

Czarnobyl 25 lat później

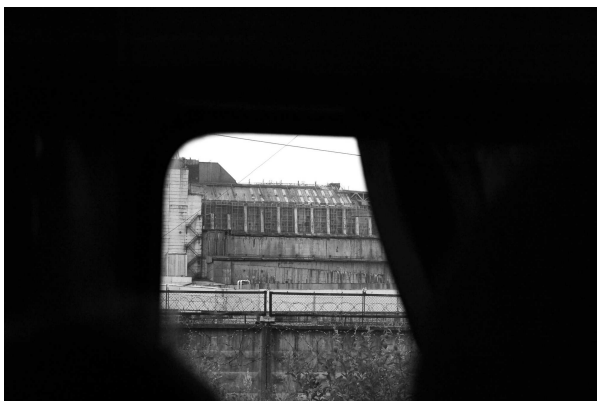
Pomiar promieniotwórczości gleby w mieście Prypeć

Władysław SURAŁA*, Piotr BRZEZIŃSKI*,
Kornel BIERNACKI**, Kacper BIENKOWSKI**

zdjęcia w tekście i na okładce: Weronika WOLSZCZAK



Fot. 1. Ekspedycja przy reaktorze nr 4.



Fot. 2. Widok hali reaktora.



Fot. 3. Wrak autobusu na składowisku sprzętu, używanego do likwidacji skutków awarii, nieopodal składowiska odpadów w Burakliwce.

O działalności Studenckiego Koła Fizyki więcej można dowiedzieć się na stronie skfiz.fuw.edu.pl.

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Fizyki

**Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii

Trochę historii. W dniu 26 kwietnia 1986 roku w reaktorze w czwartym bloku elektrowni jądrowej w Czarnobylu nastąpił wybuch. Podczas testów systemów bezpieczeństwa reaktora (sic!) niekompetentna obsługa doprowadziła do niekontrolowanego, lawinowego wzrostu jego mocy. Woda chłodząca odparowała i rozerwała osłonę reaktora; następnie wybuch uwolnionego z wody wodoru rozsadził dach budynku. Fragmenty grafitowego rdzenia oraz paliwa jądrowego wydostały się na zewnątrz, stając się zarzewiem pożaru. Do atmosfery dostała się część paliwa jądrowego oraz pary radioaktywnego ceszu i jodu.

Wokół reaktora bezpośrednio po wybuchu wyznaczono strefę bezpieczeństwa o promieniu 30 km. Przesiedlono ponad 200 tysięcy osób, w tym całą ludność pięćdziesięciotysięcznego miasta Prypeć, odległego o 4 km od miejsca awarii. Do dziś teren ten pozostaje strefą zamkniętą, a dostanie się tam wiąże się z koniecznością uzyskania specjalnych pozwoleń, mimo że wizyta taka obecnie nie jest ryzykowna.

Wybuch w Czarnobylu był największą katastrofą w historii cywilnej energetyki jądrowej i jedyną, w której zginęli ludzie. Niewątpliwie z tego względu stał się on symbolem niebezpieczeństw związanych z wykorzystaniem energii jądrowej – mimo że będący jego wynikiem opad promieniotwórczy był wyraźnie mniejszy niż ten spowodowany testami wojskowych głowic nuklearnych w latach 50. i 60. XX wieku. Do dziś wiele publicznych wypowiedzi o wybuchu w Czarnobylu trudno nazwać racjonalnymi i opartymi na faktach, a skalę psychozy może ilustrować fakt, że mniej więcej w tym samym czasie magnetyczny rezonans jądrowy zaczęto powszechnie nazywać obrazowaniem za pomocą rezonansu magnetycznego, aby nie wywoływać złych skojarzeń.

