

Polon-210 lęk i przezorność

Paweł Krajewski

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Brytyjska prasa podała, że w dniu 24.11.2006 były oficer rosyjskich służb specjalnych Aleksander Litwinienko zmarł w londyńskim szpitalu, w wyniku podania przez nieznaną sprawców bardzo dużej aktywności izotopu promieniotwórczego Polonu-210. Ślady tej substancji wykryto w kilku miejscach Londynu, m.in. w hotelu oraz w samolotach British Airways latających do Moskwy a także w budynku ambasady brytyjskiej w Moskwie. Poczucie zagrożenia i lęku wśród opinii publicznej podsyłała informacja podana na początku grudnia przez francuską Komisję Niezależnych Badań i Informacji o Radioaktywności (CRIIRAD), że Polon - 210 jest dostępny w "wolnej sprzedaży" i może go nabyć każda osoba mieszkająca w Stanach Zjednoczonych za kwotę 69 dolarów zamawiając drogą internetową w firmie United Nuclear Scientific Supplies w dawce 3700 bekereli. Narastającą atmosferę strachu i obaw wokół polonu w pewnym stopniu rozładowały komunikaty kompetentnych organów, które pojawiły się m.in. na stronach internetowych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji¹, Państwowej Agencji Atomistyki² oraz Głównego Inspektoratu Sanitarnego³, że *"obecnie nie występuje zagrożenie dla zdrowia obywateli UE, w tym Polaki i nie ma potrzeby podejmowania specjalnych działań w tej sprawie"* oraz krótkie wypowiedzi specjalistów ochrony radiologicznej w programach informacyjnych TV. Celem artykułu jest szersze omówienie istotnych właściwości Polonu-210 oraz wyjaśnienie, w kontekście ostatnich wydarzeń, zagrożenia jakie stwarza ten izotop dla zdrowia i życia człowieka.

Właściwości Polonu-210

Polon 210 (Po-210) jest emitерem promieniowania alfa⁴ o okresie połowicznego rozpadu 138 dni (co oznacza, że jego aktywność będzie się zmniejszać do połowy co 138 dni). Określenie „aktywność” odnosi się do właściwości substancji promieniotwórczej i mierzy się w bekerelach - 1 bekerel (Bq) to aktywność substancji, w której zachodzi jedna przemiana jądra w ciągu 1 sekundy. Bekerel jest jednostką bardzo małą, dlatego używa się często jednostek pochodnych: kilobekerela (1kBq=1000 Bq), megabekerela (1MBq= 1 000 000 Bq) lub gigabekerela (1GBq= 1 000 000 000 Bq). Należy zauważyć, że Bq nie jest miarą masy (tzn. g, kg), dlatego pytanie o dawkę promieniowania nie jest prostym pytaniem o wagę substancji. Polon jest pierwiastkiem łatwo topliwym (temperatura

¹ <http://www.mswia.gov.pl/porta1/pl/2/4285/>

² <http://www.paa.gov.pl/>

³ http://www.gis.gov.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=366&Itemid=50

⁴ rodzaj promieniowania jonizującego emitującego cząstki alfa,

promieniowanie jonizujące- posiadające zdolność tworzenia w ośrodku elektrycznie obojętnym - par jonów opatrzonych ładunkami elektrycznymi dodatnimi i ujemnymi

topnienia $\approx 250^{\circ}\text{C}$), ponad to jest łatwo lotny, w związku z tym jest substancją niebezpieczną. Ma on podobne właściwości do selenu i teluru, znajdujących się w tej samej grupie, i tworzy związki, w których występuje na stopniach utlenienia II, IV i VI.

Aktywność właściwa

Polon-210 ma bardzo wysoką aktywność właściwą - 1 g czystego Po-210 ma aktywność około 166 500 GBq. Zatem jest to substancja, której niewielka wagowo, w istocie „niezauważalna” ilość zmieszana z napojem lub pożywieniem może stwarzać poważne zagrożenie dla zdrowia.

Gdzie można spotkać Polon- 210 ?

