. Chernobyl accident health impact. *Nowotwory* 1999; 49: 498–512.
2. Baranov A, Gales RP, Guscova A i wsp. Bone marrow transplantation after the Chernobyl nuclear accident. *New England J Medicine* 1989; 321: 20512.
3. Chernobyl Forum. *Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine*. Vienna: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2005. (Chernobyl Forum składa się z przedstawicieli: IAEA, WHO, FAO, UNDP, UNEP, UN-OCHA, UNSCEAR i World Bank Group).
4. Amano Y, IAEA Director General. Statement to international conference (in Kiev) on Chernobyl: 25 years on — safety for the future. 20 kwietnia 2011. <http://www.iaea.org/newscenter/statements/2011/amsp2011n010.html>
5. IAEA. IAEA chief visits Chernobyl accident site, calls for strengthened nuclear safety. 20 kwietnia 2011. [http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/dg\\_chernobyl.html](http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/dg_chernobyl.html)
6. IAEA. Chernobyl in Focus. Watch and listen. 1986–2011: 25 year anniversary of Chernobyl accident. 20 kwietnia 2011. <http://www.iaea.org/newscenter/focus/chernobyl/>
7. WHO. Ionizing radiation. Health effects of the Chernobyl accident. UN action plan on Chernobyl, ICRIN, past WHO activities. 26 kwietnia 2011. [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/chernobyl/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/chernobyl/en/)
8. Hawkes N, Lean G, Leigh D i wsp. *The Worst Accident in the World. Chernobyl: The End of the Nuclear Dream*. London: William Heinemann

- & Pan Books, 1986. {Pierwsza opublikowana książka na temat katastrofy w Czarnobylu, autorstwa grupy dziennikarzy gazety *The Observer*.} ISBN-0-330-29743-0.
9. Haywood JK (red.). *Chernobyl: Response of Medical Physics Departments in the United Kingdom*. London: Institute of Physical Sciences in Medicine, 1986. ISBN-0-904181-45-6.
  10. International Nuclear Safety Advisory Group. *Summary Report on the Post-Accident Review Meeting (25–29 August 1986) on the Chernobyl Accident*. IAEA Safety Series. No. 75-INSAG-1. STI/PUB/740. Vienna: IAEA, 1986. ISBN-92-0-123186-5.
  11. Edwards M, Raymer S, Mion P. Chernobyl — One Year After. *National Geographic*. 1987; 171: 633–653.
  12. Hamman H, Parrott S. *Mayday at Chernobyl. One Year On, The Facts Revealed*. Sevenoaks: Hodder & Stoughton, New English Library, 1987. ISBN-0-450-40858-2.
  13. Mould RF. After Chernobyl. *British J Radiology* 1987; 60: B29-B34.
  14. Gubaryev V. *Sarcophagus*. (Tłumaczenie Michael Glenny). {Rosyjska sztuka o Czarnobylu napisana przez redaktora naukowego gazety *Pravda*} Harmondsworth: Penguin Books, 1987. {Sztuka została przedstawiona w Zjednoczonym Królestwie w Barbican Theatre w Londynie przez Royal Shakespeare Company. Doradcą ds. wykonania charakterystyki zmian popromiennych był RF Mould!}. ISBN-0-14-048214-8.
  15. Mould RF. *Chernobyl — The Real Story*. Oxford: Pergamon Press, 1988. ISBN-0-08-035718-0. Wydanie japońskie: Nishimura Company. 1992. ISBN-89013-505-7.
  16. Svensson H. The Chernobyl accident, impact on Western Europe. 6<sup>th</sup> Klaus Breuer lecture. *Radiotherapy & Oncology*. 1988; 12: 1–13.
  17. IAEA. *The International Chernobyl Project. Proceedings of an International Conference held in Vienna 21–24 May 1991. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures*. Vienna: IAEA, 1991. ISBN-92-0-129391-7.
  18. IAEA. Report by an International Advisory Committee. *The International Chernobyl Project. An Overview. Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures*. Vienna: IAEA, 1991. ISBN-92-0-129091-8. [Streszczenia: 1991, 91-03254 IAEA/PI/A32E.]
  19. International Nuclear Safety Advisory Group. *The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1* (patrz pozycja 13 pismienictwa) IAEA Safety Series. No.75-INSAG-7. STI/PUB/913. Vienna: IAEA, 1992. ISBN-92-0-104692-8.
  20. Ukraine MinChernobyl, Academy of Sciences of Ukraine. *Description of the Ukritiye Encasement and Requirements for its Conversion*. {broszura w języku rosyjskim i angielskim} International Competition. Kiev: Naukova Dumka, 1992. ISBN-5-12-002456-4.
  21. WHO. *International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident* (IPHECA). WHO/PEP/93.14. Geneva: WHO, 1993.
