

NAPROMIENIOWANY CZY PROMIENIOTWÓRCZY?

Wojciech Głuszewski

W Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie działa jedyna w kraju przemysłowa Stacja Sterylizacji Radiacyjnej. Źródłem promieniowania jonizującego jest akcelerator elektronów Elektronika 10/10 o energii wiązki 10 MeV i mocy 15 kW. Kolejny akcelerator o podobnej energii przyspieszanych elektronów i nieco większej mocy jest aktualnie w trakcie budowy. Stacja posiada Certyfikat Systemu Zarządzania w zakresie projektowania i przeprowadzania procesu napromieniowania wyrobów medycznych i świadczy usługi dla ponad 50 instytucji pracujących dla potrzeb Służby Zdrowia, wytwórców kosmetyków oraz produktów leczniczych. Z myślą o tych użytkownikach, jak również o przedsiębiorcach, którzy potencjalnie mogą stosować metody sterylizacji radiacyjnej IChTJ organizuje, co dwa lata specjalne kursy – Szkoły Sterylizacji Radiacyjnej. Ich podstawowym zadaniem jest przedstawienie obiektywnych informacji na temat różnych metod wyjaławiania w taki sposób, aby można było wybrać najlepsze rozwiązania z punktu widzenia konkretnych wyrobów. Najbliższa szkoła została zaplanowana na 17 i 18 października tego roku (www.ichtj.waw.pl). Organizatorzy podobnie jak w latach poprzednich pragną zwrócić się w równym stopniu do wytwórców wyrobów medycznych, produktów leczniczych, opakowań dla przemysłu farmaceutycznego i spożywczego, jak i lekarzy, farmaceutów, pracowników Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych oraz konserwatorów dzieł sztuki. Tematyka Szkoły obejmować będzie następujące zagadnienia: porównanie różnych metod sterylizacji; wykorzystanie wiązki elektronów i promieniowania gamma w sterylizacji; wpływ promieniowania na materię i organizmy żywe; mikrobiologiczne aspekty sterylizacji, badania jałowości, wyznaczanie dawki sterylizacyjnej; przegląd materiałów poddawanych sterylizacji radiacyjnej; dobra praktyka wytwarzania; analiza ryzyka; walidacja procesu sterylizacji radiacyjnej.

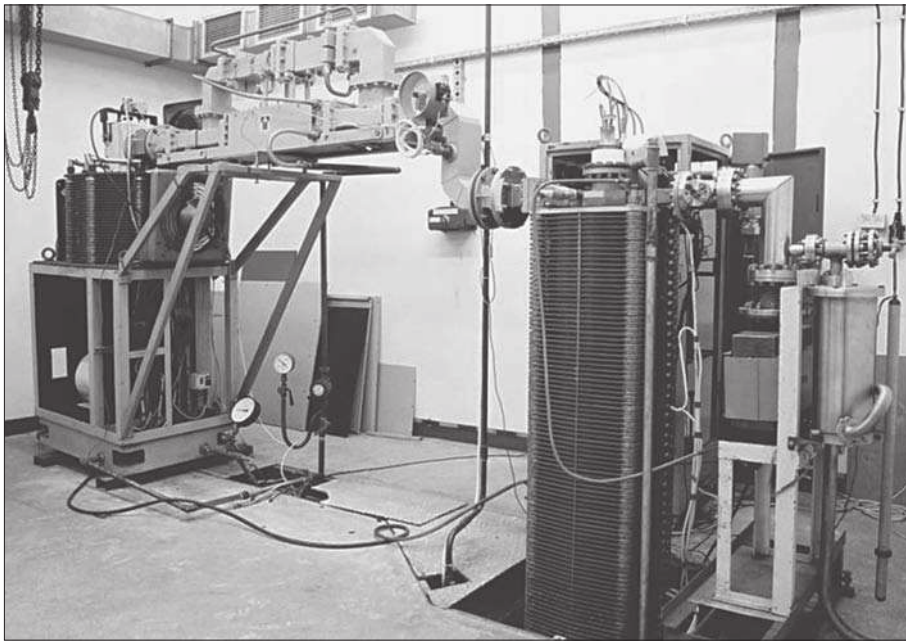
W tym kontekście warto zwrócić uwagę na kilka kwestii nomenklaturowych z zakresu chemii radiacyjnej, które mogą być interesujące dla szerszego ogółu czytelników. Często zwłaszcza w przekazach medialnych mylonych jest wiele pojęć dotyczących ogólnie pojętej atomistyki. Niewłaściwe użycie nie-