W przyrodzie polon występuje w rudach uranu jako produkt rozpadu promieniotwórczego w szeregu promieniotwórczym uranu U-238. W jednej tonie rudy znajduje się 0.064 mg (10,66 GBq) Polonu-210. Izotop ten występuje (w bardzo małych ilościach) w otoczeniu człowieka. M.in. znajduje się w tytoniu i dymie papierosowym⁵, w wodzie pitnej (około 0.5 mBq L^{-1}) i w produktach żywnościowych ($20 \div 200 \text{ mBq kg}^{-1}$), w mięsie ryb jest go więcej około 3000 mBq kg^{-1}). Ocenia się, że po wypaleniu paczki papierosów do układu oddechowego palacza dostaje się około 100 mBq (milibekereli) Po-210, co daje około 40 Bq na rok, również około 40 Bq Polonu-210 dostaje się w ciągu roku z pożywieniem. Niskie stężenia Po-210 występuje w ciele człowieka łącznie około 6.8 Bq (4.8 Bq w kościach i 2 Bq w tkankach miękkich). Ponad to Po-210, jako produkt rozpadu radonu występuje w powietrzu, a także znajduje się w niektórych urządzeniach przemysłowych jak w szczotki antystatyczne czy w Radioizotopowych bateriach termoelektrycznych⁶ (ang. Radioisotope thermoelectric generator, RTG).

Narażenie zewnętrzne i wewnętrzne

Po-210 jest emitерem promieniowania alfa⁷ o energii 5.407 MeV, a to oznacza, że gdy izotop ten znajduje się na zewnątrz ciała człowieka, jego promieniowanie jest całkowicie niegroźne. Cząstki alfa mają zasięg rzędu paru centymetrów i zatrzymywane są nawet przez cieką warstwę papieru, ubrania a nawet naskórek. Z tego względu bardzo trudne jest wykrycie Po-210 zwłaszcza, gdy izotop ten znajduje się w naczyniu, jest przykryty lub wymieszany z inną substancją. Proces oznaczenia Po-

⁵ Chociaż w tytoniu jest wiele izotopów radioaktywnych, do dymu przedostaje się tylko polon - ^{210}Po - i jego prekursor, ołów ^{210}Pb . Ponieważ temperatura żarzącego się tytoniu w trakcie palenia papierosów jest znacznie wyższa od temperatury sublimacji ołowiu oraz polonu, więc oba radionuklidy ulegają prawie całkowitemu odparowaniu z tytoniu do dymu.

⁶ Baterie tego typu są używane głównie jako źródła zasilania w satelitach i urządzeniach pracujących zdalnie (boje, latarnie morskie itp.). Po-210 ze względu na krótki okres połowicznego rozpadu stosowany był w starszych konstrukcjach, obecnie stosuje się pluton Pu-238 lub stront Sr-90

⁷ Po-210 ma również bardzo słabe promieniowanie gamma 800 keV

210 wymaga obróbki chemicznej próbki (np. próbki moczu) następnie elektrodepozycji na metalowym dysku i pomiarze promieniowania alfa przy użyciu czulej aparatury spektrometrycznej)⁸

Natomiast zagrożenie radiacyjne pojawia się wówczas gdy Po-210 dostanie się do płuc, przewodu pokarmowego lub otwartych ran, ponieważ wtedy izotop ten przedostaje się łatwo do krwi oraz płynów ustrojowych a wówczas możliwe jest oddziaływanie cząstek alfa na określone komórki w ciele (przede wszystkim komórki tworzące tkankę płuc, krwi, śledziony, nerek, wątroby i szpiku kostnego). Rozmieszczenie Po-210 będzie zależeć od jego drogi wejścia do organizmu, ale również od formy fizycznej i związku chemicznego izotopu. Na przykład, od stopnia rozpuszczalności jego formy chemicznej będzie zależeć czas pozostawania w organizmie człowieka, szczególnie dotyczy to drogi oddechowej.