  22. Edwards M, Ludwig G. Chornobyl. *National Geographic*. 1994; 186: 100–115.
  23. Ilyin LA. *Chernobyl: Myth and Reality*. Moscow: Megapolis, 1995. {tłumaczenie angielskie: ISBN-5-86640-004-9.
  24. Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development. *Chernobyl: Ten years On Radiological and Health Impact*. Paris: NEA, 1995.
  25. Tarlap T. *Chernobyl 1986. Memoirs of an Estonian Cleanup Worker*. Tallinn: Institute of Experimental & Clinical Medicine, 1995. ISBN-9985-60-150-5
  26. United Nations Department of Humanitarian Affairs (UNDHA). Chernobyl No Visible End to The Menace *DHA News* 1995; No. 16: 2-28. ISSN-1020-2609.
  27. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) *Chernobyl: Local Doses and Effects*. 44<sup>th</sup> session of UNSCEAR, Vienna, 12–18 June 1995.
  28. World Health Organisation. *Health Consequences of the Chernobyl Accident. Results of the IPHECA Pilot Projects and Related National Programmes*. Summary Report. Geneva: WHO, 1995. {patrz również pozycja piśmiennictwa 5} {IPHECA: International Programme on the Health Effects of the Chernobyl Accident.} ISBN-92-4-156181-5.
  29. WHO. *Health Consequences of the Chernobyl and Other Radiological Accidents*. International Conference 20–23 November 1995, Geneva. WHO/EHG/95.11. Geneva: WHO, 1995.
  30. European Commission and the Belarus, Russian and Ukrainian Ministries on Chernobyl Affairs, Emergency Situations and Health. *Chernobyl Research: Radiological Aftermath*. Brussels: European Commission, 1996. ISBN-92-827-5598-3.
  31. Izrael YA, De Cort M, Jones AR i wsp. Alas of <sup>137</sup>Cs contamination of Europe after the Chernobyl accident. W: Karaoglu A, Desmet G, Kelly GN, Menzel HG (red.). *Proc 1<sup>st</sup> Int Conf. The Radiological Consequences of the Chernobyl Accident*. Minsk 18–22 April 1996. EUR 16544. Brussels: European Commission, 1996, s. 1–10.
  32. Jensen PH. One decade after Chernobyl: environmental impact assessments. *Proc Int Conf One Decade After Chernobyl, Summing Up The Consequences Of The Accident*. Vienna, 8–12 April 1996. Vienna: IAEA, s. 77–83.
  33. Lyabakh M (red.). *And The Name of The Star is Chornobyl. Album in Pictures*. Kiev: Interinform Chornobyl, 1996.
  34. Scherbak YM. Ten years of the Chornobyl era. *Scientific American* April 1996; 44–49.
  35. Souchkevitch GN, Tsyb AF, Repacholi MN, Mould RF (red.). *Health Consequences of the Chernobyl Accident. Results of the IPHECA Pilot Projects and Related National Programmes*. Scientific report. Geneva: World Health Organisation, 1996.
  36. EU-Tacis. *Chernobyl Nuclear Power Plant Object Ukritiye. Photo Documentation*. Kiev: Chernobyl NPP Ukritiye, 1997.
  37. IAEA. *Ten Years After Chernobyl: What Do We Really Know?* Based on the proceedings of the IAEA/WHO/EC International Conference, Vienna April 1996. 97-00467 IAEA/PI/A51E. Vienna: IAEA, 1996.
  38. UNSCEAR. *Exposures and Effects of the Chernobyl Accident*. 48<sup>th</sup> session of UNSCEAR. Vienna 12–16 April 1999.
  39. Souchkevitch GN. Classification and terminology of radiation injuries. *Int J Radiation Medicine* 1999; 1: 14-20.
  40. Mould RF. *Chernobyl Record*. Bristol: Institute of Physics Publishing, 2000. ISBN-0-7503-0670-X.
  41. UNSCEAR. *Exposures and Effects of the Chernobyl Accident*. Annex G. 49<sup>th</sup> session of UNSCEAR. Vienna 2-11 May 2000.
  42. Clark S, Moreau J-L. To them, it's just another day at the plant. To us it's risking their lives cleaning up Chernobyl. *Sunday Times Magazine* 4 February 2001; 28-37.
  43. Alexievich S. *Voices from Chernobyl. The Oral History of a Nuclear Disaster*. (Gessen J, tłumaczenie). New York: Picador, 2006. ISBN-97-803-1242584-5.
  44. Stone R, Ludwig G. Inside Chernobyl. *National Geographic* April 2006; 209: 32–53.
  45. Dubrova Yuri E. Germline mutation after Chernobyl — what is known and what is not. *Presentation at British Institute of Radiology meeting 12 December 2011: Chernobyl 25 years on: consequences, actions and thoughts for the future*. {Prezentacja w Powerpoint w posiadaniu British Institute of Radiology}.
