

# ANTYRADONOWE POLIMERY

## *Antiradon polymers*

Wojciech Głuszewski

**Streszczenie:** Radon i promieniotwórcze produkty jego rozpadu występujące w powietrzu atmosferycznym są najważniejszym źródłem dawki, jaką otrzymuje człowiek z naturalnych źródeł promieniowania. W Polsce roczna skuteczna dawka od radonu zgromadzonego w budynkach szacowana jest na 1,36 mSv. Z najnowszych danych epidemiologicznych pochodzących z badań budynków mieszkalnych wynika, że występuje statystycznie istotny wzrost ryzyka zachorowania na nowotwór płuc w wyniku przedłużonego narażenia na radon wewnątrz pomieszczeń na poziomie rzędu 100 Bq/m<sup>3</sup>. W tym roku zaczyna obowiązywać w UE Dyrektywa BSS (Basic Safety Standards). Ważnym ze względów praktycznych jest ustalenie w nowych przepisach poziomu odniesienia dla średniorocznego stężenia radonu w powietrzu w miejscu pracy oraz w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w wysokości 300 Bq/m<sup>3</sup>. Jednym ze sposobów zapobiegania gromadzeniu się radonu w pomieszczeniach jest uszczelnienie fundamentów budynków poprzez zastosowanie: folii, membrany i mas wykonanych z tworzyw polimerowych.

**Abstract:** Radon and radioactive products of its decay occurring in atmospheric air are the most important source of dose that a human being receives from natural radiation sources. In Poland, the annual effective dose from radon accumulated in buildings is estimated at 1.36 mSv. The latest epidemiological data from residential building research show that there is a statistically significant increase in the risk of lung cancer as a result of prolonged exposure to indoor radon at the order of 100 Bq/m<sup>3</sup>. This year, the BSS (Basic Safety Standards) directive will apply in the EU. It is important for practical reasons to establish in the new regulations a reference level for the average annual concentration of radon in the air in the workplace and in rooms for human stay in the amount of 300 Bq/m<sup>3</sup>. One of the ways to prevent the accumulation of radon in the rooms is to seal the foundations of buildings through the use of foil, membrane and masses made of polymer materials.

**Słowa kluczowe:** radon, toron, polimery, ochrona radiologiczna, bariery antyradonowe

**Keywords:** radon, toron, polymers, radiological protection, antiradon barriers

### Wstęp

Corocznie (od 2015 r.) 7 listopada, w rocznicę urodzin Marii Skłodowskiej-Curie obchodzony jest Europejski Dzień Radonu. Głównym celem wydarzeń organizowanych z inicjatywy European Radon Association jest informowanie społeczeństwa o występowaniu tego naturalnego radioaktywnego pierwiastka w naszych domach i miejscach pracy, sposobach pomiaru jego aktywności oraz możliwych negatywnych skutkach działania na nasz organizm. Według raportu PAA <sup>222</sup>Rn (radon) stanowi 33,9% tła od źródeł naturalnych w naszym kraju a <sup>220</sup>Rn (toron) 2,8%. Warto dodać, że za odkrywcę <sup>222</sup>Rn w roku 1900 uważa się niemieckiego chemika Fridricha Ernsta Dorna, który udowodnił, że w wyniku rozpadu radu powstaje promieniotwórczy gaz. Jednak już w roku 1899 na podobne zjawisko zwrócili uwagę małżonkowie Curie. Zaobserwowali oni, że podczas ogrzewania blendy uranowej w próżni powstaje radioaktywny izotop. Jego aktywność zanikała po około miesiącu. Nie wykazali jednak, że produkt rozpadu był w warunkach normalnych gazem.

Z najnowszych danych epidemiologicznych pochodzących z badań budynków mieszkalnych wynika, że występuje statystycznie istotny wzrost ryzyka zachorowania na nowotwór płuc w wyniku przedłużonego na-

rażenia na radon wewnątrz pomieszczeń na poziomie rzędu 100 Bq/m<sup>3</sup>. W Polsce roczna skuteczna dawka od radonu zgromadzonego w budynkach szacowana jest na 1,36 mSv.