Aktywność a dawka promieniowania

W większości informacji prasowych dotyczących otrucia Aleksandra Litwinienki, przewijało się określenie „silna lub śmiertelna dawka Polonu-210”. W potocznym znaczeniu słowa, „dawka” oznacza zwykle ilość substancji (trucizny) wyrażonej np. w gramach, a dla twórcy oraz dla odbiorcy tego przekazu istotny był skutek, zatem sugerowano, że „dano czegoś tak dużo aż otruto”. Jednak pojęcie „dawka promieniowania” wymaga pewnych uściśleń, ponieważ jest to wielkość używana w ochronie radiacyjnej dla oceny skutków oddziaływania promieniowania jonizującego z żywą materią. Upraszczając⁹ można przyjąć, że „dawkę promieniowania” określa się jako ilość energii wyrażonej w dżulach (J), energia ta powstaje w wyniku oddziaływania promieniowania w 1 kg masy materii. Jednostką „dawki promieniowania” jest grej (1 Gy = 1J/kg). Grej jest jednostką dużą, dlatego używa się często mniejszych jednostek pochodnych: miligreja (1mGy = 0.001 Gy) oraz mikrogreja (1 µGy= 0.000001 Gy). Małe dawki promieniowania jonizującego (na poziomie około 3 mGy na rok) towarzyszą nam przez całe życie (mówi się o tzw. promieniowaniu tła, radonie czy prześwietleniach rentgenowskich) i kojarzy się je zwykle z mniejszym lub większym prawdopodobieństwem zachorowania na raka (obok wymienianych innych znacznie groźniejszych czynników rakotwórczych). Dopiero przy dawkach promieniowania tysiąc razy większych i skumulowanych w czasie kilku dni lub tygodni ujawnia się tzw. „deterministyczny” efekt promieniowania jonizującego w postaci widocznych zniszczeń w obrębie napromieniowanych tkanek, zaburzeń lub zatrzymania pracy istotnych organów, co może prowadzić nawet do śmierci, chociaż kontrolowane i ograniczone do małego obszaru działanie wysokich dawek promieniowania jest szeroko wykorzystywane w medycynie do niszczenia komórek nowotworowych.

⁸ Tzw. Spektrometr alfa z detektorem krzemowym

⁹ Pominięto pojęcie dawki skutecznej wyrażanej w Sv (sivertach)

Jaka jest dawka śmiertelna?

W niektórych publikacjach, które pojawiły się wkrótce po doniesieniach o śmierci Aleksandra Litwinienko, podejmowano próby oceny aktywności Po-210 prowadzącej do tak tragicznego skutku. Przy założeniu równomiernego rozkładu promieniowania na całe ciało, uważa się dawkę około 5 Gy za śmiertelną, o ile organizm otrzymał ją w krótkim czasie. Taką dawkę promieniowania po okresie mniej więcej roku¹⁰ dałaby aktywność Polonu-210 rzędu 4 MBq, wnikając do organizmu drogą pokarmową. Zważywszy że efekt ostrej choroby popromiennej ujawnił się u Aleksandra Litwinienko już po paru dniach oraz biorąc pod uwagę biologiczny okres połowicznego zaniku polonu w organizmie człowieka około 50 dni (uwzględniając rozpad promieniotwórczy, oznacza to że po roku aktywność tego izotopu w ciele człowieka spadnie tysiąckrotnie), aktywność Po-210 dająca taki skutek musiała by być odpowiednio 15 razy większa, czyli około 60 MBq. W innych oszacowaniach, gdy przyjmowano mniejszy współczynnik tzw. skuteczności biologicznej promieniowania alfa (4 zamiast 20), dawkę ze skutkiem śmiertelnym równą 10 Gy, wniknięcie Po-210 do organizmu człowieka drogą oddechową, różne związki chemiczne tego izotopu (tzn. tlenek lub azotan) oraz mniejszy biologiczny okres połowicznego zaniku polonu (równy 20 dni), otrzymywano aktywność w zakresie od 100 do 400 MBq. Aktywność 400 MBq to tylko około 2.4 µg (mikrograma – jedna milionowa grama) Polonu 210. Należy jednak podkreślić, że aktywność dostępnych komercyjnie źródeł kalibracyjnych Po-210 (3700 Bq) jest ponad 10 000 razy mniejsza. Połknięcie takiej ilości Polonu – 210, zakładając, że podjęto by zmuszony (parodniowy) proces laboratoryjny oddzielenia izotopu od matrycy, skutkowało by roczną dawką promieniowania około 4 mGy, czyli dawką porównywalną z dawką jaką otrzymuje przeciętny mieszkaniec Polski od źródeł naturalnych (3,5 mGy).

Literatura

1. P. Cieśliński, Radioaktywny polon można kupić w Internecie, Gazeta Wyborcza, 2006-12-07, <http://www.gazetawyborcza.pl/1,75476,3776578.html>.
2. Pietrzak-Flis, E. Chrzanowski, S. Dembińska, Intake of ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po with food in Poland, The Science of the Total Environment 2003 (1997) 157-165.
3. B. Skwarzec, Radioaktywne papierosy, Wiedza i Życie, nr 1/2001
4. Ionactive Consulting, Polonium-210 Poisoning, http://www.ionactive.co.uk/news_article.html?n=42, 2006.

¹⁰ Współczynnik dawka/wchłonięcie wg. BASIC Safety Standard 115 wynosi $1,20 \times 10^{-6}$ Bq/Sv