Ekspedycja. W dniach 27 lipca – 5 sierpnia 2011 roku kierowana przez Arkadiusza Trawińskiego ze Studenckiego Koła Fizyki grupa studentów Uniwersytetu Warszawskiego odbyła pod patronatem Polskiego Towarzystwa Nukleonowego ekspedycję naukową do zamkniętej strefy wokół Czarnobylskiej Elektrowni Jądrowej. W ramach ekspedycji przeprowadzono interdyscyplinarne badania z różnych dziedzin: od fizyki, przez biologię i chemię, aż po psychologię. Zadania badawcze obejmowały m.in. pomiary radioaktywności w strefie zamkniętej, badanie zawartości izotopu ^{137}Cs w mchu, badanie aktywności promieniotwórczej gleby i żywności, poszukiwanie trwałych zmian w organizmach żywych, takich jak ślimaki, oraz badania społeczne za pomocą specjalnie w tym celu przygotowanych ankiet.

Zanim przystąpimy do omawiania naszego zadania, chcielibyśmy się podzielić z Czytelnikami ogólnymi spostrzeżeniami ze strefy zamkniętej. Prypeć jest obecnie miastem całkowicie opuszczonym i bardzo zdewastowanym. W zabudowanych miejscach wyglądem przypomina wizje grafików projektujących gry komputerowe, których akcja dzieje się w epoce ponuklearnej. Wydaje się, że czas zupełnie się zatrzymał – na ulicy można natknąć się na świadectwa uczniów i dzienniki szkolne z roku 1986, w dużym sklepie straszyc potrafią dawno rozbite telewizory. Wszystkie przedmioty



Fot. 4. Znak drogowy w pobliżu opuszczonej i zrównanej z ziemią wioski Kopaczi.



Fot. 5. Dozometr RKP-1-2.



Fot. 6. Sklep w Prypeci przy ulicy Hydroprojektowej.



Fot. 7. Szpital w Prypeci.

mające jakąkolwiek wartość zostały dawno wywiezione. W lecie miasto wygląda, jakby budynki wzniesione zostały w samym środku lasu – drzewa nie rosną tylko tam, gdzie kiedyś była betonowa wylewka. Widząc młodą brzozę, rosnącą w podłodze hallu ósmego piętra hotelu „Polesie”, można odnieść wrażenie, że siły natury próbują odebrać ten teren cywilizacji. Życie w strefie zamkniętej – poza ludzkim – po prostu kwitnie, chociaż żądni widoków ośmionogich myszy czy świecących grzybów będą z pewnością niezmiernie zawiedzeni. Ta mieszanka niszczących wytworów człowieka i witalności przyrody powoduje, że wizyta w sąsiedztwie elektrowni w Czarnobylu jest przeżyciem trudnym do opisanego – to trzeba po prostu zobaczyć samemu. Nietrudno jest zarazem znaleźć widoki, które, uwiecznione na zdjęciach, będą stanowiły albo niezwykle emocjonalny przekaz wyolbrzymiający ogrom katastrofy, albo, zgoła przeciwnie, argument za tym, że normalne życie w strefie zamkniętej jest w zasadzie możliwe.

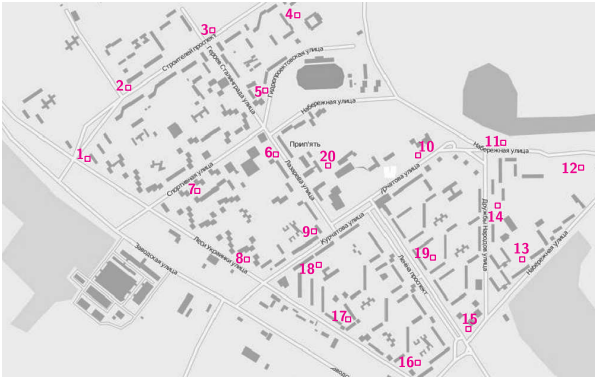
Podczas pobytu w strefie zamkniętej naszym konkretnym zadaniem był pomiar promieniotwórczości gleby w sąsiedztwie dawnej elektrowni jądrowej. To proste doświadczenie pozwoliło nam przekonać się na własne oczy o obecnej skali skażenia radioaktywnego, będącego wynikiem wybuchu w elektrowni jądrowej 25 lat wcześniej. Istotne jest dla nas również to, że dzięki wykonaniu tego i innych zadań możemy dorzucić – na miarę naszych skromnych możliwości – kilka faktów do toczącej się od lat dyskusji o bezpieczeństwie energetyki jądrowej. Temat ten jest bardzo kontrowersyjny, a w mediach bardzo często brakuje rzetelnych informacji dotyczących poruszanej poniżej tematyki.