  46. Rothkamm Kai. Biomarkers for radiation exposure and effect. *Presentation at British Institute of Radiology meeting 12 December 2011: Chernobyl 25 years on: consequences, actions and thoughts for the future*. {Powerpoint presentation provided by the BIR}.
  47. Likhtarov I, Kovgan L, Chepurny M et al. Estimation of the thyroid doses for Ukrainian children exposed in utero after the Chernobyl accident. *Health Physics* June 2011; 100: 583–593.
  48. Thomas GA (red.). The Radiobiological Consequences of the Chernobyl Accident 25 Years On: April 2011. *Clinical Oncology Special Issue* May 2011; 23: 229–307.
  49. Ainsbury EA, Bakhanova E, Barquinero JF i wsp. Review of retrospective dosimetry techniques for external ionising radiation exposures. *Radiation Protection Dosimetry* 2011; 147: 573–592.
  50. Tai P, Mould RF, Prysyzhnyuk AY i wsp. Descriptive epidemiology of thyroid carcinoma. *Current Oncology* 2003; 10: 54–65.
  51. Schonfield SJ, Lee C, Berrington A. Medical exposure to radiation and thyroid cancer. *Clinical Oncology* 2011; 23: 244–250.
  52. LiVolsi VA, Abrosimov AA, Bogdanova T i wsp. The Chernobyl thyroid cancer experience: pathology. *Clinical Oncology* 2011; 23: 261–267.
  53. Tuttle RM, Vaisman F, Tronko MD. Clinical presentation and clinical outcomes in Chernobyl-related paediatric thyroid cancers: What do we know? What can we expect in the future? *Clinical Oncology* 2011; 23: 268–275.
  54. Thomas GA, Bethel JA, Galpine A i wsp. Integrating research on thyroid cancer after Chernobyl — the Chernobyl Tissue Bank. *Clinical Oncology* 2011; 23: 276–281.
  55. Maenhaut C, Detours V, Dom G i wsp. Gene expression profiles for radiation-induced thyroid cancer. *Clinical Oncology* 2011; 23: 282–288.
  56. Zitzelberger H, Unger K. DNA copy number alterations in radiation induced thyroid cancer. *Clinical Oncology* 2011; 23: 289–296.
  57. Special Issue of the journal *Health Physics*. Dedicated to the heroes and professionals who helped protect the world from nuclear disasters and to those who were displaced by these catastrophes. *Health Physics* 2011; 101: 335–495.
  58. Zablotska LB, Ron E, Rozhko AV i wsp. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chornobyl accident. *Br J Cancer* 2011; 104: 181–187.
  59. Boehm BO, Steinert M, Dietrich JH i wsp. Thyroid examination in highly radiation-exposed workers after the Chernobyl accident. *Eur J Endocrinology* 2009; 160: 625–630.



60. Kesminiene A, Cardis E. Cancer epidemiology after the Chernobyl accident. *Bull Cancer* 2007; 94: 423–430.
61. Davis S, Day RW, Kopecky KJ i wsp. (International Consortium for Research on the Health Effects of Radiation) Childhood leukaemia in Belarus, Russia and Ukraine following the Chernobyl power station accident: results from an international collaborative population-based case-control study. *Int J Epidemiology* 2006; 35: 386–396.
62. Romanenko AY, Finch S, Hatch M i wsp. The Ukrainian-American study of leukemia and related disorders among Chornobyl cleanup workers from Ukraine. III. Radiation Risks. *Radiat Res* 2008; 170: 711–720.
63. Ivanov VK. Late cancer and non-cancer risks among Chernobyl emergency workers of Russia. *Health Physics* 2007; 93: 470–479.
64. Cardis E, Richardson D, Kesminiene A. Radiation risk estimates in the beginning of the 21<sup>st</sup> century. *Health Physics* 2001; 80: 349–3461.
65. Inskip PD, Hartshorne MF, Tekkel M i wsp. Thyroid nodularity and cancer among Chernobyl clean-up workers from Estonia. *Radiation Research* 1997; 147: 225–235.
66. Kesminiene A, Cardis E, Tenet V i wsp. Studies of cancer risk among Chernobyl liquidators: materials and methods. *J Radiation Protection* 2002; 22: 137–141.
67. Rahu M, Tekkel M, Veidebaum T i wsp. The Estonian study of Chernobyl clean-up workers: II. Incidence of cancer and mortality. *Radiation Research* 1997; 147: 653–657.
68. IAEA Press Release 2009/05. UN agencies mark Chernobyl anniversary with launch of US\$ 2.5 million project. 24 April 2009.
69. <http://www.unscear.org>
70. *Daily Telegraph*. Tourist trade cashes in on disaster as England (football) fans flock to Chernobyl. 18 June 2012.