Udział procentowy źródeł radonu wewnątrz budynku przy wymianie powietrza, co 1 godzina, [%]	
Podłoże gruntowe	77,9
Materiały budowlane	12,0
Powietrze atmosferyczne (zewnątrzne)	9,3
Woda	0,2
Gaz naturalny (ziemny)	0,6

Przy budowie domu należy zapewnić szczelności fundamentu i ścian. Jeżeli indeks radonowy gruntu na którym stawiamy budynek jest wysoki to można fundament zabezpieczyć antyradonowymi tworzywami polimerowymi. Ważny jest też dobór i kontrola materiałów budowlanych pod kątem zawartości pierwiastków promieniotwórczych. Polimery można również korzystnie modyfikować z punktu widzenia ich przepuszczalności względem wilgoci i radonu poprzez radiacyjne sieciowanie. W analogiczny sposób podwyższa się parametry użytkowe tworzyw sztucznych stosowanych do wykładania zbiorników wodnych i dachów.

## Dyrektywa BSS (Basic Safety Standards)

W Dzienniku Urzędowym UE nr L13/1 z dnia 17.01.2014 r. został opublikowany tekst Dyrektywy Rady 2013/59/Euratom ustanawiającej podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego. Zastępuje ona Zalecenia Komisji nr 90/143 w sprawie ochrony ludności przed narażeniem od radonu wewnątrz pomieszczeń oraz pięć obowiązujących dyrektyw: Dyrektywę Rady 96/29, 97/43, 89/618, 90/641 oraz 2003/122. Termin implementacji Dyrektywy upłynął 6 lutego 2018 r. W połowie roku Polska jedynie częściowo wprowadziła ją w życie i pod tym względem była wśród 15 innych krajów Europy. W pełni dyrektywę wdrożyły 4 kraje. Obecnie projekt ustawy dostosowującej Prawo atomowe w Polsce do wymogów dyrektywy BSS, jest przedmiotem obrad Rady Ministrów. Jej wejście w życie planowane jest pod koniec tego roku. Ustawa zawiera przepisy przejściowe i dostosowujące określające terminy, w jakich jednostki organizacyjne powinny dostosować swoją działalność do wymagań zmienionego Prawa atomowego, jednakże warto już teraz przygotowywać się do zmian, jakie wprowadzają nowe uregulowania. Najważniejszym ze względów praktycznych jest ustalenie poziomu odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w miejscu pracy oraz w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi w wysokości 300 Bq/m<sup>3</sup>. Będzie istniała możliwość wprowadzenia obowiązku pomiaru radonu w miejscu pracy.

$^{222}_{86}\text{Ra}$	3,8 dnia	$^{218}\text{Po}$	$\alpha$	3 min
	$\alpha$	$^{214}\text{Pb}$	$\beta, \gamma$	27 min
		$^{214}\text{Bi}$	$\beta, \gamma$	20 min
		$^{214}\text{Po}$	$\alpha$	165 $\mu\text{s}$
		$^{210}\text{Pb}$	$\beta, \gamma$	22,3 lat
$^{220}_{86}\text{Ra}$	53 s	$^{216}\text{Po}$	$\alpha$	0,15 s
	$\alpha$	$^{212}\text{Pb}$	$\beta, \gamma$	11 h
		$^{212}\text{Bi}$	$\alpha, \beta, \gamma$	61 min
		$^{212}\text{Po}$	$\alpha$	298 ns

**Rys.1.** Radon i toron [1] oraz ich krótkożyciowe produkty rozpadu. W kontakcie z radonem i torem w krótkim czasie narażeni jesteśmy na promieniowanie  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$  o różnej energii

**Fig.1.** Radon and toron [1] and their short-lived decay products. In contact with radon and track, in a short time, we are exposed to  $\alpha, \beta$  and  $\gamma$  radiation with different energy

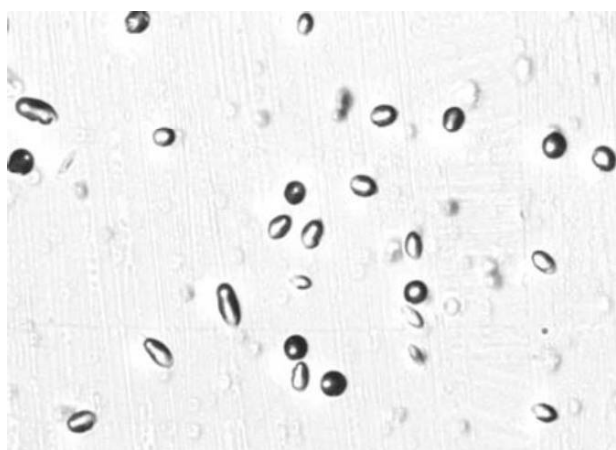
Zbywca lub wynajmujący budynek, lokal lub pomieszczenie przeznaczone na pobyt ludzi będzie zobowiązany na żądanie nabywcy lub najemcy przekazać informację o wartości średniorocznego stężenia radonu w powietrzu. Inwestor przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie pozwolenia na budowę bu-

