

Piotr Stankiewicz¹

OD CZARNOBYLA DO FUKUSHIMY. O SPOŁECZNEJ KONSTRUKCJI BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYKI JĄDROWEJ

Streszczenie

W 2016 roku mija trzydzieści lat od wybuchu w elektrowni atomowej w Czarnobylu i pięć lat od katastrofy w Fukushima spowodowanej tsunami i trzęsieniem ziemi. Oba te wydarzenia przypieczętowały obraz energetyki jądrowej jako technologii wysoce ryzykownej, wzbudzającej kontrowersje społeczne i polaryzującej opinię społeczną. Elektrownie atomowe są dziś wręcz symbolem trudnego do przewidzenia i kontrolowania ryzyka technologicznego. Tymczasem w dyskursie prowadzonym przez podmioty i osoby związane z planami budowy pierwszej polskiej elektrowni atomowej dominuje obraz energetyki jądrowej jako bezpiecznego, czystego i taniego źródła energii. Celem artykułu jest przyjrzenie się procesowi konstrukcji tego „dyskursu bezpieczeństwa” z perspektywy koncepcji ram i ramowania dyskursu. Odwołując się do technicznego modelu zarządzania ryzykiem, pokazujemy, w jaki sposób staje się ten model użytecznym narzędziem do neutralizacji znaczenia dotychczasowych katastrof jądrowych, negowania ryzyka, wykluczania społecznych aspektów rozwoju energetyki atomowej i deprecjonowania nietechnicznych sposobów postrzegania ryzyka, prowadząc w konsekwencji do umocnienia technokratycznego modelu podejmowania decyzji.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa, ramowanie, ryzyko, wypadki jądrowe, promieniowanie, elektrownia atomowa

FROM TCHERNOBYL TO FUKUSHIMA: ON THE SOCIAL CONSTRUCTION OF NUCLEAR ENERGY SAFETY

Abstract

This article analyses the process of constructing the ‘safety discourse’, which is created by persons and institutions representing the Polish Nuclear Energy Programme. To explain the success of presenting nuclear energy as a safe and clean energy source a discourse analysis has been applied. Using the categories of ‘frames’ and ‘framing’ it shows how the image nuclear

¹ Dr Piotr Stankiewicz – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Socjologii; e-mail: piotrek@umk.pl.

energy has been framed in the Polish discourse, while, at the same time, excluding risk and uncertainties from the public debate. A key role in this process is played by the technical model or risk management, which offers a set of unquestioned assumptions about the nature of risk and technology (such as the quantitative and scientific character of risk, realism and objective mode of existence). Those (pre)assumptions help to explain and neutralize the meaning of incidents in nuclear power plants, such as those on Three Mile Island, Chernobyl and Fukushima. They are also used for justifying the hypothesis about the safety of ionizing radiation, for excluding other than the technical aspects of risk and depreciating the social perception and images of risks related to nuclear energy.

Keywords: nuclear energy, framing, risks, nuclear accidents, ionizing radiation

WSTĘP

W 2016 roku wypadają dwie symboliczne dla energetyki jądrowej rocznice największych katastrof w dziejach tej technologii: trzydzieści lat katastrofy w Czarnobylu i pięć lat awarii elektrowni atomowej w Fukushima. Zarówno ta pierwsza, jak i druga katastrofa (podobnie jak wcześniejsza w amerykańskiej elektrowni Three Mile Island w 1979 roku) skutkowały radykalnymi zmianami w nastawieniu międzynarodowej opinii publicznej oraz społeczeństw krajów rozwiniętych do atomu. Za każdym razem wieszczono „koniec ery atomu”, poszczególne kraje wycofywały się ze swoich planów atomowych, wprowadzały wieloletnie memoranda, zamykały istniejące elektrownie. Po każdej katastrofie na nowo pojawiał się temat bezpieczeństwa i ryzyka związanego z elektrowniami atomowymi, uwypuklano nowe obszary zagrożeń, wprowadzano nowe systemy bezpieczeństwa. Po katastrofie w Fukushima Unia Europejska i European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) zarządziły przeprowadzenie przez wszystkie kraje UE testów wytrzymałościowych istniejących w nich elektrowni atomowych. Dotyczyły one stopnia ich odporności na niebezpieczne sploty wypadków naturalnych (takich jak połączenie tsunami i trzęsienia ziemi). Z kolei opublikowane niedawno w czasopiśmie „Energy Research and Social Sciences” wyniki statystycznej oceny 216 dotychczasowych wypadków i incydentów w elektrowniach atomowych wskazują na 50-procentowe prawdopodobieństwo powtórzenia się w jednym z 388 istniejących na świecie reaktorów katastrofy skali Fukushimy w przeciągu 60–150 lat (Wheatley i in., 2016).

Obraz energetyki jądrowej jako wysoce ryzykownej technologii produkcji energii wydaje się utrzymywać w krajach dysponujących tą technologią, która

dla wielu stała się wręcz symbolem nowoczesnego ryzyka (zob. np. Beck, 2012). Instytucje publiczne działające w sektorze jądrowym dysponują wyspecjalizowanymi jednostkami i ciałami odpowiedzialnymi za monitorowanie ryzyka, prowadzenie komunikacji społecznej, zapewnianie przejrzystości w dostępie do informacji, oraz społecznej kontroli i nadzoru nad działalnością podmiotów energetyki jądrowej. Można powiedzieć, że kontrowersyjność tego źródła energii została zaakceptowana jako jedna z cech tej dziedziny przemysłu.

W kontekście tych dyskusji o ryzyku i bezpieczeństwie warto przyjrzeć się temu, **jak w polskim dyskursie publicznym przedstawiana jest energetyka jądrowa**. Nasz kraj od 2009 roku prowadzi prace nad programem atomowym, który został przyjęty przez rząd w postaci Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) w 2014 roku. Zakłada on wybudowanie dwóch elektrowni atomowych o mocy ok. 3000 MW każda.

Przedstawiona w artykule analiza pokazuje zaskakującą **rozbieżność między toczącym się na arenie międzynarodowej dyskursem o energetyce jądrowej, podkreślającym jej ryzykowny charakter, a sposobem prezentacji tej technologii przez podmioty odpowiedzialne za realizację PPEJ** (instytucje rządowe, inwestora: spółkę PGE EJ, podmioty dozoru jądrowego, instytucje eksperckie i naukowe). Dyskurs prowadzony przez te podmioty oparty jest na obrazie energetyki jądrowej jako bezpiecznego, taniego i czystego źródła energii, właściwie pozbawionego ryzyka.

Zwrócenie uwagi na tę rozbieżność pozwala na postawienie pytania o sposoby ramowania dyskursu wokół energetyki jądrowej. Odwołujemy się przy tym do koncepcji „ram dyskursu”. Pojęcia „ram” i „ramowania” (ang. „frames” i „framing”) wywodzą się od Ervinga Goffmana (Goffman, 1974), a we współczesnej analizie dyskursu wykorzystywane są do analizy procesów uwypuklania przez aktorów pewnych znaczeń przy jednoczesnym minimalizowaniu i wykluczaniu innych (Feindt i Kleinschmitt, 2011, s. 189). **Ramowanie pozwala wpływać na sposób postrzegania określonych zjawisk przez jednostki i ukierunkowywać sposób odbierania przez nich nowych informacji** (Entman, 1993, s. 53).

Wykorzystując koncepcję „ramowania”, będziemy starali się pokazać, w jaki sposób następuje „społeczna konstrukcja bezpieczeństwa” (zob. Stankiewicz, 2008), pozwalająca na zdefiniowanie energetyki jądrowej jako technologii bezpiecznej dla ludzi i środowiska. Głównym punktem odniesienia dla naszych analiz uczynimy techniczny model zarządzania ryzykiem, który na potrzeby naszych analiz przedstawimy w formie pewnego typu idealnego. To właśnie oparcie się na technicznym modelu zarządzania ryzykiem stanowi podstawę konstruowanych „ram bezpieczeństwa”; z drugiej strony dyskurs bezpieczeństwa umacnia techniczny model zarządzania ryzykiem jako punkt odniesienia dla

sposobów myślenia o energetyce jądrowej. Mamy tu zatem do czynienia ze swoistym „sprzężeniem zwrotnym”.

TECHNICZNY MODEL ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

Za konstytutywne dla technicznego modelu zarządzania ryzykiem (dalej: TMZR) można uznać trzy następujące cechy: (1) policzalność ryzyka, (2) realny (obiektywny) charakter ryzyka oraz (3) osadzenie w polu naukowym.

Policzalność ryzyka wywodzi się z rozwiniętej w renesansie teorii prawdopodobieństwa (Bernstein, 1998: 3)². Nie wdając się w matematyczne i statystyczne szczegóły dotyczące metod szacowania ryzyka, wystarczy powiedzieć, że podstawowym sposobem obliczania ryzyka jest oparcie się na klasycznej formule $R = P \times S$, gdzie R to wielkość ryzyka wyliczana na podstawie iloczynu prawdopodobieństwa wystąpienia spodziewanych szkód (P) i ich oczekiwanej wielkości (S). Taka formuła zrównuje wagę wielkości szkód z prawdopodobieństwem ich zaistnienia; pomija także wpływ społecznych procesów postrzegania i konstruowania ryzyka, czyniąc je problemem czysto technicznym i w pełni wyjaśnialnym naukowo. Widoczne jest to w kolejnych dwóch cechach TZMR: realizmie i naukowości ryzyka.

