

Agnieszka DOŁHAŃCZUK-ŚRÓDKA¹, Zbigniew ZIEMBIK¹ i Maria WACŁAWEK¹

OCENA SYTUACJI RADIOLOGICZNEJ W POLSCE PO AWARII ELEKTROWNI JĄDROWEJ W FUKUSHIMIE

THE ASSESSMENT OF RADIATION SITUATION IN POLAND AFTER THE FUKUSHIMA NUCLEAR POWER PLANT BREAKDOWN

Abstrakt: W piątek 11 marca 2011 r. na wschód od japońskiej wyspy Honsiu doszło do potężnego trzęsienia ziemi o sile 9 stopni w skali Richtera. Było to trzecie co do siły trzęsienie ziemi, które nawiedziło nasz glob od momentu rejestracji tego typu zjawisk. Epicentrum trzęsienia znajdowało się w odległości ok. 130 km od tej wyspy. Jego następstwem było powstanie olbrzymiej fali tsunami o wysokości przekraczającej miejscami 10 metrów. W wyniku trzęsienia, a następnie niszczycielskiego działania fali tsunami doszło do awarii w japońskiej elektrowni Fukushima I (Fukushima Dai-ichi), wyposażonej w 6 bloków z reaktorami BWR (*Boiling Water Reactor*). Awaria była jedną z największych w historii światowej energetyki jądrowej. Jej wielkość oceniono na 7 stopień (w siedmiostopniowej skali INES), a więc podobnie jak awarię w Czarnobylu w kwietniu 1986 roku. Już około środy 23 marca 2011 r. nad Polską zarejestrowano pierwsze masy powietrza z elektrowni Fukushima, zawierające niewielkie ilości radionuklidów pochodzenia sztucznego, głównie promieniotwórczego jodu ¹³¹I, ale także ¹³⁴Cs oraz ¹³⁷Cs. Po 1 kwietnia 2011 r. aktywności tych radionuklidów w atmosferze zaczęły zmniejszać się, osiągając po około 2 tygodniach poziom sprzed awarii. Pomimo względnie dużego wzrostu aktywności radionuklidów w atmosferze ich wpływ na dawkę promieniowania jonizującego pochłoniętego przez organizm człowieka był nieznaczny.

Słowa kluczowe: Fukushima, reaktor, radionuklidy

W dniu 11 marca 2011 r. o godz. 14.46 czasu miejscowego w Japonii doszło do klęski żywiołowej o ogromnej skali. Amerykańskie służby sejsmologiczne podały, że w odległości 373 km na północny wschód od Tokio i 130 km od miasta Sendai, położonego na północ od elektrowni atomowej w prefekturze Fukushima, nastąpił silny wstrząs tektoniczny [1]. Według włoskiego Państwowego Instytutu Geofizyki i Wulkanologii, było to trzęsienie o magnitudzie powyżej 9 stopni w skali Richtera. Jego następstwem było powstanie olbrzymiej fali tsunami o wysokości przekraczającej miejscami 10 metrów. W wyniku trzęsienia, a następnie niszczycielskiego działania fali tsunami doszło do awarii w japońskiej elektrowni Fukushima I (Fukushima Dai-ichi). W elektrowni Fukushima Dai-ichi w latach 1971-1979 zainstalowano 6 bloków z reaktorami BWR (*Boiling Water Reactor*). Uszkodzeniom uległy 3 działające bloki, pozostałe były wyłączone w celu konserwacji. W odległości ok. 12 km na południe znajdowały się jeszcze cztery bloki, wybudowane na początku lat 80. (Fukushima Daini), jednakże one nie uległy poważniejszym uszkodzeniom w wyniku trzęsienia ziemi i tsunami.

Dnia 12 marca 2011 r. z uszkodzonych bloków elektrowni Fukushima nastąpiło uwolnienie materiałów radioaktywnych do atmosfery [2]. Według danych Instytutu Badań Środowiskowych w Uniwersytecie w Kolonii (Niemcy), chmura zawierająca izotopy promieniotwórcze przemieściła się nad Ocean Spokojny, następnie na północ od Japonii w kierunku Oceanu Arktycznego i w kierunku Oceanu Atlantyckiego nad Islandię i cały kontynent europejski [3].