dynku przeznaczonego na zbiorowy pobyt pacjentów, dzieci lub młodzieży będzie zobowiązany określić indeks radonowy. Jeżeli w wyniku pomiarów stężenia radonu w glebie i określenia przepuszczalności gleby indeks zostanie zakwalifikowany, jako średni lub wysoki inwestor musi przewidzieć środki lub rozwiązania techniczne, które zapobiegają przenikaniu radonu do budynku lub zapewnią jego odprowadzenie na zewnątrz.

## Polimerowe bariery antyradonowe

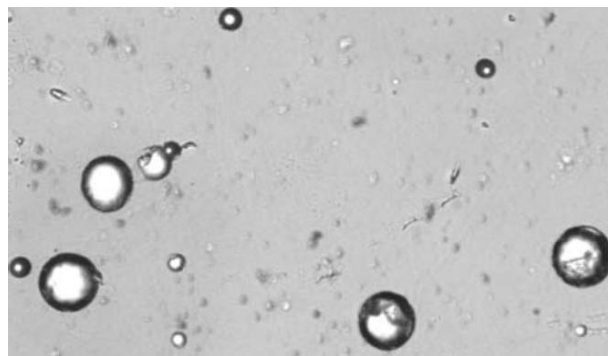
Wygodnym sposobem zapobiegania gromadzeniu się radonu w pomieszczeniach jest uszczelnienie fundamentów poprzez zastosowanie folii, membrany i mas wykonanych z tworzyw polimerowych. Na wyższych piętrach budynków podstawowe znaczenie mają radionuklidy emitowane z materiałów budowlanych. W tym przypadku należy brać pod uwagę również krótkożyciowy toron ( $^{220}\text{Rn}$ ) i produkty jego rozpadu. Należy pamiętać, że w skorupie ziemskiej toru jest 6 razy więcej niż uranu. Średnie stężenie radu w materiałach budowlanych jest szacowane na około 100 Bq/kg. Tempo wydostawania się radonu ze ścian zależy od ich porowatości (umożliwiającej dyfuzję), a także od zastosowanych uszczelnień powierzchniowych. Malowanie i tapetowanie może nawet pięciokrotnie zmniejszyć ilość radonu wydzielanego przez przegrody budowlane. Obecnie na rynku znajduje się wiele tworzyw sztucznych dedykowanych ochronie przed radonem. Można się spodziewać, że w momencie wejścia w życie BSS zapotrzebowanie na bariery radonowe wzrośnie. Publikowane są wyniki badań na temat barierowości niektórych tworzyw na radon. Brakuje natomiast porównań ich odporności radiacyjnej. Wielkości dawek, jakie otrzymują materiały w fundamentach budynków czy też w ziemi (kable, rury, mufy) nie są duże, jednak biorąc pod uwagę długi czas eksploatacji wnoszą one wkład do zjawiska oksydegradacji. Udowodniono, że po długotrwałym narażeniu PE na radon, efekt barierowy zostanie zredukowany i w rezultacie więcej gazów będzie dyfundować przez membranę. Po trzyletniej ekspozycji HDPE (polietylenu dużej gęstości) na wysokie stężenia radonu zaobserwowano 40% spadek jego wytrzymałości na rozciąganie. W przypadku PCW (polichlorku winylu) nastąpił wzrost twardości o 70%. Co ciekawe asfalt w tych warunkach wykazuje spadek przenikalności dla radonu (efekt barierowości się poprawia). Radon i produkty jego rozpadu emitują w praktyce promieniowania  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$ . Badania zjawisk oddziaływania na materiały dwóch pierwszych są eksperymentalnie trudne. Rozwiązaniem tego problemu może być wykorzystanie promieniowania elektronowego. Oddziaływanie szybkich elektronów ma charakter heterogeniczny. Oznacza to, że energia nie jest przekazy-