Realizm oznacza w przypadku analiz ryzyka założenie, że ryzyko jest obiektywnie istniejącą właściwością analizowanego zjawiska (systemu technologicznego, urządzenia, instalacji czy technologii rozumianej jako pewien sposób działania). Jak ujmuje to Paul Slovic, „prawdopodobieństwo i konsekwencje wystąpienia niepożądanych efektów są traktowane jako wytwarzane przez fizyczne i naturalne procesy w sposób, który pozwala się obiektywnie opisać ilościowo w procedurze szacowania ryzyka” (Slovic, 2000b, s. 392).

Ta swoista „reifikacja ryzyka” (Bradbury, 1989, s. 381) implikuje, iż *faktycznie* istniejące ryzyko nie tylko jest niezależne od jego społecznej percepcji, opinii publicznej i umiejscowienia w określonych typach dyskursu, ale także może być od niego różne (i bardzo często „okazuje się” takim być). Co więcej ze względu na obiektywny charakter ryzyka, prawdziwe jest to *faktycznie* identyfikowane

² Choć za narodziny nowoczesnego pojmowania ryzyka słusznie uważa się okres renesansu (więcej na ten temat zob. Bernstein, 1998), korzenie tego sposobu myślenia tkwią jeszcze w średniowieczu, gdy – jak wskazują Wolfgang Krohn i Georg Krücken (1993, s. 16–17, zob. także Evers i Nowotny, 1987, s. 33) – morskie podróże statków handlowych ubezpieczano na podstawie kalkulacji ryzyka, a więc oceny stosunku szansy dotarcia do celu do zagrożenia niepowodzeniem wyprawy.

ryzyko, a nie jego społeczny odbiór, który z natury jest subiektywny, podatny na opisywane przez psychologię błędy i zniekształcenia, zależny od zmiennych mózgu, wartości, nastrojów społecznych itd. Jak za Eugene Rosa pisze Aven, „jako obiektywny stan świata, ryzyko istnieje niezależnie od naszego postrzegania tego, co jest narażone na ryzyko i jak prawdopodobne jest jego zrealizowanie” (Rosa, 1998, s. 28 za: Aven 2010, s. 55).

Obiektywny charakter istnienia ryzyka oznacza także, że jest ono traktowane jako **obiekt naukowy**, pozwalający się najlepiej opisać i wyjaśnić przy zastosowaniu metod nauk matematyczno-przyrodniczych (Jasanoff, 2009). Określanie poziomu ryzyka staje się zatem techniczną procedurą opartą na naukowej racjonalności i probabilistycznej metodologii szacowania ryzyka.

Przyjęcie tych trzech, mogłoby się z pozoru wydawać dość niekontrowersyjnych założeń na temat natury ryzyka, niesie ze sobą fundamentalne konsekwencje dla sposobów zarządzania ryzykiem w życiu społecznym. Policzalność, obiektywizm i naukowość determinują określone podejście do ryzyka w ramach poszczególnych polityk publicznych, które budzi zaciekle dyskusje nie tylko w obrębie nauk społecznych.

Oparty na technicznym modelu ryzyka system zarządzania ryzykiem ma przynajmniej dwie istotne **konsekwencje społeczne**. Po pierwsze przyświeca mu **ideał kontrolowalności ryzyka**, typowy dla nowoczesnego typu myślenia (por. Bauman, 1995). Zwracają na to uwagę Ralf Lidskog i in., pisząc:

Konceptualizacja obiektu jako ryzyka oznacza, że jest on postrzegany jako poddający się zarządzaniu [*manageable* – P.S.] i administrowaniu [*governable*]. Ryzyko tworzy przestrzeń działania, gdyż otwiera przyszłość na kalkulację, deliberację i podejmowanie decyzji (Lidskog i in., 2010, s. 21).

Peter L. Bernstein, autor głośnej książki o wymownym tytule *Against the Gods: The Remarkable story of Risk* (1996) właśnie w tej kontrolowalności dostrzega zmianę naszych czasów. W opanowaniu sfery ryzyka widzi on cesurę oddzielającą przeszłość od czasów nowożytnych. W przeszłości to kaprysy bogów (przejawiające się przez niepozwalające się okiełznać ani przewidzieć zjawiska naturalne) determinowały życie jednostek; w nowożytności, opartej na kalkulacji ryzyka, możliwe stało się przynajmniej częściowe poznawcze okiełznanie sfery niepewności i nieprzewidywalności (Bernstein, 1996, s. 1–2).

Drugą fundamentalną cechą TMZR jest oparcie go na **oddzieleniu faktów od wartości**. Procedura szacowania ryzyka ustanawia naukowe fakty, które następnie w świetle przyjętej normatywnej polityki regulacyjnej stają się przedmiotem odpowiednich działań zarządczych. Odwołanie do wartości pojawia się

więc dopiero na drugim etapie, po ustaleniu faktycznego poziomu ryzyka przez ekspertów (por. Aven i Renn, 2010, s. 50–51).

Tradycyjnie ryzyko jest definiowane jako połączenie prawdopodobieństwa i konsekwencji i ujmowane jako nieodłączna cecha pewnych aktywności lub jednostek dająca się zmierzyć przez naukę. W rezultacie problemy ryzyka były zazwyczaj definiowane w zamkniętych kręgach naukowych ekspertów (Lidskog i in., 2010, s. 15).

Oddzielenie faktów od wartości znajduje zatem swoje odzwierciedlenie w rozdzieleniu fazy szacowania ryzyka, dokonywanego przez ekspertów, oraz fazy zarządzania ryzykiem, rozumianego jako podejmowanie decyzji i działań dotyczących ryzyka przez decydentów, w oparciu o pewne wartości i normy (głównie ekonomiczną kalkulację kosztów i zysków):

Techniczna analiza ryzyka oparta jest generalnie na koncepcji ryzyka, w której jeden zespół ekspertów określa prawdopodobieństwo i wielkość zagrożeń, inny ocenia koszty i zyski poszczególnych opcji, a na końcu odwołuje się do priorytetów politycznych (Amendola, 2001, za: Lidskog i in., 2010, s. 21)

Wynikającym z powyższych cech istotnym wyróżnikiem TMZR jest **oparcie procesów decyzyjnych na naukowcach i ekspertach**: nawet jeśli, jak w modelu decyzyjnym, nie są oni bezpośrednio podmiotami podejmującymi ostateczne decyzje, to przedstawione przez nich analizy ryzyka stanowią główny punkt odniesienia. Przede wszystkim jednak wyniki naukowych (technicznych) analiz ryzyka nie mogą zostać zakwestionowane przez innych aktorów społecznych – podważyć je mogą tylko inni naukowcy. Samo odniesienie do wartości nie może już wpłynąć na ocenę ryzyka jako taką.

Zarządzanie ryzykiem w oparciu o jego techniczną analizę typowe było dla pierwszych dekad rozwoju technologii następujących po drugiej wojnie światowej (Strydom, 2002, s. 11–35), gdy decyzje ukierunkowujące rozwój innowacji przebiegały poza sferą publiczną. **Od lat 70. na TMZR zaczęły się jednak pojawiać pierwsze poważne pęknięcia.**

Podstawowym wyzwaniem dla TMZR okazało się udzielenie odpowiedzi na dość proste z pozoru pytanie, które leży u podstaw wszelkich regulacji dotyczących ryzyka: „**Czy to jest bezpieczne?**”. Opiera się ono bowiem – zgodnie z realistycznym ujmowaniem ryzyka – na założeniu istnienia obiektywnych progów bezpieczeństwa, oddzielających sferę zagrożenia od sfery bezpieczeń-

stwa. Tymczasem określenie np. dopuszczalnego poziomu zanieczyszczenia powietrza, zawartości substancji chemicznych w żywności, prawdopodobieństwa awarii fabryki chemicznej czy wystąpienia powikłań po stosowaniu nowego leku jest każdorazowo decyzją uwikłaną normatywnie i w gruncie rzeczy polityczną (co najlepiej widać przy okazji dyskusji o tym, czy Polska powinna się włączyć w walkę ze zmianami klimatycznymi). Ten dylemat trafnie ujął w 1969 roku Chauncey Starr, pytając w głośnym artykule opublikowanym w *Science* pt. *Social benefit vs technological risk*, „how safe is safe enough?” (1969). W wyniku zapoczątkowanej przez niego dyskusji wyłonił się właśnie model zarządzania ryzykiem, w którym po etapie eksperckiego szacowania ryzyka następuje rozważenie różnych opcji i wariantów działań w odniesieniu do priorytetów politycznych i ekonomicznych. Zazwyczaj, jak wskazują Ulrike Felt i Brian Wynne (2007, s. 29–30), przybiera to postać ekonomicznego rachunku strat i zysków związanych z każdą z opcji.

Trudności i wyzwania, na jakie napotyka TMZR sprowadzają się zazwyczaj do problemów generowanych właśnie przez pytanie o wystarczający poziom bezpieczeństwa: „wystarczający” dla kogo? Jak mierzony? Co w ogóle oznacza pojęcie „bezpieczny”? Jaki jest akceptowalny poziom ryzyka? Kto powinien go ustalać? Bez zbytej przesady można przyjąć, że cała późniejsza dyskusja o sposobach regulowania ryzyka w praktyce społecznej sprowadza się do prób udzielenia odpowiedzi na te pytania. Są to bowiem kwestie z **meta-poziomu technicznej analizy ryzyka**, a sposób udzielenia odpowiedzi na nie wyznacza (często milcząco) warunki brzegowe zarządzania ryzykiem. Innymi słowy, od tego, jak odpowiemy na te pytania, zależy proponowany model zarządzania ryzykiem.

