

LIPIEC – SIERPIEŃ 2005

NAKLAD 2000 EGZ. • ISSN 1426-6210

ZIELONA PLANETA



4 (61)



Dwumiesięcznik Okręgu Dolnośląskiego Polskiego Klubu Ekologicznego

RADON

NATURALNY IZOTOP PROMIENIOTWÓCZY

KRZYSZTOF KOZAK, JADWIGA MAZUR

Wszystkie substancje mineralne występujące na Ziemi zawierają naturalne pierwiastki promieniotwórcze. Pierwiastki te, wysyłając promieniowanie typu alfa, beta i gamma, powodują jonizację ośrodka i dlatego też promieniowanie to nazywane jest promieniowaniem jonizującym. W sytuacji „normalnej” (gdymie nie występują awarie elektrowni jądrowych lub innych obiektów jądrowych) nie stanowi ono istotnego zagrożenia dla zdrowia, szczególnie w porównaniu z zagrożeniami wynikającymi z innych rodzajów skażeń środowiska. Jednak z powodu efektu synergicznego promieniowanie może mieć w pewnych sytuacjach istotne znaczenie.

WŁAŚCIWOŚCI RADONU

Izotop ^{226}Ra z szeregu uranowego jest izotopem alfa-promieniotwórczym i z okresem półrozpadu równym 1.600 lat przechodzi w radioaktywny izotop radonu (^{222}Rn), który jako gaz jest szczególnie istotny ze względu na swój wysoki udział w dawce inhalacyjnej.

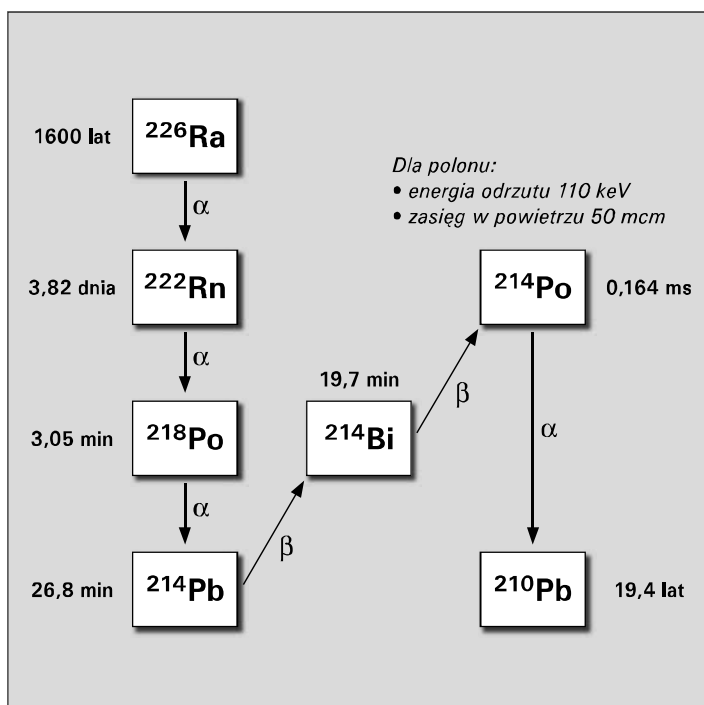
Radon jest gazem szlachetnym, nie reaguje z innymi związkami. Jest niewidoczny, bez

zapachu i smaku. Rozpada się z czasem półrozpadu $T_{1/2} = 3,8$ dnia, tworząc tzw. „szereg krótkożyciowych pochodnych rozpadu radonu” (ryc. 1). Podstawowe informacje o radonie przedstawia zestawienie na ryc. 2.