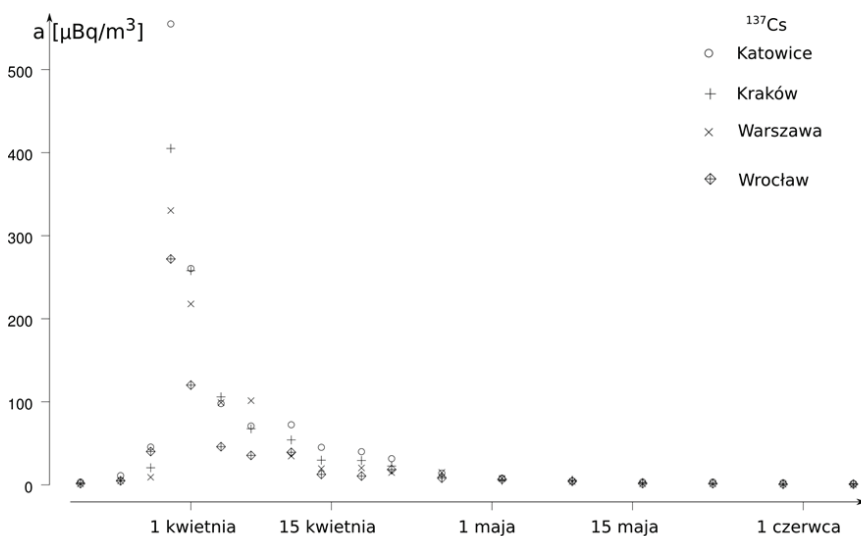
¹ Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6, 45-035 Opole, tel. 77 401 60 46, email: agna@uni.opole.pl

Pomiary wykonane w USA, ponad 7000 km od Fukushima, już 16 marca 2011 r. wykazały w atmosferze obecność ^{133}Xe [4].

W dniu 22 marca 2011 r. Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych Ameryki poinformowała, że w próbkach pyłu atmosferycznego, zebranego na filtrach 18 marca 2011 r. w stanach Kalifornia i Waszyngton, znaleziono izotopy promieniotwórcze: ^{137}Cs , ^{132}Te , ^{132}I i ^{131}I [5].

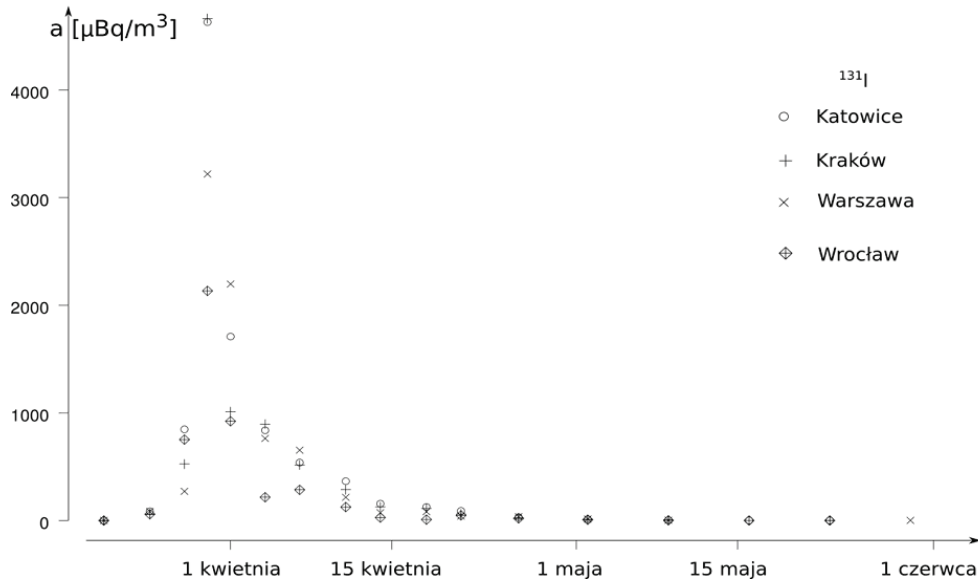
Według danych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej z dn. 28 marca 2011 r., w prefekturze Fukushima odnotowano najwyższe wartości aktywności izotopów promieniotwórczych. Aktywność ^{131}I była na poziomie 23 kBq/m², natomiast ^{137}Cs - 0,79 kBq/m² [6].