Jak wskazują społeczni badacze ryzyka, odpowiedzi udzielane w ramach TMZR opierają się na przekonaniu o kluczowym znaczeniu **bezpieczeństwa fizyczno-biologicznego** dla ustalania poziomu ryzyka (i sposobu oceny technologii jako takiej). Możliwe szkody, które są brane pod uwagę przy ocenie ryzyka, to zazwyczaj liczba potencjalnych ofiar śmiertelnych i osób, które odniosły uszczerbek na zdrowiu, stopień szkodliwego oddziaływania na środowisko czy strat przyrodniczych.

Ryzyko i bezpieczeństwo ujmowane są zatem w kategoriach naturalistycznych, uchwytnych dla nauk matematyczno-przyrodniczych. Pominięty jest przy tym fakt, że wartości zdrowia/życia ludzkiego czy wartości środowiska naturalnego są tylko jednymi z wielu, na które niekorzystnie może wpływać rozwój technologii.

Społeczne definicje ryzyka odnoszą się do faktu, że w społecznym odbiorze ryzyka istotne jest narażenie na szwank ważnych dla ludzi wartości: nie tylko życia czy zdrowia, ale także wartości materialnych (majątek), kulturowych (tradycja

i dziedzictwo przodków) czy ekologicznych (np. ochrona rzadkich gatunków zwierząt).

Alternatywna wobec racjonalności naukowej wykorzystywana przez większość ludzi w codziennym życiu **racjonalność społeczno-kulturowa** zasadza się nie na ilościowych, obiektywnych i bezosobowych analizach prawdopodobieństwa strat i zysków, lecz na osobistych i grupowych doświadczeniach społecznych. Czynniki, które odgrywają rolę przy takiej ocenie, to podzielane społecznie wartości, normy, charakter wspólnoty, zaufanie do sposobu realizacji przedsięwzięcia. Technologia jest postrzegana nie tylko jako zjawisko składające się z określonych cech fizycznych, ale jako splot jej fizycznych i instytucjonalnych charakterystyk (Wynne, 1987). W praktyce jednak, jak pisał Felt i Wynne,

(...) dyskusje polityczne ignorują te sposoby ramowania ryzyka, które wykraczają poza wąski obszar bezpieczeństwa i ukrywają fakt, że naukowa analiza ryzyka sama w sobie jest aktywnie, choć milcząco kształtowana przez wartości społeczne, założenia i interesy (Felt i Wynne, 2007, s. 39).

Główne ostrze krytyki skierowanej wobec TMZR skupiło się wokół zagadnienia „**wiedzy laickiej**” (*lay knowledge*), która tradycyjnie była nawet nie tyle pomijana i marginalizowana w dyskursie o ryzyku, co wprost odrzucana i deprecjonowana jako mniej wartościowa. Przyczyną była właśnie opisana wyżej scjentyzacja debaty publicznej, która doprowadziła do uczynienia z racjonalności naukowo-technicznej wzorcowego rodzaju racjonalności jako takiej; to, co nie jest zgodne z kryteriami metodologii naukowej, traciło legitymizację do bycia reprezentowanym w dyskursie. Wiedza nie-ekspercka, jako niespełniająca kryteriów naukowości, a często sprzeczna z ustaleniami nauki, znajdowała się na z góry przegranej pozycji. Argumenty za poszerzeniem przestrzeni dyskusji o aktorów i typy racjonalności spoza pola naukowo-technicznego opierały się głównie na omawianych tutaj słabościach technicznego podejścia do ryzyka i technologii (zob. Wynne, 1989; 1996; Collins i Evans, 2002; Funtowicz i Ravetz, 1992; Ravetz, 1987; Stasik, 2015; Stankiewicz i in., 2015).

ENERGETYKA JĄDROWA JAKO BEZPIECZNE I CZYSTE ŹRÓDŁO ENERGII

„**Energetyka jądrowa to czysta i tania energia, postęp technologiczny i bezpieczeństwo energetyczne**” – te słowa Andrzeja Strupczewskiego z Narodowego Centrum Badań Jądrowych wydają się najlepiej oddawać charakter głównej ramy, w której prezentowana jest energetyka jądrowa (dalej: EJ) przez przedstawicieli podmiotów

związanych z PPEJ. Kończą one specjalny numer biuletynu Biura Analiz Sejmowych INFOS „Atomowe za i przeciw” (Strupczewski, 2009b, s. 4).

Ramy dyskursu prowadzonego przez protagonistów PPEJ opierają się właśnie na tych czterech fundamentach: bezpieczeństwie (zarówno samej technologii, jak i bezpieczeństwie systemu energetycznego Polski), niskich kosztach ekonomicznych, nowoczesności technologii i braku emisji CO₂ (oraz innych szkodliwych substancji) przez elektrownię atomową. By zrozumieć, jak tworzone są takie ramy dla dyskursu o energetyce jądrowej, przyjrzyjmy się czterem kluczowym obszarom tegoż dyskursu: problemowi bezpieczeństwa i ryzyka awarii elektrowni atomowych, szkodliwości małych dawek promieniowania, rodzajom ryzyka EJ oraz społecznej percepcji ryzyka.

Bezpieczeństwo i awarie elektrowni atomowych

Dla dyskusji o bezpieczeństwie i ryzyku awarii elektrowni atomowej główne punkty odniesienia stanowią trzy historyczne zdarzenia:

- wypadek na wyspie Three Mile Island (USA) w 1979 roku, w trakcie którego doszło do częściowego stopienia rdzenia wskutek awarii zaworu bezpieczeństwa,
- katastrofa w Czarnobylu w 1986 roku spowodowana nieprawidłowo przeprowadzonym testem bezpieczeństwa systemu chłodzenia reaktora. W wyniku wybuchu doszło do rozerwania obudowy reaktora i uwolnienia do atmosfery radioaktywnego pyłu,
- katastrofa³ w Fukushima w 2011 roku, gdy na skutek fali tsunami i trzęsienia ziemi doszło do uszkodzenia systemów zewnętrznego oraz awaryjnego zasilania chłodzenia reaktora, co spowodowało jego przegrzanie i serię wypadków jądrowych w trzech reaktorach, połączonych z emisją substancji radioaktywnych do środowiska i stopieniem rdzeni.

Wypadki te odcisnęły swoje piętno nie tylko na postrzeganiu elektrowni atomowych przez opinię publiczną na całym świecie i wpłynęły na dalsze losy przemysłu jądrowego, wyznaczając wyraźne cezury w historii rozwoju energetyki jądrowej; odwołują się do nich także zarówno przeciwnicy, jak i zwolennicy

³ W przypadku Three Mile Island mówimy o „wypadku”, podczas gdy w przypadku Czarnobyla i Fukushimy o „katastrofie”, gdyż dwa ostatnie zdarzenia zostały sklasyfikowane na najwyższym, siódmym poziomie międzynarodowej skali zdarzeń jądrowych i radiologicznych INES (określanym jako „wielka awaria”), zaś wypadek w Three Mile Island na poziomie 5 tej samej skali („awaria z rozległymi skutkami”).

EJ. Ci pierwsi wskazują na awaryjność i wysoki poziom ryzyka związanego z budową elektrowni atomowych:

Elektrownie atomowe, produkując tylko kilkanaście procent energii elektrycznej na świecie, były miejscami aż 40% poważniejszych awarii zarejestrowanych w całej energetyce (Sovacool, 2009). Rocznie wydarza się kilkaset incydentów i awarii, które sprzyjają wielkim katastrofom, jak te w Czarnobylu i Fukushima (Wspólna Ziemia, 2012).

Z kolei dla zwolenników dotychczasowe awarie są dowodem na bezpieczeństwo technologii jądrowych:

Koncepcja bezpieczeństwa reaktorów wodnych potwierdziła swoją skuteczność w okresie ponad 50-letniej historii światowej energetyki jądrowej, gdyż nikt z ludności zamieszkałej w okolicy EJ nie zginął ani nie doznał uszczerbku na zdrowiu w wyniku awarii reaktora tego rodzaju⁴.

Wypowiedź ta może początkowo budzić zdziwienie w kontekście przytoczonych wcześniej katastrof. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że jest w niej mowa o „reaktorach wodnych”, do których nie należał reaktor grafitowy wykorzystywany w Czarnobylu.

Jednak nawet wypadek w Czarnobylu nie zmienia wiele w tym pozytywnym obrazie energetyki jądrowej. Jak bowiem pisał jeszcze przed wypadkiem w Fukushima A. Strupczewski, „bilans bezpieczeństwa energetyki jądrowej – poza wypadkiem w Czarnobylu – jest znakomity: w ciągu 50 lat pracy obejmujących ponad 12 000 reaktoro-lat nikt z personelu lub ludności nie stracił życia ani zdrowia wskutek awarii radiologicznej w elektrowniach jądrowych, nawet po awarii ze stopieniem rdzenia, do której doszło w 1979 r. w Three Mile Island w USA” (Strupczewski, 2009b, s. 4).

Te kontrowersje wokół oceny skutków i przyczyn awarii w elektrowniach atomowych pozwalają nam postawić pytanie o **strategie neutralizowania znaczenia dotychczasowych wypadków**, które pozwalają obronić obraz EJ jako technologii o doskonałym bilansie bezpieczeństwa.