Przyrządy pomiarowe. W badaniach wykorzystaliśmy dozometr RKP-1-2, przedstawiony na fotografii 5. Na dozometr założona była metalowa osłona praktycznie nieprzepuszczająca promieniowania alfa i obniżająca dziesięciokrotnie natężenie promieniowania beta. Dzięki temu wynik wskazywany przez dozometr odpowiadał przede wszystkim promieniowaniu gamma (pochodzącemu z izotopu ^{137}Cs). Moc dawki pochłoniętej mierzona była w mikrogrejach na godzinę ($\mu\text{Gy}/\text{h}$). Gdyby mierzone przez nas promieniowanie było wyłącznie promieniowaniem gamma, przelicznik z grejów na siwerty wyniósłby 1.

Zarówno grej (Gy), jak i siwert (Sv) są równe J/kg. W grejach mierzy się ilość promieniowania pochłoniętego przez dany materiał, siwert zaś jest jednostką biologicznego równoważnika dawki, tj. określa ilość promieniowania gamma powodującego skutki równoważne danemu rodzajowi promieniowania. Dla promieniowania beta przelicznik z Gy na Sv jest równy jedności, dla promieniowania alfa równoważnik dawki jest dwudziestokrotnie większy niż dawka pochłonięta.

Chociaż zbadanie składu promieniowania jonizującego, docierającego do dozymetru, było poza naszym zasięgiem, zastosowanie osłony pozwala nam przyjąć, że dla naszego przyrządu odpowiedni przelicznik jest rzędu jedności.

Pomiary. W glebie na terenie strefy zamkniętej można spodziewać się zwiększonej w porównaniu z naturalną zawartości izotopów promieniotwórczych. Ich obecność jest wynikiem opadu radioaktywnego wywołanego awarią, a także wtórnego skażenia spowodowanego np. przepływem skażonej wody. Źródłem tej składowej promieniowania są izotopy ^{137}Cs oraz ^{90}Sr o czasie połowicznego rozpadu rzędu 30 lat – wchłaniane wraz z wodą mogą powodować również skażenie flory i fauny badanych terenów. Do pomiarów użyto sondy geologicznej. Dla każdego punktu pomiarowego wywiercono siedem otworów leżących w wierzchołkach sześciokąta foremnego wpisanego w okrąg o promieniu 1 m oraz w środku tego okręgu (współrzędne tego punktu określały stanowisko pomiarowe). Dokładnie mieszając całą głęboką ze wszystkich odwiertów, formowaliśmy z niej grubą



Mapa punktów pomiarowych, kwadraty wyznaczające miejsce pomiaru mają bok około 30 m.



Fot. 8. Wagon kolejowy na opuszczonej stacji Janów, wykorzystany do ewakuacji mieszkańców Prypeci.



Fot. 9. Klatka schodowa jednego z budynków mieszkalnych w Prypeci.



Fot. 10. Sztuczny zalew, skąd pobierano wodę do chłodzenia elektrowni w Czarnobylu.

warstwę o powierzchni odpowiadającą powierzchni pomiarowej dozymetru RKP-1-2, a następnie zbliżyliśmy do niej dozymetr na odległość około 1 cm i dokonywaliśmy pomiaru. Ten sposób pomiaru gwarantował dobre uśrednienie wartości mocy dawki pochłoniętej w danym punkcie pomiarowym. Następnie zapisywana była dokładna długość i szerokość geograficzna punktu pomiarowego przy użyciu systemu GPS. Dokładne wartości pomiarów i ich współrzędne geograficzne zawarte są w tabeli. Niepewność pomiaru wynosiła 1 $\mu\text{Gy/h}$ (niepewność systematyczna radiometru). Dokładność użytego systemu GPS wynosi jedną sekundę kątową.