których zwrotów potrafi zupełnie wypaczyć sens wypowiedzi. Przykładowo większość dziennikarzy zamiennie stosuje zwrot napromieniowany i promieniotwórczy. Stwarza to wrażenie, że materiał napromieniowany staje się automatycznie radioaktywny. Jest to oczywistym nadużyciem. We wszystkich procesach wykorzystujących dla celów przemysłowych promieniowanie gamma lub wiązki elektronów zjawisko indukcji radionuklidów jest fizycznie niemożliwe. Teoretycznie przy bardzo dużych energiach elektronów prawdopodobne są reakcje fotojądrowe z udziałem niewielkiej ilości kwantów promieniowania rentgenowskiego powstających w wyniku hamowania elektronów. Ograniczenie energii wiązki elektronów w instalacjach przemysłowych do 10 MeV zupełnie eliminuje to zjawisko.

Tabela 1. Wymieniono pierwiastki, które mogą w wyniku reakcji fotojądrowych stać się radioaktywnymi. W praktyce wydajność konwersji wiązki elektronów na promieniowanie rentgenowskie o maksymalnej energii jest niezwykle mała. Dodatkowo okres półrozpadu jest bardzo krótki. Zakładając nawet, że w napromieniowywanym materiale znajduje się pewna ilość miedzi (wyrobów metalowych nie sterylizuje się promieniowaniem elektronowym) to i tak zagrożenie radiologiczne jest pomijalnie małe

Reakcja fotojądrowa	Próg energetyczny	Okres półrozpadu
$^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$	10,2 MeV	12 godzin
$^{63}\text{Cu}(\gamma, n)^{62}\text{Cu}$	10,9 MeV	10 minut
$^{64}\text{Zn}(\gamma, n)^{63}\text{Zn}$	13,8 MeV	9 minut
$^{16}\text{O}(\gamma, n)^{15}\text{O}$	16,3 MeV	2,1 minuty
$^{12}\text{C}(\gamma, n)^{11}\text{C}$	18,7 MeV	21 minut

Wiedza społeczeństwa o bezpieczeństwie wyrobów w istotny sposób wpływa na ich sprzedaż. Problem jest istotny biorąc pod uwagę, że powszechnie wykorzystuje się obróbkę radiacyjną do sterylizacji i higienizacji wyrobów medycznych, przeszczepów, farmaceutyków, kosmetyków, ziół i przypraw ziołowych. Media w istotny sposób kształtują opinię społeczeństwa na temat zagrożeń związanych z różnymi zastosowaniami technik jądrowych w przemyśle, medycynie, rolnictwie, ochronie środowiska, kosmonautyce, obronności i nauce.



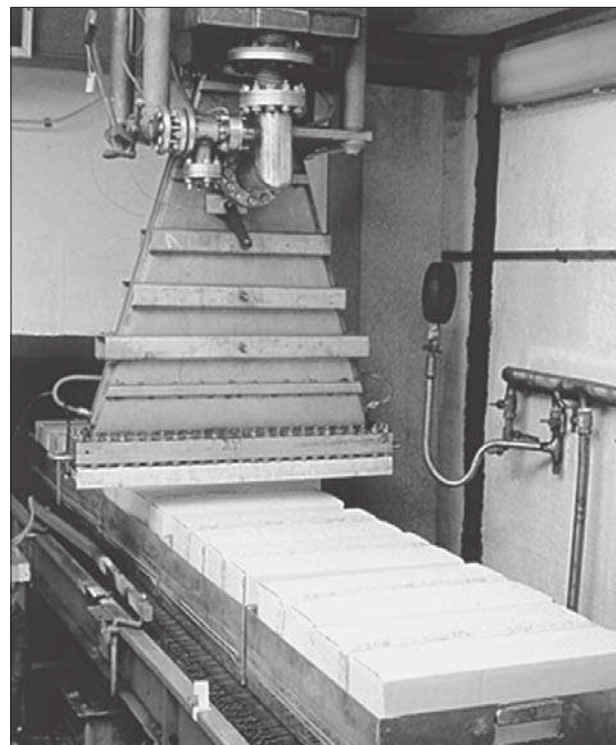
Fot. 1. Akcelerator elektronów Elektronika (10 MeV, 10 kW)