W odniesieniu do Three Mile Island, po której w USA nie wybudowano już żadnej nowej elektrowni atomowej, bagatelizuje się jej znaczenie, zwracając

⁴ *Siedem prawd o współczesnej energetyce jądrowej – polemika z ulotką „Siedem mitów energetyki jądrowej w Polsce”, s. 5. Ulotka pozbawiona jest daty wydania, lecz pochodzi z 2010 roku, a więc sprzed katastrofy w Fukushima, gdzie awarii uległ właśnie reaktor wodno-ciśnieniowy. Dalej cyt.: Siedem prawd.*

uwagę, że „to było wynikiem błędów w sterowaniu. Była mała awaria przyrządów pomiarowych, zbieg okoliczności. Wtedy te rzeczy były mniej zabezpieczone”⁵. Ponieważ był to jeden z pierwszych wypadków jądrowych na świecie, jego wystąpienie zrzuca się na karb początkowego braku doświadczenia sektora jądrowego, wskazując jednocześnie, że wyciągnięto z niego odpowiednie wnioski i wprowadzono ulepszone systemy zabezpieczeń i nadzoru. Poza tym był to reaktor II generacji „ze znacznie słabszą, pojedynczą obudową bezpieczeństwa i z mniej rozbudowanymi i technicznie zaawansowanymi rozwiązaniami układów bezpieczeństwa w porównaniu z reaktorami generacji III [oferowanymi dzisiaj].” (*Siedem prawd*, s. 4). Mimo wszystko jednak zastosowane w nim zabezpieczenia spełniły swoje zadanie i pomimo częściowego stopienia rdzenia skutki radiologiczne dla otoczenia były znikome (*Siedem prawd*, s. 4).

W przypadku Czarnobyla kluczem do podważania znaczenia tej katastrofy jest wspomniany grafitowy reaktor i technologia RBMK, w której został zbudowany: jak często jest to podkreślane, jest to technologia przestarzała, nieoferowana już na rynku, wykorzystywana tylko w byłych krajach ZSRR, niestabilna i wyjątkowo podatna na ludzkie błędy. W dodatku reaktor pozbawiony był obudowy bezpieczeństwa, która zatrzymałaby po wybuchu radioaktywne substancje w swoim wnętrzu, a sama awaria spowodowana była błędami ze strony personelu przeprowadzającego test bezpieczeństwa (zob. np. *Siedem prawd*, s. 5). Podkreśla się także, że reaktory typu RBMK zostały zaadoptowane do produkcji energii z konstrukcji reaktorów wojskowych, służących do wytwarzania plutonu do bomb atomowych, co pozwala niektórym osobom wręcz twierdzić, że w Czarnobylu nie mieliśmy do czynienia z katastrofą elektrowni, lecz fabryki plutonu (Strupczewski, 2010b).

Zdaniem zwolenników EJ katastrofa typu czarnobylskiego nie ma więc prawa powtórzyć się w planowanej w Polsce elektrowni, która oparta będzie na reaktorach wodnych, a w nich „awaria taka jak czarnobylska jest wykluczona prawami fizyki” (*Siedem prawd*, s. 5).

Pech chciał, że w 2011 roku w Fukushima doszło do serii wypadków właśnie w trzech reaktorach wodnych. Jednak i w tym przypadku katastrofę można przekuć w sukces:

Jeśli pada przykład Fukushimy, to mówię, że właśnie ona jest dowodem na bezpieczeństwo technologii użytych do budowy elektrowni atomowych. Przecież ta z Fukushimy ma 40 lat, a jednak w dużym stopniu wytrzymała

⁵ Adam Rozwadowski, przedstawiciel firmy AREVA, głos w dyskusji (*Energetyka jądrowa*, 2011, s. 165).

trzęsienie ziemi. A nie zapominajmy, że od czasu jej budowy technologie poszły do przodu. (Kamińska, 2012)

Trudno ocenić, co w kontekście wybuchu wodoru i rozerwania kopuły jednego z reaktorów oraz uwolnienia substancji radioaktywnych do powietrza i morza oznacza stwierdzenie, że elektrownia „wytrzymała trzęsienie ziemi”, jednak ta wypowiedź Teresy Kamińskiej, ówczesnej prezes Pomorskiej Specjalnej Strefy Ekonomicznej dobrze obrazuje jeden ze sposobów reinterpretacji wydarzeń w Fukushima: zdaniem zwolenników EJ mieliśmy tam do czynienia nie z awarią jądrową, lecz z wyjątkowo silną katastrofą naturalną, w dodatku podwójną: połączeniem tsunami z trzęsieniem ziemi. A ponieważ „na Bałtyku nie ma tsunami”, to i „awaria atomowa taka jak w Fukushima nie może się wydarzyć” (Strupczewski, 2011, slajd 44). W przygotowanym dla Ministerstwa Gospodarki przez firmę doradczą Ernst&Young raporcie tak napisano o przyczynach katastrofy:

Awaria została spowodowana przez niespotykane silne trzęsienie ziemi (podczas którego elektrownia zachowała się zgodnie z założeniami projektu) oraz tsunami o niespotykanej wysokości, które zostało wywołane przez trzęsienie ziemi. Ponadto, według oceny ekspertów, jej zasięg miał charakter lokalny i mimo emisji pierwiastków promieniotwórczych nie doszło do poważnego skażenia środowiska ani do strat wśród ludności cywilnej. W wyniku awarii nie zginął także żaden z pracowników elektrowni (Ernst&Young, 2011, s. 6).

Andrzej Strupczewski dodaje do tego podobny argument odwołujący się do technologii reaktora, jakie były wykorzystywane w przypadku awarii w Three Mile Island i Czarnobylu: jego zdaniem w Fukushima wykorzystywany był „stary reaktor BWR pierwsze pokolenie 1965, uruchomienie 1971” (Strupczewski, 2011, slajd 39). Jednak „mimo najsilniejszego w historii Japonii wstrząsu stare reaktory wytrzymały go – zostały wyłączone i były chłodzone (...) ale nie były przygotowane na takie tsunami” (Strupczewski, 2011, slajd 40).

W wywiadzie udzielonym Gazecie Wyborczej przez prof. Marka Janiaka uwiadcza się połączenie Czarnobyla i Fukushimy jako wzajemnie wspierających się dowodów na rzecz bezpieczeństwa EJ. Na pytanie czy możliwa jest dziś powtórka z Czarnobyla, odpowiada on:

Nie. Najlepszy dowód to to, co wydarzyło się w Fukushima. (...) Uważam, że ostatnia awaria w japońskiej elektrowni Fukushima 1 nie tylko nie powinna nas odstraszać od energetyki jądrowej, ale wręcz przekonać,

do jakiego stopnia – przy takim niewyobrażalnym kataklizmie jak tsunami, które zalało tę elektrownię – jest ona bezpieczna. (Janiak, 2011)

Widzimy zatem, że trzy poważne awarie jądrowe stanowiące kamienie milowe w rozwoju energetyki jądrowej na świecie, ale przede wszystkim wpływające istotnie na debaty publiczne o budowie elektrowni atomowych, są w dyskursie zwolenników marginalizowane jako wyjątki, które u nas „nie mają prawa się powtórzyć”. Używane są do tego celu głównie **argumenty natury technicznej**: o błędach konstrukcyjnych w II generacji reaktorów stosowanych w Three Mile Island, specyfice reaktora czarnobylskiego lub odwołujące się do anomalii przyrodniczych. Za każdym razem są to **przyczyny, które można ograniczyć przy pomocy technologii**: doskonaląc reaktory, zabezpieczając elektrownie przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych (katastrof naturalnych, ataków terrorystycznych). Także przed błędami ludzkimi można się zabezpieczyć, stosując pasywne technologie bezpieczeństwa, które – jak pisze Strupczewski – „wybaczą błędy” i same korygują pomyłki operatora:

W razie pogorszenia warunków chłodzenia paliwa następuje w nich samoczynne obniżenie mocy reaktora. Operator nie musi podejmować natychmiastowych działań, reaktor dokonuje regulacji mocy sam, a w razie dalszego rozwoju warunków awaryjnych wyłącza się. (Strupczewski, 2010a, s. 112).

W takim ujmowaniu kwestii bezpieczeństwa i awaryjności elektrowni atomowych widać wyraźnie – zarówno jeśli chodzi o przyczyny wypadków, jak i sposoby zapobiegania im – **traktowanie ryzyka jako zagadnienia czysto technicznego**, będącego immanentną cechą systemu technologicznego. To **dzięki skutecznym zabezpieczeniom technicznym, nawet w przypadku wystąpienia problemów, skutki awarii pozostają znikome**. Oparte na nowoczesnej technologii systemy bezpieczeństwa chronią elektrownię zarówno przed awariami technicznymi, błędami ludzkimi, jak i czynnikami zewnętrznymi. Takie podejście do zapewnienia bezpieczeństwa typowe jest dla TMZR i określane jest mianem „technological fix” (zob. Etzioni i Remp, 1972; Rosner, 2013): jest to pogląd głoszący, że jeśli nawet występują jakieś niepożądane konsekwencje rozwoju naukowo-technologicznego, są one traktowane jako skutki uboczne, wypadki przy pracy, nieuniknione koszty postępu. Zgodnie z logiką postępu mają one charakter przejściowy i dalszy rozwój technologii przyniesie rozwiązanie dzisiejszych problemów, także tych generowanych przez rozwój nowych technologii.