N	E	pomiar [$\mu\text{Gy/h}$]	N	E	pomiar [$\mu\text{Gy/h}$]
51°24'26"	30°2'24"	7	51°24'28"	30°3'55"	6
51°24'35"	30°2'34"	5	51°24'24"	30°4'10"	20
51°24'43"	30°2'53"	11	51°24'11"	30°4'2"	15
51°24'45"	30°3'10"	8	51°24'17"	30°3'55"	7
51°24'34"	30°3'3"	16	51°24'4"	30°3'50"	8
51°24'26"	30°3'5"	14	51°23'57"	30°3'36"	13
51°24'21"	30°2'48"	17	51°24'3"	30°3'22"	10
51°24'12"	30°3'0"	6	51°24'10"	30°3'14"	14
51°24'15"	30°3'14"	7	51°24'11"	30°3'41"	11
51°24'27"	30°3'40"	10	51°24'26"	30°3'16"	4

Współrzędne i wartości pomiarów mocy dawki pochłoniętej.

Dyskusja wyników. Średnia dawka pochłonięta, obliczona z pomiarów, wynosi $10 \pm 4 \mu\text{Gy/h}$. Poziom skażenia gleby pod powierzchnią jest wyższy niż na powierzchni (w zakresie jednego rzędu wielkości), jednak moc dawki pochłoniętej promieniowania jest porównywalna z występującą w Warszawie i na pewno mniejsza niż w wielu miejscach na świecie, np. w Finlandii czy Iranie przy strukturach geologicznych zawierających duże ilości granitu. Zróżnicowanie wyników pomiarów jest najprawdopodobniej spowodowane różnym stopniem wypłukania radioaktywnych izotopów (cez jest rozpuszczalny w wodzie) oraz nierównomiernym opadem po awarii elektrowni. Przeliczając moc dawki pochłoniętej z mSv/rok na $\mu\text{Sv/h}$ i przyjmując, że przelicznik z Sv na Gy jest rzędu jedności, zauważamy, że promieniowanie w Prypeci przekracza średnią na powierzchni Ziemi (ok. 2,5 mSv/rok) o co najmniej rząd wielkości [1].

Nie ma jednak wielkiego sensu bezpośrednie porównywanie naszych wyników pomiaru średniej dawki pochłoniętej do średniego równoważnika dawki na powierzchni Ziemi. Choć średni udział dawki promieniowania pochodzącej od skorupy ziemskiej dla większości miejsc na Ziemi waha się od 0,3 do 0,6 mSv na rok, znanych jest wiele obszarów, w których wartość ta jest tysiącrotnie większa [1]. Pomimo to w obszarach tych nie notuje się zwiększonej zapadalności na choroby nowotworowe czy większej częstości mutacji komórek. Oznacza to, że według naszych pomiarów, zbieżnych z wynikami innych badaczy [2], teren miasta Prypeć nie jest miejscem, gdzie promieniowanie jonizujące może w jakikolwiek sposób być niebezpieczne dla zdrowia osób tam przebywających, przy zachowaniu prostych środków bezpieczeństwa, np. niezbliżaniu się do szczególnie aktywnych przedmiotów (pozostałości sprzętu z akcji ratunkowej, ubiorów strażaków).

Literatura

- [1] Ludwik Dobrzyński, *Podstawy fizyczne medycyny nuklearnej*, Instytut Problemów Jądrowych, Otwock-Świerk, 2009.
- [2] Albert Gattner, *Katastrofa w Czarnobylu, po dwudziestu latach: stan miejsca i ludzi, konsekwencje dla rozwoju energetyki i ekologii, postrzeganie społeczne*, Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2009.