25 i 26 marca 2011 r. Państwowa Agencja Atomistyki w Warszawie opublikowała komunikaty, w których poinformowała, że na terenie Polski aktywność ^{131}I wynosi kilkadziesiąt $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ powietrza i jest ona miliony razy mniejsza niż w czasie trwania awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, nie stanowiąc zagrożenia dla zdrowia ludności ani dla środowiska naturalnego [7]. Od chwili pojawienia się nad Polską masy powietrza znad elektrowni w Fukushima *Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR)* w Warszawie podawało do publicznej wiadomości wyniki pomiarów aktywności izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego [8]. Wyniki te pochodziły z sieci wysokoczułych stacji monitoringu ASS-500, pracujących w sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych. 2 kwietnia 2011 r. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie podało, że pierwsze masy powietrza znad elektrowni Fukushima, zawierające niewielkie ilości radionuklidów pochodzenia sztucznego (głównie promieniotwórczego ^{131}I), dotarły nad Polskę ok. 23 marca 2011 r. [8].



Rys. 1. Zmiany aktywności ^{137}Cs w czasie

Fig. 1. Changes in ^{137}Cs activity concentration in time

Rys. 2. Zmiany aktywności ^{131}I w czasieFig. 2. Changes in ^{131}I activity concentration in time

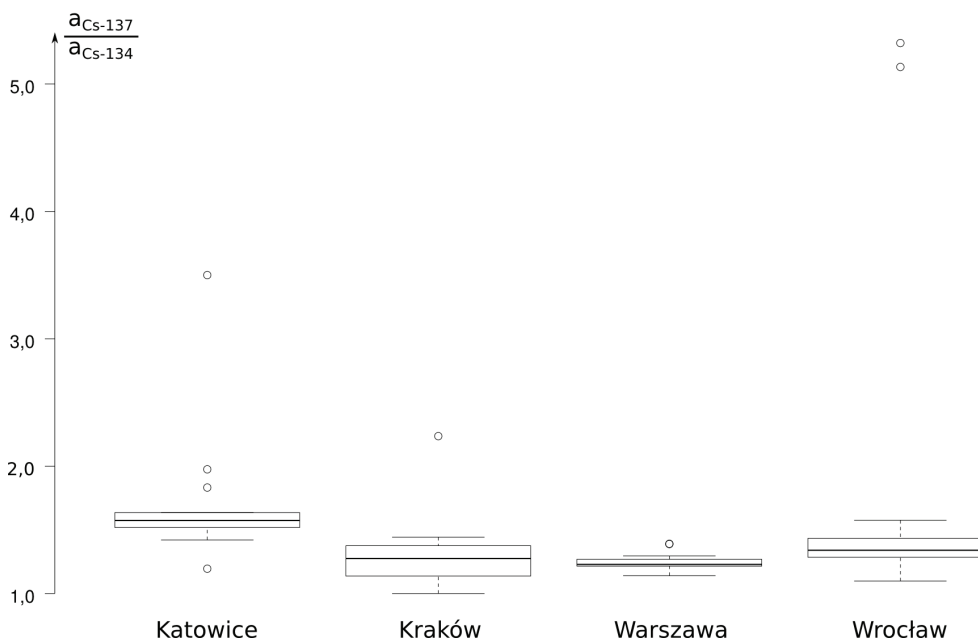
W tej pracy przeanalizowano wyniki, udostępnione w komunikatach CLOR, pochodzące z czterech stacji ASS-500, mieszczących się w Katowicach, Krakowie, Warszawie i Wrocławiu [8].

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zmiany aktywności ^{137}Cs i ^{131}I w czasie.

Można zauważyć, że zmiany aktywności ^{137}Cs i ^{131}I w czasie mają podobny przebieg. Wskazuje to na to samo źródło obu radioizotopów - materię uwolnioną po awarii w elektrowni jądrowej Fukushima. Masy skażonego powietrza dotarły nad terytorium Polski po około 2 tygodniach od trzęsienia ziemi. Po 1 kwietnia aktywności izotopów promieniotwórczych zmniejszyły się, co mogło oznaczać opadanie i immobilizację pyłu na powierzchni gruntu, a także przemieszczanie skażonego powietrza poza terytorium Polski. W ciągu około 2 tygodni poziom skażenia powietrza przez ^{137}Cs i ^{131}I praktycznie powrócił do stanu sprzed awarii.

Można zauważyć istnienie pewnych różnic w danych pomiarowych pochodzących ze stacji pomiarowych o różnych lokalizacjach. Sugeruje to, że, pomimo przebycia ogromnej odległości od źródła skażenia do punktu pomiarowego, masy powietrza nie uległy pełnej homogenizacji, zachowując częściowo, uformowany w pobliżu źródła, przestrzenny rozkład zanieczyszczeń.