(Nie)szkodliwość małych dawek

Kolejnym kluczowym dla „ramy bezpieczeństwa” zagadnieniem jest kwestia nieszkodliwości promieniowania o niskim natężeniu emitowanego przez pracującą elektrownię atomową. Sposób argumentowania przez ekspertów związanych z PPEJ na rzecz nieszkodliwości małych dawek promieniowania jest przykładem wykorzystania TMZR do wykluczenia z dyskursu ryzyka i ugruntowania obrazu EJ jako technologii w pełni bezpiecznej.

Argumentacja zwolenników EJ opiera się na fakcie, że promieniowanie jonizujące występuje naturalnie na naszej planecie pochodzi z Ziemi (radon w postaci gazowej, materiały promieniotwórcze w glebie), a także z kosmosu. To naturalne promieniowanie jest różne w różnych miejscach globu, zmienia się także wraz z wysokością nad poziomem morza – co zwolennicy wykazywania jego nieszkodliwości będą wykorzystywali do formułowania interesujących porównań poziomów ryzyka, którym przyjrzymy się w dalszej części tekstu.

Promieniowanie powoduje uszkodzenia w komórkach naszego ciała, ale są one „minimalną częścią sumy uszkodzeń z różnych przyczyn, głównie z powodu naturalnych procesów zachodzących w naszym organizmie, takich jak procesy utleniania” (Strupczewski, 2010a, s. 24). Wokół pytania o istnienie punktu, w którym promieniowanie staje się szkodliwe, rozwinęła się ciekawa kontrowersja naukowa. Uczeni podzielili się na tych, którzy uważają, że każde promieniowanie jest szkodliwe, oraz na tych, którzy twierdzą, że w małych dawkach, porównywalnych do tych występujących naturalnie, jest bezpieczne (tego, że promieniowanie w dużych dawkach jest groźne, nie kwestionuje raczej nikt). Na tę linię podziału nałożył się jeszcze jeden: o sposób określania granicy bezpiecznej dawki promieniowania (co jest typowym problemem z zakresu definiowania poziomu ryzyka w TMZR). Zwolennicy tzw. hipotezy liniowej (LNT – *Linear No Threshold*) (Strupczewski, 2010a, s. 28–29) twierdzą, że małe dawki są po prostu mniej szkodliwe niż duże, ale można je ze sobą porównywać, przeliczając moc dawki w czasie (np. duża dawka w krótkim czasie odpowiadałaby małej dawce w długim czasie). Hipoteza LNT sformułowana w 1959 roku została przyjęta jako oficjalna podstawa ochrony radiologicznej. Skutkuje ona zaleceniami, by ograniczać dawki promieniowania tak bardzo, jak to możliwe, gdyż zgodnie z tą hipotezą nie ma bezpiecznego poziomu promieniowania radioaktywnego.

Jak łatwo się domyślić, model LNT nie jest zbyt na rękę zwolennikom EJ, gdyż elektrownia atomowa powoduje zwiększenie poziomu promieniowania w bezpośredniej okolicy, nie wspominając już o oddziaływaniu na pracujących na jej terenie personel. W związku z tym bronią oni przeciwnego stanowiska, mó-

wiącego o **nieszkodliwości małych dawek promieniowania**. Powołują się przy tym na naturalne występowanie promieniowania jonizującego na Ziemi oraz zjawisko hormezy: powszechnego istnienia substancji szkodliwych w dużej ilości, a korzystnych w małej (np. aspiryny, witamin, światła słonecznego, temperatury) (Strupczewski, 2010a, s. 28–29). Przedstawiciele tego stanowiska nie tylko twierdzą, że „promieniowanie jest niezbędne do życia w małych ilościach, takich jakie otrzymujemy codziennie od otoczenia” (Strupczewski, 2010a, s. 9), ale także stawiają hipotezę hormezy radiacyjnej; zgodnie z nią małe dawki promieniowania jonizującego miałyby mieć wręcz korzystny wpływ na żywe organizmy (Strupczewski, 2010a, s. 46). Dlatego kwestionują oni zasadność stosowania hipotezy LNT jako zbyt kosztownej, gdyż zmuszającej do stosowania niepotrzebnych i drogich zabezpieczeń instalacji jądrowych.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że u podstaw tej kontrowersji kryje się klasyczna sytuacja niepewności i działania w sytuacji braku danych: do dziś bowiem nie udało się potwierdzić szkodliwości małych dawek promieniowania. Pojawia się zatem typowy dla sytuacji ryzyka problem, jak interpretować brak dowodów szkodliwości? Czy zgodnie z zasadą przezorności, której przejawem jest właśnie hipoteza LNT, należy starać się ograniczać narażenie na promieniowanie pracowników elektrowni i okolicznych mieszkańców? Czy też należy przyjąć, że brak dowodów szkodliwości wskazuje na nieszkodliwość? Andrzej Strupczewski i inni zwolennicy energetyki jądrowej bronią tego drugiego stanowiska, popierając je jednocześnie wieloma wynikami badań, które nie wykazały szkodliwości stosowania małych dawek promieniowania na zdrowie ludzi.

Wykorzystywana jest tutaj strategia „naturalizacji” promieniowania, polegająca na podkreślaniu jego naturalnego pochodzenia (z Ziemi i kosmosu) i wszechobecności pierwiastków promieniotwórczych (ich występowania w glebie, skałach, a więc i betonie, z którego zbudowane są nasze domy, powietrzu, którym oddychamy, a nawet naszych ciałach) (Janiak, 2011). To sprawia, że człowiek ewolucyjnie miałby być przystosowany do tolerowania radioaktywności:

Przystosowaliśmy się do tego bodźca środowiskowego, którego działaniu jesteśmy jako gatunek i jako pojedyncze osoby – od zawsze i od urodzenia, a także przed urodzeniem – poddawani. I te mechanizmy adaptacyjne są na tyle sprawne, że my nie tylko nie odczuwamy ujemnych skutków otaczającego nas promieniowania, ale można powiedzieć, że właściwie istniejemy w takim kształcie i w takiej formie także dzięki temu promieniowaniu (Janiak, 2011).

Dowodem na nieszkodliwość promieniowania miałby być także brak u człowieka zmysłu pozwalającego na jego wykrycie, „co świadczy o tym, że ten zmysł w procesie ewolucji w ogóle nie był mu potrzebny”⁶.

Przykład sporu o (nie)szkodliwość małych dawek promieniowania pokazuje, jak dużą rolę w dyskursie o EJ odgrywa ekspercka analiza ryzyka oparta na TMZR. Podobnie jak w przypadku neutralizacji znaczenia awarii w elektrowniach jądrowych punktem odniesienia jest wiedza ekspercka i techniczne sposoby zapobiegania ryzyku. Takie ramowanie ryzyka prowadzi jednak do zawężania zakresu ryzyka do szkodliwości fizyczno-biologicznej i wykluczania z dyskursu pozatechnicznych – społecznych, kulturowych, politycznych – aspektów energetyki jądrowej.

Szkodliwość fizyczno-biologiczna

Jedną z głównych cech technicznego modelu zarządzania ryzykiem jest **definiowanie szkodliwości w kategoriach fizyczno-biologicznych** – a więc w odniesieniu do zagrożeń dla życia i zdrowia ludzi oraz stanu środowiska naturalnego. Znajduje to odzwierciedlenie w posługiwaniu się **wskaźnikiem ofiar śmiertelnych jako główną miarą ryzyka**. Jest ono widoczne także w przedstawionej wyżej argumentacji na rzecz bezpieczeństwa energetyki jądrowej, przy czym do tak pojętej szkodliwości odwołują się zarówno zwolennicy, jak i przeciwnicy EJ (choć przedstawiając różne dane i/lub odmiennie je interpretując). Jednakże ograniczanie niepożądanych konsekwencji energetyki jądrowej do zagrożeń fizyczno-biologicznych skutkuje zawężaniem ramy dyskursu o ryzyku i wykluczaniem z niej wielu pozatechnicznych, społecznych aspektów ryzyka.

W przypadku sporu o Czarnobyl mamy wręcz do czynienia z przerzucaniem się liczbami mówiącymi o skutkach zdrowotnych, śmiertelnych i ekologicznych tej katastrofy. Z jednej strony słyszymy i czytamy, że „w Czarnobylu było naprawdę 31 zgonów, 28 było z powodu napromieniowania, a 3 z innych niż napromienowanie powodów”⁷. Prof. Marek Janiak w przywoływanym wywiadzie dla „Gazety Wyborczej” wylicza:

Na ostrą chorobę popromienną zapadły tylko 134 osoby spośród 600, które rankiem po nocy, kiedy doszło do wybuchu reaktora (26 kwietnia 1986 r.), próbowały opanować pożar i zniszczenia. Spośród tych 134 osób

⁶ Mariusz P. Dąbrowski, *Województwo Zachodniopomorskie – potencjał dla energetyki jądrowej*, w: *Energetyka jądrowa*, 2011, s. 40.

⁷ Zbigniew Jaworowski, wystąpienie na konferencji w: *Energetyka jądrowa*, 2011, s. 169.

dwie zmarły na skutek poparzeń i zawału serca, a 28 w wyniku pochłonięcia wysokich dawek promieniowania. W latach 1987–2006 zmarło 19 następnych ratowników. (...) Policzmy: 28 plus 2 plus 19, to razem 49 bezpośrednich ofiar katastrofy w Czarnobylu (Janiak, 2011).