RADON W ATMOSFERZE

Głównym źródłem radonu w atmosferze jest radon wydostający się z gleby, gdzie jego

stężenia sięgają tysięcy bekereli (Bq) na metr sześcienny (1 Bq oznacza jeden rozpad promieniotwórczy atomu w ciągu jednej sekundy). Po wydostaniu się z gleby do atmosfery następuje bardzo szybka ekspansja radonu i jego rozrzedzenie, co powoduje znaczny spadek jego stężenia. Wielkość ekshalacji (wydobywania się) radonu z gruntu jest zależna od miejsca (rodzaj gleby, geologia podłoża) oraz od warunków atmosferycznych (ciśnienie, siła i kie-



Ryc. 1. Schemat rozpadu radonu

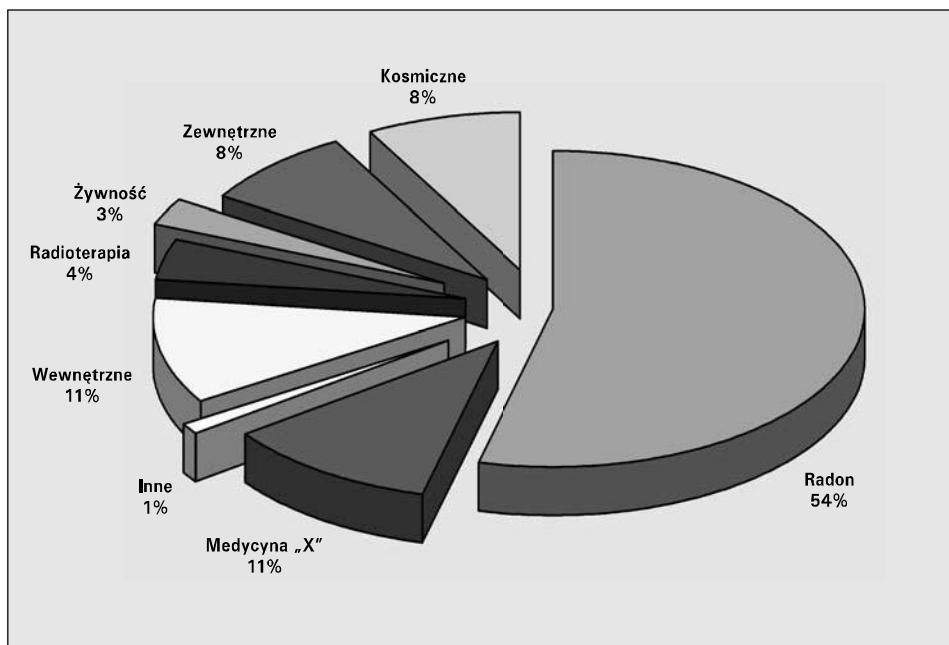
$^{222}_{86}\text{Rn}$

- pierwiastek grupy 18 (helowce)
- promień atomowy: 134 pm
- bezbarwny, niepalny gaz, bez zapachu i smaku
- najcięższy (9,73 g/dm³) pierwiastek gazowy
- rozpuszcza się w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych
- podczas wyładowań w atmosferze rozrzedzonej świeci białym światłem
- nie reaguje z O, Mg, H, Na, S nawet po wzbudzeniu
- w czasie ogrzewania mieszaniny argonu i fluoru powstaje nielotny produkt RnF₄ – ze względu na krótki czas życia nie otrzymany w ilościach wagowych
- tworzy klastraty z wodą, fenolem i toluenem
- z fluorem tworzy fluorki, z chlorem – chlorki
- reaguje z fluorkami halogenów ClF₃, BrF₃, BrF₅

odkryty przez Dorna w 1900 r.
 30 izotopów (198 + 227)
 3 występują naturalnie

^{222}Rn radon (^{238}U) $T_{1/2} = 3,823$ dnia
^{220}Rn toron (^{232}Th) $T_{1/2} = 54,5$ s
^{219}Rn aktynon (^{235}U) $T_{1/2} = 3,9$ s

Ryc. 2. Zestawienie podstawowych informacji o radonie



Ryc. 3. Udział różnych źródeł promieniowania w sumarycznej dawce rocznej (około 2,8 mSv/rok)

runek wiatru, wilgotność, obecność pokrywy śnieżnej, itp.). Średnie stężenie radonu w powietrzu atmosferycznym na terenie Polski utrzymuje się na poziomie do 10 Bq/m^3 , natomiast koncentracje w budynkach mieszkalnych wynoszą od kilku do ponad 100 Bq/m^3 (ryc. 3).