Co może przykładowo pomyśleć osoba, która przeczyta taką oto relację: „Inwazja napromieniowanych dzików – brzmi to jak tytuł, B-klasowego horroru, ale Niemcy mają z dzikami problem coraz poważniejszy? Głównie finansowy – czytamy w internetowym wydaniu „Der Spiegel”. I dalej „Dlaczego akurat dziki są szczególnie narażone na radiację? Bo uwielbiają grzyby i trufle – a te chłoną promieniowanie radioaktywne jak gąbka”. Jest to tylko jeden z przykładów źle napisanego lub, co bardziej prawdopodobne, niefortunnie przetłumaczonego komunikatu. Należy pamiętać, że suszone grzyby powszechnie higienizuje się radiacyjnie w celu wyeliminowania groźnych patogenów. Oznaczenie wyrobu jako napromieniowany elektronami w opisanym kontekście zupełnie zdezorientuje klienta. Niestety, wiele podobnych komentarzy ukazało się, np. w relacjach o awarii elektrowni jądrowej w Fukushima. Informowały one, np. o napromieniowanych grzybach, czy ryżu, które dotarły do Europy. Po takiej lekturze przeciętny obywatel będzie najprawdopodobniej przekonany, że materiały lub żywność wyjaławiane radiacyjnie, (czyli napromieniowane) są radioaktywne. Większość zapewne nie zechce ryzykować i po prostu zrezygnuje z zakupu. Konsument nie będąc pewnym woli często z ostrożności kupić wyrób nienapromieniowany. Należy również zrozumieć przedsiębiorców, którzy w dobrze rozumianym interesie nabywców wyjaławiają (płacąc za usługę napromieniowania spore pieniądze) wyroby zgodnie z zaleceniami organów nadzorujących higienę, a którzy nie chcą o tym informować na opakowaniu. Obawiają się, że klienci mogą to źle zrozumieć, sądząc, że kupują wyrób radioaktywny. Jak widać

niefortunnie sformułowana treść wprowadza w gruncie rzeczy dezinformację. Efekt jest taki, że naraża się w ten sposób producentów przykładowych suszonych grzybów na straty, a konsumentów niehigienizowanych wyrobów na zakażenia bakteryjne.

Wracając jeszcze raz do zacytowanego „niusia”, który powtarzany był także w stacjach radiowych i telewizyjnych warto jeszcze raz wyjaśnić, że mięso dzików nie spełniało w tym przypadku bardzo rygorystycznych norm z powodu skażenia (zabrudzenia) radionuklidami, a nie z powodu napromieniowania.

Przeciwie napromieniowuje się niekiedy zamrożone bloki mięsa drobiowego w celu pozbycia się bakterii. Po takim zabiegu żywność nie jest oczywiście radioaktywna. Wracając do wspomnianej dzicyzyny to nawet 10-krotne przekroczenie normy radioaktywności w mięsie nie stwarza realnego zagrożenia dla zdrowia pod warunkiem, że nie spożywa się go codziennie. Warto również wyjaśnić, że niepoprawny jest termin „promieniowanie



Fot. 2. Skaner przemiatający wiązkę elektronów na szerokość transportera

for. Sylwester Wojtas

radioaktywne". Mogłoby to dotyczyć ewentualnie neutronów, ale z tymi poza terenem elektrowni jądrowej spotkać się nie sposób.