Jeśli chodzi o choroby spowodowane promieniowaniem,

(...) jedynym odległym skutkiem katastrofy jest wzrost zachorowań na raka tarczycy u tych, którzy w roku 1986 nie mieli jeszcze 18 lat. Nie obserwuje się wzrostu zachorowań na inne nowotwory ani na jakiegokolwiek choroby, które mogłyby mieć związek z promieniowaniem, np. serca czy naczyń (Janiak, 2011).

Na raka tarczycy zachorowało do końca 2008 roku ponad 6 tys. osób, spośród których zmarło 15. Jak dodaje Marek Janiak, liczba zachorowań na te nowotwory jeszcze może się zmienić, szacuje się, że sięgnie w sumie 15 tys. osób, ale „w znakomitej większości nie będą jednak stanowić zagrożenia dla życia” (Janiak, 2011).

Dane przedstawiane przez prof. M. Janiaka i prof. Z. Jaworowskiego pochodzą z opracowań Komitetu Naukowego Narodów Zjednoczonych do Skutków Promieniowania Atomowego UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*), którego prof. Jaworowski był swego czasu przewodniczącym, zaś prof. Janiak członkiem. Przeciwnicy budowy elektrowni atomowej w Polsce powołują się z kolei na książkę Aleksieja W. Jabłokowa, Wassiliego B. Nesterenko i Aleksieja V. Nesterenko *Chernobyl. Consequences of the Catastrophe for People and the Environment* (Yablokov i in., 2010). Jej autorzy szacują liczbę ofiar śmiertelnych Czarnobyla na... ponad milion (Jabłokow, 2011, s. 7). Z kolei prof. Ludwik Tomiałojć podaje również dane Międzynarodowej Organizacji Lekarzy przeciw Broni Atomowej, mówiących o 24 000–50 000 ofiar śmiertelnych, 5 000 zmarłych noworodków z wadami rozwojowymi i 10 000 żyjących zdeformowanych dzieci, a także wyliczenia Związku Czarnobylców, podających liczbę 60 000 zgonów (Tomiałojć, b.d., s. 2–3).

Różnice w określaniu skutków katastrofy wynikają m.in. z odmiennych metodologii liczenia ofiar katastrofy i klasyfikowania przyczyn chorób lub zgonów. To co jednak wydaje się być istotne, to fakt, iż **dane o śmiertelności i zachorowaniach na nowotwory są traktowane jako główne wskaźniki ryzyka** związanego z energetyką jądrową zarówno przez jedną i drugą stronę konfliktu o EJ. Spór o ustalenie prawdziwej liczby ofiar zajmuje w efekcie dużą część obszaru debaty o EJ. To prowadzi do dominacji TMZR i wykluczania społecznych aspektów ryzyka i oddziaływań energetyki jądrowej.

Z podobną sytuacją mamy do czynienia w przypadku katastrofy w Fukushima. Przywoływany już prof. M. Janiak na pytanie, ile osób zginęło w Fukushima, odpowiada:

Nikt. Trzy osoby trafiły na badania do szpitala, ale otrzymały na tyle niskie dawki promieniowania, że nie zaobserwowano żadnych skutków bezpośrednich. Co do tych odległych, trudno jeszcze dziś wyrokować. (Janiak, 2011).

Ta argumentacja jest wykorzystywana również przez przedstawicieli przemysłu jądrowego: Ziemowit Iwański reprezentant firmy GE Hitachi podczas seminarium „Bezpieczeństwo energetyki jądrowej”, zorganizowanego na Politechnice Gdańskiej 12.10.2011 bagatelizował tę katastrofę: „na terenie Fukushima zginęły dwie osoby, jedna spadła, druga się utopiła.” I jednocześnie dodaje: „do tej pory nie stwierdzono żadnych skutków radiacyjnych, ani na personelu, ani na służbach ratowniczych”. Należy dodać, że takie stwierdzenie jest prawdziwe tylko wtedy, gdy „skutki radiacyjne” postrzegamy wąsko, wyłącznie poprzez wpływ na zdrowie ludzkie – w momencie przedstawiania tej interpretacji znane było już bowiem skażenie gruntów w okolicy Fukushima przez 45 ton radioaktywnej wody oraz wyciek do Oceanu Spokojnego, który spowodował przekroczenie norm radioaktywności 7,5 miliona razy (sic!). W kolejnych latach jeszcze przynajmniej trzykrotnie doszło do wycieku zgromadzonej po katastrofie w zbiornikach awaryjnych silnie skażonej wody do oceanu (w 2013 roku wyciekło 300 ton tej wody, a rok później 100 ton). Wycieki te zostały zaklasyfikowane jako trzeci stopień („poważny incydent”) w międzynarodowej skali awarii INES.

Koncentracja na ofiarach śmiertelnych i skutkach zdrowotnych jest zrozumiała z „czysto ludzkiej” perspektywy, jednak jednocześnie umniejsza znaczenie innych aspektów katastrof jądrowych. Zaliczyć do nich można ewakuację setek tysięcy osób ze skażonych obszarów, zniszczenie potencjału gospodarczego okolic (rolnictwa, turystyki), zanieczyszczenie substancjami radioaktywnymi gleby i wody. Niewielka liczba ofiar śmiertelnych pozwala na takie stwierdzenia jak to, które padło z ust jednego z ekspertów z branży hydrogeologicznej:

Fukushima może być traktowana jako najlepsza promocja energetyki jądrowej: stara technologia, w miejscu uskoku tektonicznego, na wybrzeżu, w samym epicentrum potężnego trzęsienia ziemi (chyba 9 w skali Richtera) i... chyba nikt tam nie zginął, prawda? Wprawdzie duży teren został skażony, ale nic naprawdę złego się nie stało [wyróżnienie P.S.]⁸.

⁸ Ekspert z jednego z polskich uniwersytetów w rozmowie podczas spotkania w Wicku 18.04.2013.

Podobnie o awarii w Three Mile Island pisze Strupczewski: „Awaria w TMI skończyła się szczęśliwie [wyróżnienie P.S.] – nikt nie stracił życia ani zdrowia” (Strupczewski, 2010a, s. 109). Takie ujęcie problemu świadczy o **dominacji technicznego modelu ryzyka** jako głównej ramy analizowania bezpieczeństwa elektrowni atomowych.

Spoleczna percepcja ryzyka

Typowe dla TMZR osadzenie dyskursu o ryzyku w polu naukowym jest oparte na **deprecjonowaniu społecznej percepcji ryzyka**. Widoczne jest ono w wielu wymiarach; zacznijmy od najbardziej wyrazistego przykładu wyśmiewania lęku przed katastrofą.

Strupczewski obawy związane z awaryjnością elektrowni atomowych nazywa wprost „syndromem czarnobylskim” i definiuje jako „paniczny i nieuzasadniony strach przed energią atomową, wywołany awarią w Czarnobylu” (Strupczewski, 2010a, s. 13). W odniesieniu do Fukushima i jej konsekwencji dla polityki energetycznej w Europie sygnatariusze *Memorandum w sprawie energetyki jądrowej w Polsce* mówią wręcz o „psychozie”, która doprowadziła do decyzji rządu niemieckiego o wycofaniu się z energetyki jądrowej:

Niestety po Fukushima uaktywniły się tradycyjne i nowe ośrodki przeciwników energetyki jądrowej. Do działań, których nie obserwowano wcześniej, należy zaliczyć ekspansję niemieckiego ruchu antynuklearnego na teren Polski wyrażającą się m.in. w postaci tysięcy maili przesłanych do Ministerstwa Gospodarki i innych organów rządowych, protestujących przeciwko budowie EJ w naszym kraju. Owa intensyfikacja działań rodzimych i niemieckich przeciwników energetyki jądrowej doprowadziła do obniżenia poparcia dla tej technologii w sondażach społecznych i była jedną z przyczyn negatywnego wyniku referendum przeprowadzonego na obszarach jednej z potencjalnych lokalizacji EJ na wybrzeżu⁹.

Takiej narracji towarzyszy również ironiczne podkreślanie, że Czarnobyl i Fukushima były największymi katastrofami, ale... psychologicznymi (Kiełbański, 2010).

⁹ Memorandum w sprawie energetyki jądrowej w Polsce, 25 VII 2012, podpisane przez prezesa SEREN, prezesa Polskiego Towarzystwa Nukleonowego, prezesa Stowarzyszenia Elektryków Polskich i prezesa Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, <http://sep.com.pl/scripts/artukul2.php?id=465> (28.08.2012).

„Wyższościowy” (by nie powiedzieć „pogardliwy”) stosunek do publicznych reprezentacji ryzyka widoczny jest nie tylko w używanym języku. Wykazaniu błędności postrzegania ryzyka przez tzw. „zwykłych ludzi” służyły w latach 70. analizy psychometryczne polegające na porównywaniu percepcji różnych rodzajów ryzyka z ich eksperckimi szacunkami (zob. Slovic, 2000a). Typowe dla wczesnego etapu rozwoju psychologii ryzyka podejście psychometryczne zostało jednak ostatecznie odrzucone na początku lat 80. jako oparte na błędnych założeniach.