wana do wszystkich atomów napromieniowywanego materiału a jedynie do stosunkowo nielicznych gniazd jonizacji. Uzyskujemy przy tym całe spektrum odłożonej energii. Paradoksalnie najwolniejsze elektrony (kończące bieg w materiale) przekazują największą ilość energii na jednostkę drogi. Zjawisko takie umownie określane jest gniazdem wielojonizacyjnym. Możemy je porównać do skutków oddziaływania na polimer promieniowania  $\alpha$ . Przyjmuje się, że 20% energii przekazywana jest przez gniazda o dużym LET (linear energy transfer). Wykorzystując w badaniach przyspieszone w akceleratorze wiązki elektronów, uzyskujemy uszkodzenia materiału charakterystyczne dla wszystkich rodzajów promieniowań. Rozwiązanie to zastosowaliśmy w badaniach radiolizy odpadów promieniotwórczych powstających przy produkcji broni jądrowej w składowisku w Nowym Meksyku w USA i może być ono proponowane do badań nowych materiałów barierowych [2]. Z doświadczeń chemii radiacyjnej wynika, że z punktu odporności radiacyjnej preferowane są tworzywa aromatyczne lub materiały z dodatkiem związków aromatycznych oraz polimery radiacyjnie sieciujące. Przykładowo polietylen łatwo tworzy wiązania poprzeczne pod wpływem promieniowania jonizującego w odróżnieniu od polipropylenu, który w atmosferze powietrza praktycznie nie sieciuje, a za to ulega łańcuchowej postradiacyjnej degradacji. Podstawowymi materiałami stosowanymi do zabezpieczeń przed przenikaniem radonu do pomieszczeń mieszkalnych w budynkach są: folie z tworzyw sztucznych, materiały asfaltowe przeciwwodne i przeciwwilgociowe (lepiki, papy, masy), wyprawy i farby, zaprawy bez skurczowe, ekspansywne masy uszczelniające.



**Fot. 1.** Wytrawione ślady oddziaływania promieniowania alfa na folię polimerową z poliwęglanu allilo diglikolowego (CR-39). Eksperyment wykonano z toronem

**Fig. 1.** Etched traces of alpha radiation exposure to an allyl diglycolic polycarbonate polymer film (CR-39). The experiment was carried out with a toron



**Fot. 2.** W podobny sposób uzyskano ślady po kontakcie z radonem  
**Fig. 2.** Traces after contact with radon were obtained in a similar way

Na koniec warto dodać, że na stronie internetowej IChTJ [3] ukazał się skrypt podsumowujący wyniki szkolenia „Zaawansowane materiały polimerowe dla energetyki”, które pod hasłem „Innowacje dla energii i nie tylko” zorganizowały Instytut Chemii i Techniki Jądrowej oraz Ministerstwo Energii. Patronat nad wydarzeniem objęła Polska Izba Przemysłu Chemicznego. Wiodącym tematem było zastosowanie wiązek elektronów do poprawy właściwości tworzyw sztucznych wykorzystywanych w energetyce a w szczególności przy produkcji kabli i przewodów elektrycznych o specjalnym przeznaczeniu. W trakcie szkolenia mówiono również o wyrobach medycznych, materiałach komórkowych (piankach), opakowaniach, oponach samochodowych, uszczelkach, membranach, kompozytach, hydrożelach, utwardzaniu powierzchniowym, nowoczesnych metodach druku, materiałach dla elektroniki i innych możliwościach obróbki radiacyjnej polimerów. W konferencji wzięło udział ponad 50 przedstawicieli przemysłu, ośrodków naukowych i akademickich (w tym liczne grono doktorantów) oraz innych instytucji, w których odporność radiacyjna polimerów ma istotne znaczenie (składowiska odpadów promieniotwórczych, sterylizacja wyrobów medycznych, produkcja opakowań i folii antyradonowych).

dr Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa

#### Literatura:

- [1] Z.P. Zagórski, W. Głuszewski; Thorium nuclear fuel – thoron aspect, Nukleonika: 2010, 55, 3, 407-408
- [2] W. Głuszewski, Radioliza w składowiskach odpadów promieniotwórczych, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2018, 109, 1, 9-15
- [3] Monografia, Zaawansowane materiały polimerowe dla energetyki, IChTJ, ME, 2018