Kilka praktycznych rad, które mogą pomóc w rozróżnieniu radioaktywności i napromieniowania. Pierwiastkami promieniotwórczymi (radionuklidami) zajmuje się radiochemia, a jednostką radioaktywności jest Bq, czyli jeden rozpad na sekundę. Dla napromieniowania będącego domeną chemii radiacyjnej wielkością podstawową jest dawka pochłonięta energii promieniowania wyrażona w grejach (symbol, Gy), czyli w J/kg. Stwierdzenie, czy obiekt, również człowiek został napromienowany małymi dawkami jest bardzo trudne. Przykładowo napromieniowanie naszego organizmu dawką 50-krotnie wyższą od rocznych dawek granicznych dla ogółu ludności jest prawie niemożliwe. Dawka pochłonięta na poziomie 200 mSv (dopuszczalna dla ratowników w czasie awarii radiacyjnych) to w zasadzie próg czułości obecnych metod analitycznych. Polski dziennikarz, który, przebywał stosunkowo krótko na terenach w okolicy elektrowni Fukushima nie został nawet przyjęty do japońskiego szpitala, gdy chciał się upewnić, czy nie został przypadkiem napromienowany. Z jego reakcji wynikało, że czuł się zlekceważony. Po powrocie do kraju przeszedł badania, które pozwoliły wykryć śladowe ilości radionuklidów i na tej podstawie próbowano oszacować dawkę promieniowania, jaką otrzymał. Japońscy lekarze nie przyjęli dziennikarza na badania, bo z góry wiedzieli, że nie są w stanie wykryć napromieniowania u osoby, która nie uczestniczyła w akcji na terenie elektrowni. Radiometry znajdują się jak wiadomo na każdym lotnisku, ale oczywiście nie stwierdzą one, czy zostaliśmy wcześniej napromienowani, a jedynie, czy nie jesteśmy źródłem promieniowania. Warto przypomnieć, że każdy z nas też promieniuje. Średnia aktywność naszego ciała wynosi ok. 200 Bq na kilogram. Źródłem promieniowania są pierwiastki promieniotwórcze: ^3H , ^{14}C , ^{40}K , ^{97}Rb , które są składnikami tkanek organizmu.

Oczywiście, konsumenci mogą wybierać pomiędzy żywnością higienizowaną radiacyjnie i nienapromienowaną. Paradoksalnie, aby, żywność obrabiana radiacyjnie weszła na rynek to jej producenci muszą zagwarantować możliwości identyfikacji napromienowanej żywności. Laboratoriów analitycznych, które się tym zajmują jest na świecie niewiele. Procedura analityczna jest dosyć skomplikowana i wymaga dostępu do źródeł promieniowania oraz wyrafinowanej aparatury. Pomiar radioaktywności jest natomiast stosunkowo prosty i bez problemów można identyfikować nawet małe źródła promieniowania również żywność skażoną radionuklidami (promieniotwórczą).

Napromieniowanie czy naświetlanie

Często zamiennie stosuje się również terminy napromieniowanie i naświetlanie. Należy jednak pamiętać, o zasadniczej różnicy w oddziaływaniu na materię światła i promieniowania jonizującego. Światło pochłaniane jest selektywnie przez tzw. grupy chromoforowe, czyli regiony cząsteczek, w których energia potrzebna na przeniesienie elektronu pomiędzy orbitalami jest w zakresie widzialnym. Promieniowanie jonizujące natomiast odkładane jest we wszystkich składnikach materiału w sposób proporcjonalny do ich udziałów elektronowych. Dobrym przykładem różnicy między naświetlaniem i napromienowaniem są fotochemia i chemia radiacyjna materiałów polimerowych. Powszechnie wiadomo, że w produkcji tworzyw polimerowych rutynowo wykorzystuje się tzw. fotostabilizatory. Bez tych stosunkowo niewielkich ilości (rzędu pojedynczych procentów) najczęściej aromatycznych związków, wybiórczo pochłaniających światło słoneczne większość polimerów (polietylen, polipropylen) byłaby praktycznie bezużyteczna. Stabilizatory biorą na siebie energię promieniowania świetlnego rozpraszając ją lub ulegając degradacji. Chronią w ten sposób matrycę polimerową. Dla promieniowania jonizującego wspomniane fotostabilizatory są niewidoczne, a promieniowanie jonizujące deponowane jest głównie w matrycy. Jednak związki aromatyczne nawet w tak niewielkiej ilości mogą działać ochronnie. Możliwe jest to dzięki zjawisku przeniesienia energii i ładunku. Tym niezwykle zresztą interesującym zagadnieniem z zakresu chemii radiacyjnej polimerów interesują się również radiobiolodzy.

Reasumując, mimo że często na konferencjach fotochemicy występują razem z chemikami radiacyjnymi to jednak pierwsi mówią o naświetlaniu, drudzy o napromienowaniu.

Warto jeszcze zwrócić uwagę, na to że profesjonalni chemicy rzadko używają terminu tworzywa sztuczne (z języka niemieckiego Kunststoffe). Termin ten u naszych sąsiadów dotyczy zarówno polimerów, jak i dzieł sztuki. Natomiast w polskim języku sztuczność jest w zasadzie przeciwieństwem sztuki. Kojarzy się zazwyczaj z substytutem cenowej obecnie naturalności. Lepiej jest, więc mówić o polimerach, materiałach polimerowych lub tworzywach polimerowych.

*dr inż. Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*