W polskim dyskursie o EJ wciąż jednak możemy znaleźć zaskakująco dużą liczbę przykładów porównywania społecznej oceny ryzyka z „faktycznym” (czyli ustalonym przez ekspertów) poziomem zagrożeń. Odnoszą się one przede wszystkim do dwóch analizowanych tutaj obszarów: ryzyka awarii i nieszkodliwości małych dawek. W pierwszym z nich w narracji zwolenników EJ powszechne jest porównywanie liczby ofiar wypadków w elektrowniach jądrowych z ofiarami innych typów energetyki (głównie węglowej) i wielkimi katastrofami przemysłowymi. Profesor Ludwik Dobrzyński w swej prezentacji pt. „Energetyka jądrowa – jej korzyści, problemy i perspektywy rozwoju”, przygotowuje grunt pod takie porównania: „Zagrożenia środowiska naturalnego i życia ludzi w wypadku EJ są bez porównania mniejsze niż w wypadku elektrowni zasilanych węglem” (Dobrzyński, 2011). Stąd już tylko krok do sugestywnych porównań:

A katastrofa w Bhopalu, w wyniku której w ciągu kilku dni zginęło ponad 3 tys. osób? A ilu ludzi ginie w kopalniach? Musimy mieć jakąś skalę i punkt odniesienia, jeśli porównujemy zagrożenie (Janiak, 2011).

Jeden z ekspertów związanych z PGE ujmuje to jeszcze bardziej wprost: „ryzyko śmierci w elektrowni jest równie prawdopodobne, co śmierć od trafienia meteorytu”¹⁰. Z kolei Andrzej Strupczewski w swojej książce zamieszcza wykres pokazujący umieralność w Londynie w 1952 roku powodowaną stężeniem smogu (Strupczewski, 2010a, s. 19).

Te różne poziomy ryzyka odnoszącego się do różnych zjawisk technologicznych są następnie nakładane na obawy społeczeństwa:

w dość niestety częstym zdarzeniu, jakim jest wypadek samochodowy, jego ciężkość może oznaczać zgon jednej lub paru osób, a w bardzo rzadkim zdarzeniu, jakim było ostatnie trzęsienie ziemi o niezwyklej nawet dla Japonii skali, miarą jego ciężkości była śmierć prawie 30 tysięcy mieszkańców. I chociaż podobna liczba osób zginęła lub zginie w wypadkach samochodowych w Polsce w ciągu dziesięciu lat, zdarzenia te postrzegamy

¹⁰ Indywidualny wywiad pogłębiony z inżynierem-ekspertem ds. energetyki jądrowej, przeprowadzony 17.04.2011.

zupełnie inaczej [wyróżnienie P.S.]. O wypadkach awionetek, w których zginęło kilka osób, czytaliśmy niedawno we wszystkich gazetach. A piloci wojskowi, kosmonauci czy himalaiści – czyż oni nie podejmują ogromnego ryzyka? (Waligórski, 2012, s. 14).

W wyróżnionym zdaniu widoczne jest typowe dla TMZR zrównywanie ryzyka związanego ze zdarzeniami o małym prawdopodobieństwie i znaczących skutkach (jak katastrofa jądrowa) z częstymi wypadkami o mniejszej liczbie poszkodowanych (wypadki samochodowe). Ponieważ w konstytutywnym dla TMZR iloczynnie $R = P \times S$ zarówno P , jak i S mają taką samą wagę, więc w sensie matematycznym w obu przypadkach wielkość ryzyka jest taka sama – i zgodnie z racjonalnością techniczno-naukową te dwa rodzaje ryzyka niczym się od siebie nie różnią. Jednak w odbiorze osób niebędących ekspertami ryzyko oceniane jest według kryteriów racjonalności społeczno-kulturowej – a z tej perspektywy wypadki samochodowe i atomowe dzieli przepaść.

Okazją do czynienia wielu wyjątkowo ciekawych porównań jest dla osób promujących energetykę jądrową problem szkodliwości małych dawek promieniowania. Ze względu na powszechne występowanie naturalnego promieniowania jonizującego na ziemi, możliwości konstruowania sugestywnych ilustracji wydają się być nieograniczone. Przytoczmy tylko kilka, by oddać nastrój towarzyszący tej narracji:

W ciągu życia Polak otrzymuje mniej niż jeden milisiwert. Gdy pojedziemy sobie do Skandynawii, na przykład do Norwegii, leżącej na podłożu granitowym zawierającym dużo naturalnych pierwiastków uranu, potasu, w którym osiada silnie promieniujący izotop K-40, to tamtejsza dawka jest trzykrotnie większa od emitowanej w Polsce. Jeżeli ktoś chciałby wybrać się na narty do takiego Zakopanego w Iranie, który nazywa się Ramsar, to mieszkańcy tej miejscowości dostają średnio dawkę dwieście sześćdziesiąt milisiwertów. Żyją niektórzy z nich powyżej stu lat i nie ma żadnych danych o zwiększeniu się zachorowań na nowotwory. W wielu miejscach na świecie dawka promieniowania wynosi kilkadziesiąt, kilkaset, a nawet ponad tysiąc milisiwertów rocznie. Nigdy nie stwierdzono tam ani zaburzeń genetycznych, ani zwiększonej zapadalności na nowotwory. Histeria radiofobiczna wynikła z gwałtownej zmiany podejścia do promieniowania, co nastąpiło po 1945 roku, po wybuchu bomby jądrowej w Hiroszynie i Nagasaki. (Jaworowski, 2010)

We wspomnianym Ramsarze w Iranie ta dawka dochodzi do 260 milisiwertów, a astronauta latający przez okrągły rok po orbicie (czasem

spędzają oni tam kilka miesięcy) dostaje ponad 400 milisiwertów. Natomiast jeśli pan zamieszka w odległości 50 metrów od elektrowni jądrowej, to przez cały rok otrzyma pan dodatkowo zaledwie 0,01 milisiwerta! (Janiak, 2011).

Człowiek, który przebywa 2 tygodnie w górach, jeżdżąc na nartach, dostaje dawkę napromieniowania wielokrotnie przekraczającą napromieniowanie w pobliżu EJ¹¹.

Zgodnie z Encyklopedią Energii z 2004 roku, następujące czynności powodują ten sam wzrost ryzyka równy prawdopodobieństwu zgonu 1 na milion w ciągu 1 roku:

- wypalenie 1,4 papierosa,
- jazda 16 km na rowerze,
- wypicie 30 puszek dietetycznego napoju gazowanego zawierającego sacharynę,
- mieszkanie przez 50 lat w odległości 8 km od reaktora jądrowego.
- mieszkanie przez 2 dni w Nowym Jorku (Strupczewski, 2010a, s. 57).

Zdarzają się też komentarze utrzymane w dość filuternym tonie:

Czytelniku, czy śpisz na łóżku? Porównajmy spanie na łóżku, które ma średnio wysokość 40 cm, ze spaniem na materacu o wysokości np. 20 cm. Śpiąc na materacu zamiast na łóżku, jest się niżej, więc moc dawki promieniowania jest mniejsza o 0,02 mikroSv/rok niż na łóżku. Jest to dwa razy więcej niż maksymalny przyrost dawki dla kogokolwiek powodowany przez odpady wysokoaktywne. A więc – bądźmy konsekwentni – skoro „zieloni” aktywiści grożą nam małymi dawkami promieniowania i zabraniają nam stosowania energii jądrowej „ze względów moralnych” to trzeba ze względów moralnych potępiać producentów łóżek znacznie bardziej niż inżynierów jądrowych! (Strupczewski, 2010a, s. 79).

Poza porównaniem do spania na łóżku podczas prezentacji na II Szkole Energetyki Jądrowej Andrzej Strupczewski wykorzystywał także (ku radości zgromadzonej publiczności, głównie studentów kierunków technicznych) obliczenia zwiększenia dawki promieniowania powodowane chodzeniem na szpilkach, znów pytając, czy powinniśmy zakazać chodzenia w butach na wysokim obcasie (Strupczewski, 2009a). Jest to prosta metoda sprowadzania problemu do absurdu,

¹¹ Indywidualny wywiad pogłębiony z profesorem jednej z polskich politechnik, elektroenergetykiem, przeprowadzony dnia 26.10.2011 roku.

mająca na celu wykazać irracjonalność obaw społecznych związanych z promieniowaniem w małych dawkach. Widać to również w poniższym cytacie:

Pijąc mleko, wprowadzamy do organizmu naturalny promieniotwórczy potas K-40, który rozpada się przez miliard lat (...) Czy w związku z tym powinniśmy nie pić mleka, nie dawać dzieciom do picia mleka matki? (Strupczewski, 2011, slajd 10).

Wykorzystywanie w debacie tego typu porównań ma na celu nie tylko wykazanie nieszkodliwości promieniowania i bezpieczeństwa elektrowni; pełni też określone funkcje strukturyzujące dyskurs. Racjonalność naukowo-techniczna reprezentowana przez dokonujących analiz ryzyka ekspertów stanowi punkt odniesienia i skalę porównawczą dla oceny poglądów i opinii reprezentowanych przez osoby ekspertami niebędące. Wyrażane w debacie stanowiska poddawane są ocenie zgodnie z kryteriami racjonalności naukowo-technicznej. Typowa dla nie-ekspertów racjonalność społeczno-kulturowa z charakterystyczną dla niej percepcją ryzyka zostaje zdeprecjonowana poprzez argumenty odwołujące się do ustaleń naukowców, niepozbawionych przy tym sarkazmu i ironii.