Na rysunku 3 przedstawiono stosunek aktywności ^{134}Cs i ^{137}Cs bezpośrednio po awarii w Fukushima. Mediana tego stosunku, w zależności od miejsca pomiaru, mieściła się w zakresie od 1,2 do 1,5. Dla porównania w okresie po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu stosunek aktywności ^{134}Cs do ^{137}Cs w opadzie radioaktywnym wyniósł 0,555 [9].

Rys. 3. Stosunek izotopowy ^{134}Cs i ^{137}Cs po awarii w FukushimaFig. 3. Isotopic ratio of ^{134}Cs and ^{137}Cs after the accident in Fukushima

W tabeli 1 przedstawiono względne wzrosty aktywności ^{137}Cs i ^{131}I pomiędzy 14 a 30 marca 2011 r. w różnych punktach pomiarowych.

Wzrost aktywności ^{137}Cs i ^{131}I pomiędzy 14 a 30 marca 2011 r.

Tabela 1

The increase in ^{137}Cs and ^{131}I activity concentrations in time period from 14 to 30 March 2011

Table 1

Miasto	Izotop	Wzrost aktywności
Katowice	^{137}Cs	$1,6 \cdot 10^2$
Katowice	^{131}I	$4,6 \cdot 10^3$
Kraków	^{137}Cs	$1,9 \cdot 10^2$
Kraków	^{131}I	$4,6 \cdot 10^3$
Warszawa	^{137}Cs	$2,7 \cdot 10^2$
Warszawa	^{131}I	$4,5 \cdot 10^3$
Wrocław	^{137}Cs	$1,7 \cdot 10^2$
Wrocław	^{131}I	$2,1 \cdot 10^3$

Dane przedstawione w tabeli 1 pokazują na znaczny wzrost aktywności ^{137}Cs i ^{131}I pomiędzy 14 a 30 marca 2011 r. Choć w niektórych punktach pomiarowych stwierdzono ponad 1000-krotny wzrost aktywności radionuklidów, to jednak należy pamiętać, że zmiany te były dziesiątki tysięcy razy mniejsze niż zaobserwowane po awarii elektrowni

atomowej w Czarnobylu. Dla porównania, w czasie przemieszczania się nad terytorium naszego kraju chmury radioaktywnej po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu rejestrowane były aktywności ^{131}I dochodzące do 200 Bq/m^3 . Natomiast najwyższe odnotowane w prezentowanych stacjach pomiarowych aktywności ^{131}I nie przekroczyły $4,7 \text{ mBq/m}^3$.

Ze względu na ważną rolę jodu w funkcjonowaniu organizmu człowieka ^{131}I może stwarzać szczególne zagrożenie. W tabeli 2 przedstawiono udział ^{131}I w otrzymanej dawce po awarii w Fukushima.

Tabela 2

Udział ^{131}I w otrzymanej dawce po awarii w Fukushima

Table 2

Participation of ^{131}I in absorbed dose after the accident in Fukushima

Miasto	Aktywność [mBq/m ³]	Dawka [mSv]
Katowice	4,6	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Kraków	4,7	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Warszawa	3,7	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Wrocław	2,7	$0,8 \cdot 10^{-5}$

Zamieszczone w tabeli aktywności są maksymalnymi, jakie zaobserwowano po awarii w Fukushima w prezentowanych stacjach pomiarowych. Najwyższą aktywność ^{131}I , wynoszącą $4,7 \text{ mBq/m}^3$, odnotowano w stacji ASS-500 w Krakowie. Taka aktywność powoduje pochłonięcie dawki około $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ mSv}$. Gdyby człowiek oddychał takim powietrzem przez cały rok, to otrzymałby dawkę $0,0063 \text{ mSv}$, co jest około 380 razy mniej niż średnia roczna dawka otrzymywana z naturalnych źródeł promieniowania ($2,4 \text{ mSv}$).

Podsumowanie i wnioski

W środę 23 marca 2011 r. nad Polskę dotarły pierwsze masy powietrza z elektrowni Fukushima, zawierające niewielkie ilości radionuklidów pochodzenia sztucznego (głównie ^{131}I i ^{137}Cs).

Ze względu na znaczną odległość uszkodzonej elektrowni od granic Polski (ok. 8500 km) pył promieniotwórczy znajdujący się w powietrzu przemieszczającym się nad naszym krajem uległ dużemu rozrzedzeniu. Można było jednak zaobserwować pewne niejednorodności skażenia powietrza w różnych regionach Polski.

