

Radon – jak go unikać?

Andrzej Derugo*

Człowiek nie posiada zmysłu, który reaguje na promieniowanie radioaktywne. Dopiero niedawno ustalono, że w ogólnym bilansie dawek promieniowania jonizującego, na jakie jesteśmy narażeni, największy udział ma radon - gaz ok. 7,5 razy cięższy od powietrza. W naturze istnieje szereg uranowy, a w nim radon, gaz rozpuszczalny w wodzie i łatwo przenikający przez warstwy geologiczne.

W ostatnich latach zaczęliśmy go „zauważać”, bo coraz częściej jesteśmy straszeni tym pierwiastkiem. Niejasny wpływ radonu na nasze zdrowie sugeruje, by unikać wdychania tego gazu. Powstaje on w wyniku promieniotwórczego rozpadu atomów radu. Przemianę tę odkryła Maria Skłodowska-Curie. Rad (pochodna uranu) znajduje się w glebie, skałach i wodach. Emanujący z nich radon łatwo przenika do atmosfery, a stamtąd do naszych oskrzeli i płuc. Zagrożenie dla naszego zdrowia może powodować przede wszystkim promieniotwórczy izotop radonu - ^{222}Rn , którego okres półrozpadu z przemianą na promieniotwórczy polon ^{218}Po i równoczesną emisją cząstek alfa, wynosi ok. 3,8 dnia. Fredrich Ernst Dorn odkrył radon w 1900 roku. Jest on najcięższym znanym gazem. Największe stężenia radonu występują w zamkniętych, nie wietrzonych pomieszczeniach. Jego podstawowym źródłem jest izotop radu ^{226}Ra , którego czas połowicznego rozpadu wynosi ok. 1600 lat.

Skorupa ziemska zawiera znaczne ilości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych.

Ich stężenia są różne, a w niektórych rejonach występują w ilościach nadających się do przemysłowej eksploatacji. W Polsce jednym z takich rejonów są Sudety, a w szczególności rejon Kowar, gdzie w przeszłości wydobywano rudy uranu. Na obszarze Polski stężenie radonu, w przebadanych pomieszczeniach mieszkalnych, wahało

się od ok. 10 do ok. 700 Bq/m³, a średnie stężenie wynosiło ok. 70 Bq/m³, natomiast w piwnicach było średnio o 20 Bq/m³ wyższe. W kilku przypadkach - na terenie Polski południowej - zarejestrowano stężenia dochodzące aż do ok. 2000 Bq w metrze sześciennym! Najwyższe wartości stężeń zanotowano na terenach województw: dolnośląskiego,

opolskiego, śląskiego i warmińsko-mazurskiego, a najniższe – kujawsko-pomorskiego.

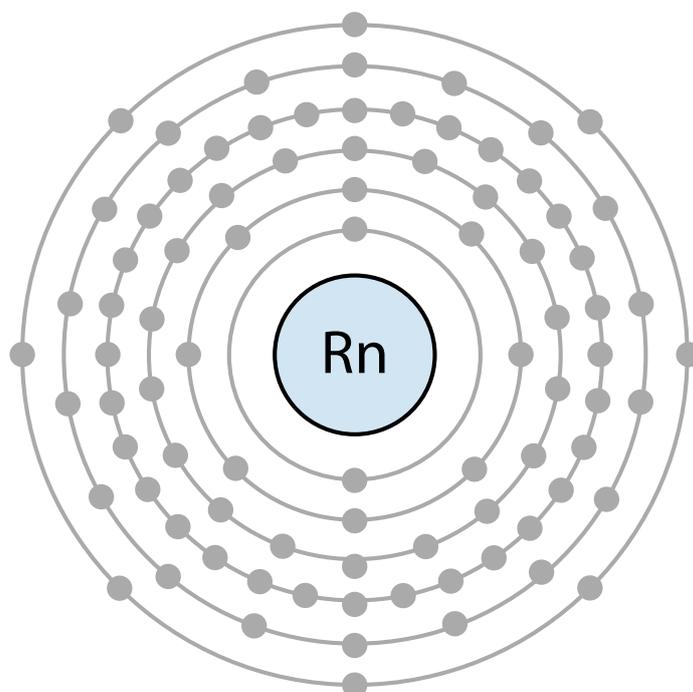
Oddziaływanie radonu na organizm człowieka

Efekty działania radonu na ludzki organizm ujawniają się gdy dawki promieniowania przekraczają o kilka rzędów wielkości poziom bezpieczny. Życie na Ziemi przetrwało dzięki temu, że uszkodzenia spowodowane przez promieniowanie przenikliwe są najczęściej samonaprawialne. Jednakże szczególna szkodliwość radonu polega na tym, że przedostając się do płuc atakuje organizm od środka, zwłaszcza gdy jest dodatkowo wspomagany dymem z papierosów. W razie trafienia cząstki alfa we fragment DNA następuje jego destrukcja - całkowita i nieodwracalna...