ZAKOŃCZENIE

Na zakończenie warto zadać pytanie o społeczne i polityczne konsekwencje takiego sposobu ramowania dyskursu wokół energetyki jądrowej w kontekście planów budowy elektrowni atomowej w Polsce. Negowanie ryzyka, pomijanie społecznych konsekwencji rozwoju technologii jądrowych, deprecjonowanie innych niż eksperckie sposobów postrzegania ryzyka, koncentracja na fizyczno-biologicznych oddziaływaniach elektrowni prowadzą do zawężenia perspektywy, w której analizowana jest kwestia rozwoju energetyki jądrowej. Dominacja technicznego modelu zarządzania ryzykiem jest bowiem typowa dla technokratycznego modelu polityki, w którym decyzje podejmowane są przez ekspertów i bez udziału społeczeństwa. W ramach technicznego modelu zarządzania ryzykiem kwestia rozwoju energetyki jądrowej przedstawiana jest jako zagadnienie *stricte* techniczne, eksperckie, ograniczone do pola naukowego. Tymczasem nie sposób zaprzeczyć, że w dobie publicznej debaty o konieczności transformacji światowego systemu energetycznego wymuszonego przez zmiany klimatyczne decyzje o kierunku rozwoju energetyki wymagają myślenia strategicznego, a nie tylko technicznego – a także szerokiej debaty publicznej. Tę różnicę perspektyw dobrze oddaje krótka wymiana zdań, jaka miała miejsce podczas panelu dysku-

syjnego zorganizowanego na III Szkole Energetyki Jądrowej w Gdańsku w październiku 2010 roku. Na słowa Dariusza Szweda z partii Zieloni 2004, iż „energetyka jest zbyt ważna, by zostawiać ją samym energetykom”, prowadzący panel prof. Roman Domański odparł: „Są obszary działalności człowieka, gdzie demokracja nie może funkcjonować”. Ramowanie energetyki jądrowej jako czystego i bezpiecznego źródła energii wydaje się służyć właśnie utrzymaniu sytuacji, w której rozwój energetyki pozostaje wyłączony spod demokratycznych mechanizmów podejmowania decyzji.

Bibliografia

- Amendola, A. (2001). Recent paradigms for risk informed decision making. *Safety Science*, 40(1): 17–30.
- Aven, T. i Renn, O. (2010). *Risk management and governance. Concepts, Guidelines and Applications*. Springer.
- Bauman, Z. (1995). *Wieloznaczność nowoczesna, nowoczesność wieloznaczna*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Beck, U. (2012). *Spółczesność światowego ryzyka*. Warszawa: Scholar.
- Bernstein, P.L. (1998). *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. New York: John Wiley & Sons.
- Bradbury, J.A. (1989). The policy implications of differing concepts of risk. *Science, Technology & Human Values*, 14(4): 380–399.
- Collins, H.M. i Evans, R. (2002). The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Social Studies of Science*, 32(2): 235–296.
- Dobrzyński, L. (2011). *Energetyka jądrowa, jej korzyści, problemy i perspektywy rozwoju*. Prezentacja przedstawiona podczas warsztatu dla dziennikarzy, Koszalin, 27.10.
- Energetyka jądrowa* (2011). *Energetyka jądrowa w Województwie Zachodniopomorskim*. Materiały z międzynarodowej konferencji pt. „Energetyka jądrowa – Województwo Zachodniopomorskie 2010”, 18–19.10.2010, Szczecin.
- Entman, R.M. (1993). Framing. *Journal of Communication*, 43: 51–58.
- Ernst&Young (2011). *Identyfikacja korzyści wynikających z realizacji programu rozwoju energetyki jądrowej w Polsce*, http://poznajatom.pl/poznaj_atom/identyfikacja_korzyści_wynikaj,147/ (18.04.2016).
- Etzioni, A. i Remp, R. (1972). Technological Shortcuts' to Social Change. *Science*, 175(4017): 31–38.
- Evers, A. i Nowotny, H. (1987). *Über den Umgang mit Unsicherheit: Die Entdeckung der Gestaltbarkeit von Gesellschaft*. Suhrkamp.
- Feindt, P.H. i Kleinschmit, D. (2011). The BSE Crisis in German Newspapers: Reframing Responsibility. *Science as Culture*, 20(2): 183–208.
- Felt, U. i Wynne, B. (2007). *Taking European Knowledge Society Seriously*. Expert Group on Science and Governance, Brussels, European Commission D-G Research, Science Economy and Society Directorate, EUR 22700.

- Goffman, E. (1974). *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. London: Harper and Row.
- Janiak, M.K. (2011). Istniejemy także dzięki promieniowaniu. Rozmawiał Sławomir Zagórski. *Gazeta Wyborcza*, 12.08., http://wyborcza.pl/2029020,76842,10106647.html?sms_code= (22.09.2011).
- Jabłokow, A.W. (2011). Atom: mit bezpieczeństwa. *Zielone Wiadomości*, kwiecień–maj.
- Jaworowski, Z. (2010). *Obawy przed silowniami atomowymi*, Polskie Radio Jedyńka, red. Dorota Cała, 09.11., <http://www.polskieradio.pl/7/164/Artykul/274167,Obawy-przed-silowniami-atomowymi> (18.04.2016).
- Kamińska, T. (2012). Atom ma przyszłość. Rozmawiał Sławomir Sowula. *Gazeta Wyborcza*, 25.02., http://wyborcza.pl/2029020,75478,11232062.html?sms_code= (26.02.2012).
- Kiełbasiński, A. (2010). Śmieszne straszenie Czarnobylem. *Dziennik Bałtycki*. 19.07.
- Krohn, W. i Krücken, G. (1993). *Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung*. Suhrkamp.
- Lidskog, R., Soneryd, L. i Ugglå, Y. (2010). *Transboundary Risk Governance*. London and Sterling: Earthscan Publications Ltd.
- Ravetz, R.J. (1987). Usable Knowledge, Usable Ignorance: Incomplete Science with Policy Implications. *Science Communication*, 9(1): 87–116.
- Rosa, E.A. (1998). Metatheoretical foundations for post-normal risk. *Journal of Risk Research*.
- Rosner, L. (2013). *The technological fix: how people use technology to create and solve problems*. Routledge.
- Slovic, P. (2000a). Perception of Risk. W: P. Slovic (red.), *The Perception of Risk*. London–Washington: Earthscan Publications Ltd.: 220–231.
- Slovic, P. (2000b). Trust, emotion, sex, politics, and science: Surveying the risk-assessment battlefield. W: P. Slovic (red.), *The Perception of Risk*. London–Washington: Earthscan Publications Ltd.: 390–412.
- Stankiewicz, P. (2008). Invisible Risk: The Social Construction of Security. *Polish Sociological Review*, 1(161): 39–56.
- Stankiewicz, P., Stasik, A. i Suchomska, J. (2015). Od informowania do współdecydowania i z powrotem. Prototypowanie technologicznej demokracji. *Studia Socjologiczne*, 3(218): 65–101.
- Starr, C. (1969). Social benefit versus technological risk. *Readings in Risk*: 183–194.
- Stasik, A. (2015). Obywatel współbadacz, czyli o pożytkach z dzielenia laboratorium – renegotjowanie umowy pomiędzy naukowcami a amatorami. *Studia Socjologiczne*, 4(219): 81–106.
- Strupczewski, A. (2009a). *Bezpieczeństwo elektrowni jądrowych dawniej i dzisiaj*. Prezentacja wygłoszona podczas II Szkoły Energetyki Jądrowej, 3–5.11.
- Strupczewski, A. (2009b). Atomowe za i przeciw, cz. 1. INFOS. *Zagadnienia społeczno-gospodarcze. Biuletyn Biura Analiz Sejmowych*, 20(67), 5.11.
- Strupczewski, A. (2010a). *Nie bójmy się energetyki jądrowej!* Warszawa: Ministerstwo Gospodarki, Stowarzyszenie Elektryków Polskich.
- Strupczewski, A. (2010b) *Postawy ekologów wobec energetyki jądrowej a budowa świadomości społecznej*. Prezentacja wygłoszona podczas III Szkoły Energetyki Jądrowej w Gdańsku, 20–22.10.

- Strupczewski, A. (2011). *Nie bójmy się energetyki jądrowej!* Prezentacja przedstawiona podczas spotkania prasowego „Elektrownia jądrowa – masz wiedzę czy tylko opinię?”, Gdańsk, 26.10.
- Tomiałojć, L. (b.d.) Czarnobyl po 25 latach – powszechna nieznajomość skutków. Maszynopis w posiadaniu autora.
- Waligórski, M. (2012). Nie taki atom straszny. *Pomorski Przegląd Gospodarczy*, 2(53).
- Wheatley, S., Sovacool, B.K. i Sornette, D. (2016). Reassessing the safety of nuclear power. *Energy Research & Social Science*, 15, 96–100.
- Wspólna Ziemia (2012) *List otwarty w sprawie elektrowni jądrowych*. Wspólna Ziemia – Stowarzyszenie Ekologiczno-Kulturalne, 03.01., www.wspolnaziemia.org (26.01.2012).
- Wynne, B. (1987). *Risk management and hazardous waste: implementation and the dialectics of credibility*. Berlin–New York: Springer-Verlag.
- Wynne, B. (1989). Sheep Farming After Chernobyl: A Case Study in Communicating Scientific Information. *Environment*, 31(2): 10–39.
- Yablokov, A.V., Nesterenko, V.B. i Nesterenko, A.V. (2010). *Consequences of the chernobyl catastrophe for the environment*. *Annals of the New York Academy of Sciences*. John Wiley & Sons.