RADON W BUDYNKACH

Budowa domu wymaga „przebicia” powierzchni gleby i dotarcia do głębszych warstw, w których stężenia radonu są znacznie wyższe. Wewnątrz domu powstaje różnica ciśnień „wysysająca” radon z gruntu w wyniku tzw. „efektu kominowego”. Drogi wnikania radonu do wnętrza domu to m.in.:

- pęknięcia i szczeliny wylewki betonowej, stanowiącej podłoże budynku,
- luki i szpary konstrukcyjne budynku,
- pęknięcia w ścianach, mających bezpośredni kontakt z podłożem,
- szczeliny w ścianach,
- nieszczelności wokół rur kanalizacyjnych.

Tak więc czynniki wpływające na stężenie radonu w pomieszczeniach to m.in. stopień szczelności oraz wentylacja pomieszczeń (naturalna lub wymuszona). Wietrzenie powoduje dość radykalny spadek stężenia radonu (ryc. 4).

Na wyższych kondygnacjach maleje wpływ radonu docierającego z podłoża, a większego

znaczenia nabierają materiały, z jakich wykonane są ściany i stropy budynku oraz rodzaj pokrycia ścian. W celu ograniczenia narażenia populacji na promieniowanie jonizujące, spowodowane przebywaniem w budynkach mieszkalnych i budynkach użyteczności publicznej, wprowadzono normy określające maksymalne dopuszczalne zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K w materiałach budowlanych.

RADON A ZDROWIE

Radon jako gaz szlachetny nie wpływa bezpośrednio na nasz organizm. Rozpada się, emitując cząstki alfa na krótkożyłowe pochodne (izotopy polonu ^{218}Po , ^{214}Po oraz ołów ^{210}Pb), które następnie łączą się z aerozolami i wnikają do układu oddechowego. Ten proces może stanowić wzrost zagrożenia zdrowotnego przy występowaniu wyższych stężeń radonu w pomieszczeniach, w których spędzamy większość czasu.

Wysokie stężenia radonu (rzędu tysięcy bekereli w m^3), a w konsekwencji jego pochodnych, mogą być szkodliwe dla zdrowia. Pochodne radonu związane z pyłami obecnymi w powietrzu osadzają się w płucach i mogą stanowić zagrożenie wystąpienia chorób nowotworowych.

Pochodne radonu nie deponują się jednolicie w układzie oddechowym – głębokość

wnikania cząstki zależy od jej rozmiarów. Aerozole znajdujące się we wdychanym powietrzu są często odkładane w górnych częściach układu oddechowego lub nabłonku płucnym, skąd mogą być usunięte w ciągu kilku godzin. Jedynie najmniejsze cząstki (o średnicy poniżej $0,1 \text{ mcm}$) trafiają do pęcherzyków płucnych. Tam zdeponowane mogą pozostawać miesiące lub lata. Cząsteczki aerozoli o dużej rozpuszczalności są szybko absorbowane z układu oddechowego do krwi, natomiast cząsteczki nierozpuszczalne są deponowane w ściankach pęcherzyków, a następnie fagocytowane przez leukocyty i przenoszone przez śródbłonek naczyń włosowatych do naczyń limfatycznych, którymi przemieszczane są do węzłów chłonnych. Czas przebywania pochodnych radonu w pęcherzykach płucnych jest długi i dlatego płuca są najbardziej narażone na działanie radonu, w szczególności przy ciągłej, zwiększonej inhalacji radonem.

Dawka otrzymana przez płuca w wyniku wdychania radonu zależy m.in. od stężenia radonu we wdychanym powietrzu, szybkości oddychania, obszaru płuc, gdzie cząsteczki są zdeponowane, szybkości usuwania cząstek – ich średnicy, gęstości.