Od 1 kwietnia 2011 r. aktywności izotopów promieniotwórczych zaczęły zmniejszać się, co mogło oznaczać, że powietrze z największą ilością substancji promieniotwórczych opuściło terytorium naszego kraju.

Zmierzona aktywność izotopów promieniotwórczych w powietrzu była dziesiątki tysięcy razy mniejsza niż w czasie awarii elektrowni atomowej w Czarnobylu. Natomiast najwyższe odnotowane aktywności ^{131}I w prezentowanych stacjach pomiarowych nie przekroczyły $4,7 \text{ mBq/m}^3$, co po przeliczeniu stanowiło dawkę promieniowania wynoszącą około $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ mSv}$. Oddychanie tak skażonym powietrzem naraża na pochłonięcie dawki promieniowania prawie 400 razy mniejszej od dawki pochłanianej ze źródeł naturalnych.

W dniu 1 listopada 2011 r. serwis Nucnet poinformował, że ukończono montaż konstrukcji przykrywającej budynek reaktora nr 1. Budowa podobnych konstrukcji dla bloków nr 3 i 4 rozpocznie się w lecie 2012 r. po uprzątnięciu gruzów zalegających górne piętra uszkodzonych budynków [10].

Literatura

- [1] Chmielewski J.: *Dramat Fukushima*. Młody Technik, 2011, **10**, 16-21.
- [2] Qiao F., Wang G., Zhao W., Zhao J., Dai D., Song Y. i Song Z.: *Predicting the spread of nuclear radiation from the damaged Fukushima Nuclear Power Plant*. Chinese Sci. Bull., 2011, **56**(18), 1890-1896, DOI: 10.1007/s11434-011-4513-0.
- [3] Manolopoulou M., Vagena E., Stoulos S., Ioannidou A. i Papastefanou C.: *Radioiodine and radiocesium in Thessaloniki, Northern Greece due to the Fukushima nuclear accident*. J. Environ. Radioact., 2011, **102**, 796-797, DOI:10.1016/j.jenvrad.2011.04.010.
- [4] Bowyer T.W., Biegalski S.R., Cooper M., Eslinger P.W., Haa, D., Hayes J.C., Miley H.S., Strom D.J. i Woods V.: *Elevated radionuclides detected remotely following the Fukushima nuclear accident*. J. Environ. Radioact., 2011, **102**, 681-687.
- [5] EPA, March 22, 2011. Statement on Recent Findings in West Coast States and Hawaii. <http://www.epa.gov/japan2011/>.
- [6] IAEA, 2011. Fukushima Nuclear Accident: An Update Log. Daily Edition. 11-31 March, 2011.
- [7] Komunikaty specjalne Państwowej Agencji Atomistyki z 25 i 26 marca 2011 r. <http://www.paa.gov.pl>.
- [8] Isajenko K.: *"Japońska" chmura nad Polską*, <http://clor.waw.pl/clor/aktualnosci/a011.htm>.
- [9] Mietelski J.W.: *Skażenia promieniotwórcze grzybów*. Postępy Techn. Jądr., 1995, **38**(3), 15-30.
- [10] <http://www.worldnuclear.org/>.

THE ASSESSMENT OF RADIATION SITUATION IN POLAND AFTER THE FUKUSHIMA NUCLEAR POWER PLANT BREAKDOWN

Chair of Biotechnology and Molecular Biology, Opole University

Abstract: A powerful earthquake of 9 degrees on the Richter scale struck off the eastern coast of Japan's Honshu island on Friday, 11th March 2011. It has been the third largest earthquake that struck the Earth since such phenomena started to be recorded. The epicentre of the earthquake was located approximately 130 km from the island. Its consequence was the formation of a giant tsunami wave of height exceeding 10 metres. The earthquake followed by the devastating activity of tsunami wave led in consequence to a breakdown at the Japanese Fukushima I (Fukushima Dai-ichi) nuclear power plant, consisting of 6 *boiling water reactors* (BWR). It was one of the worst breakdowns in the history of global nuclear power industry. It was rated at level 7 (on the seven-level INES scale), the same as the Chernobyl disaster in April 1986. The first air layers from above the Fukushima power plant were observed over Poland already on Wednesday (23rd March 2011). They contained small amounts of artificial radionuclides, mainly radioactive ¹³¹I, but also ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs.

Keywords: Fukushima, reactor, radionuclides