METODY POMIARU RADONU

Pomiary stężeń radonu prowadzone są różnymi metodami przez specjalistyczne laboratoria (m.in. Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie). Przeprowadzenie pomiarów jest niekłopotliwe dla mieszkańców i stosunkowo tanie. Pomiary wykonywane są dwoma technikami: aktywną i pasywną.

1. Techniki aktywne

Pomiary stężenia radonu w budynkach wykonywane metodą aktywną za pomocą referencyjnych mierników AlphaGuard PQ2000 PRO lub AlphaGuard PQ2000 firmy Genitron opierają się na bezpośredniej rejestracji cząstek alfa emitowanych przez radon i określaniu na tej podstawie jego stężenia. Mierniki te umożliwiają wykonywanie pomiarów, w których rejestruje się zmiany stężeń radonu w cyklach jedno-, 10-minu-

towych lub jednogodzinnych. Jednocześnie rejestruje się podstawowe parametry meteorologiczne (temperatura, ciśnienie, wilgotność), a ponadto moc równoważnika dawki promieniowania gamma $H(^{10})$ [Sv/h].

2. Techniki pasywne

Detektor typu DACC (używany np. w LPN w Krakowie), wykorzystywany w technice pasywnej, to zakręcany, szczelny, metalowy pojemnik cylindryczny zawierający 30 g węgla aktywnego. Zasada pomiaru polega na wykorzystaniu zdolności adsorpcji radonu przez węgiel aktywny. W wieczku pojemnika znajduje się otwór, którego średnica warunkuje czas ekspozycji. Ekspozycja detektora w miejscu pomiarowym trwa 3 lub 4 doby. Po zakończeniu ekspozycji rejestruje się w laboratorium widmo promieniowania gamma produktów rozpadu radonu zaadsorbowanego przez węgiel w detektorze. Do rejestracji widma promieniowania gamma używany jest spektrometr promieniowania gamma z detektorem scyntylacyjnym NaJ(Tl). Na podstawie analizy uzyskanego widma oraz z krzywej kalibracji wyznacza się średnie stężenie radonu jakie panowało w miejscu pomiaru w czasie ekspozycji. Do badań przesiewowych rekomendujemy detektory czterodobowe.

Natomiast detektor śladowy CR-39 składa się z plastikowej osłony, w której umieszczona jest specjalna folia CR-39. Komputerowa analiza obrazu śladów cząstek alfa emitowanych przez radon powstałych na folii pozwala określić średnie stężenie radonu. Czas ekspozycji detektora to 4–6 miesięcy.

Potencjał radonowy można jedynie ocenić. Nawet na niewielkim obszarze mogą występować sprzyjające warunki dla migracji radonu z głębokich warstw geologicznych, w efekcie odpowiedzialne za wysokie stężenia radonu w budynku. Powoduje to konieczność kontroli stężeń radonu w konkretnym budynku. W celu ograniczenia narażenia populacji na promieniowanie jonizujące spowodowane przebywaniem w budynkach wprowadzono normy określające maksymalne dopuszczalne zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych: radu (Ra-226), toru (Th-232) i potasu (K-40) w materiałach budowlanych. Według przepisów, uchylonych przez nowe

Prawo atomowe, średnie roczne stężenia radonu nie powinny przekraczać 400 Bq/m^3 (budynki wybudowane przed 1998 r.) oraz 200 Bq/m^3 (budynki budowane po 1998 r.). W wielu krajach Europy i świata istnieją ściśle określone normy stężeń radonu w budynkach. Zawierają się one w granicach od 200 do 600 Bq/m^3 . Zalecenia przygotowywanego w 2005 r. raportu ICRP (Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej) określają ten poziom na 600 Bq/m^3 . Najbliżsi nasi sąsiedzi, Republika Czeska, mają bardzo dobrze zorganizowany i rozbudowany system kontroli poziomu radonu działający w oparciu o istniejące tam normy.

METODY ZABEZPIECZEŃ DOMÓW PRZED RADONEM

1. Wybór terenu pod budowę domu – w wielu krajach przed rozpoczęciem budowy kontroluje się tzw. „potencjał radonowy” terenu przeznaczonego pod budowę. Mierzone jest stężenie naturalnych izotopów promieniotwórczych w glebie oraz stężenie radonu w powietrzu glebowym i stopień ekshalacji radonu z gruntu. Wyniki tych pomia-

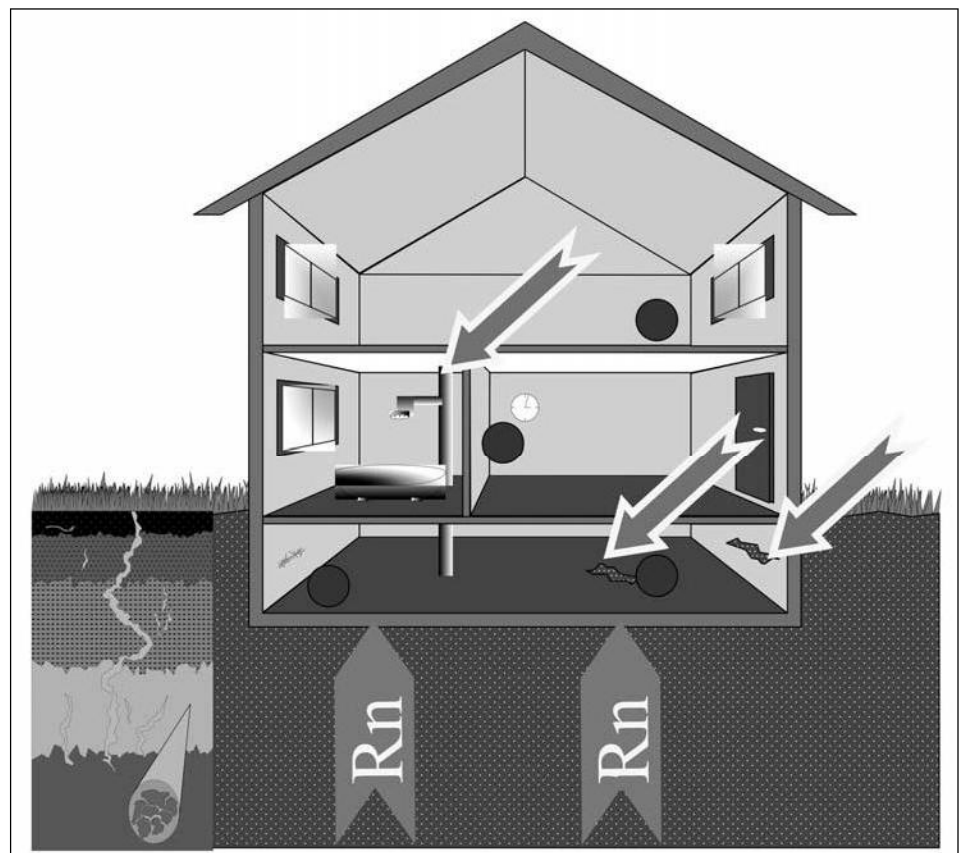
rów decydują czy budować na tym terenie i jaką zastosować technologię wznoszenia budynku.

2. Kontrola materiałów budowlanych – wszystkie materiały budowlane powinny być zbadane pod kątem zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych (głównie radu). Dodatkowym zabezpieczeniem przed radonem jest pokrycie ścian farbami lub tapetami.

3. Uszczelnienie fundamentów – uszczelnienie wszelkich pęknięć lub zastosowanie specjalnych folii powoduje istotny spadek stężenia radonu. Folie można stosować zarówno na etapie budowy jak również w istniejących budynkach.

4. Odpowiednia wentylacja – radon jako izotop gazowy łatwo usunąć, stosując odpowiednią wentylację. Urządzenia oraz metodę wentylacji należy dobrać w sposób przemyślany, aby nie spowodować zwiększenia stężenia radonu.

*dr Krzysztof Kozak, dr Jadwiga Mazur
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
LPN Kraków
radon@ifj.edu.pl*



Ryc. 4. Czynniki wpływające na stężenie radonu w pomieszczeniach