W zakresie badań wpływu radonu na zdrowie człowieka za najlepsze uznawane są prace publikowane w pismach: „Journal of National Cancer Institute”, „Health Physics” i „Radiation Research”. Najczęściej bada się górników dołowych z kopalni uranu i innych minerałów oraz osoby narażone na radon w mieszkaniach. Analizowano dane obejmujące

86: Radon

2, 8, 18, 32, 18, 8



Rozmieszczenie elektronów na powłokach w atomie radonu



górników m. in. w Australii, Chinach, Czechach, Francji, Kanadzie, Szwecji i USA. U najbardziej narażonych około 40% zgonów można przypisać ekspozycji na działanie łańcucha radonowego. Naukowcy oceniają, że radon obecny w mieszkaniach może być przyczyną ok. 10% przypadków śmierci na raka płuc. Radon oskarża się o spowodowanie ok. 10% zgonów na raka płuc spośród osób nigdy nie palących, ale aż o 30% śmierci wśród palących tytoń. Mamy więc do czynienia ze zjawiskiem wzajemnego wzmacniania działania czynników szkodliwych.

Przy założeniu długości życia około 70 lat i średniego stężenia radonu w pomieszczeniach 50 Bq/m³, wzrost przypadków zachorowań na raka płuc można przyrównać do wynikającego z narażenia górników w kopalniach. Opracowane w USA modele ryzyka stwierdzają, że redukcja stężenia radonu w amerykańskich mieszkaniach do poziomu zalecanego przez EPA (Environmental Protection Agency), podobnego zresztą do ustanowionego ostatnio w Polsce zarządzeniem prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, mogłoby zmniejszyć o kilka procent ilość zgonów na raka płuc. Prezes Państwowej Agencji Atomistyki zarządził, że dla budynków powstałych przed 1 stycznia 1998 roku dopuszcza się poziom 400 Bq/m³, a dla wybudowanych po roku 1998 tylko 200 Bq/m³ (Monitor Polski nr 35 z 26 lipca 1995 roku, poz. 419). W Szwecji władze samorządowe odpowie-

dzialne są za wykonywanie bezpłatnych pomiarów w domach podejrzanych o występowanie dużych koncentracji radonu, a zezwolenie na nową budowę wydają dopiero po sprawdzeniu stężenia radonu w planowanym miejscu zabudowy. Badania przeprowadzone w Anglii wskazują, że radon może mieć wpływ na występowanie białaczek. Związane jest to z łatwością rozpuszczania się radonu w tłuszczu, który wchodzi w skład szpiku kostnego, odpowiedzialnego za tworzenie elementów krwi. Analiza zebranych danych sugeruje, że od 6% do 12% przypadków białaczki w Anglii może być związana z ekspozycją na radon w domach charakteryzujących się stężeniem Rn rzędu 20 Bq w metrze sześciennym.

Radon - jako gaz szlachetny - nie wchodzi w reakcje chemiczne. Wydychamy go i nie powoduje szkód w naszym organizmie. Z polonu 218Po, podczas kolejnych przemian promieniotwórczych, powstają pierwiastki promieniotwórcze zwane pochodnymi radonu, aż do stabilnego ołowiu 206Pb. Mają one charakter jonowy i osiadają na unoszących się w powietrzu pyłach - np. dymie papierosowym lub kurzu. Przyklejają się do przedmiotów, ścian, podłogi, sufitu, ekranu TV lub monitora PC, emitując promieniowanie alfa, beta i gamma. Podczas oddychania pozostają w oskrzelach i płucach. Tu następuje ich dalszy rozpad, podczas którego emitowane są cząstki alfa. Mogą one wywołać zaburzenia w tkance

oskrzeli i płuc, które po latach ujawnią się jako nowotwory. Przy okazji warto zauważyć, że siedząc w niewielkiej odległości od monitora komputerowego możemy wdychać średnio około trzykrotnie więcej radonu. Jak więc postępować? Przede wszystkim często wietrzyć pomieszczenie, w którym pracujemy, a ponadto przecierać ekran monitora PC (lub odbiornika TV) ściereczką nawilżoną płynem antyelektrostatycznym.

Najpopularniejsze metody pomiarowe

Podstawą oceny zawartości radonu w środowisku powinny być wyniki pomiarów ra-

diometrycznych. Zalecane są metody pomiarowe sumujące w dłuższych okresach czasu dawkę wynikającą z jego stężenia. Metody wykrywania i ilościowego oznaczania promieniotwórczości opierają się na tym, że każdy rozpad promieniotwórczego nuklidu wyzwala energię, która powoduje zmiany w otaczającej materii.

Metoda adsorpcji na węglu drzewnym

Zjawisko adsorpcji radonu na węglu drzewnym jest znane od dawna. Cząstki gamma powstałe podczas rozpadu radonu adsorbowanego przez węgiel drzewny są zliczane



za pośrednictwem detektora scyntylicyjnego i przeliczane na koncentrację radonu w miejscu poboru próbki (z uwzględnieniem współczynników kalibracyjnych). „Pułapki” są rozmieszczane w miejscu poboru próby na czas od 2 do 7 dni. Ponieważ węgiel drzewny podlega bezustannej adsorpcji i desorpcji radonu, metoda ta nie daje informacji o dawce sumarycznej. Odmianą tej metody jest przepompowywanie powietrza przez węgiel drzewny. Polega ona na pobraniu próbki powietrza pompą ssącą powietrze przez pojemnik napełniony aktywnym węglem drzewnym. Zazwyczaj trwa to od 15 minut do godziny. Następnie pojemnik jest szczelnie zamykany i przesyłany do laboratorium wykonującego właściwą analizę. Stężenie radonu w próbce jest określone zazwyczaj na podstawie ilości scyntytacji zliczonych w czasie minuty. Oczywiście w obliczeniach należy uwzględnić objętość pobranego powietrza i niepewność jej wyznaczenia.

Pasywne detektory śladowe
Pomiary stężenia radonu w budynkach mieszkalnych za pomocą detektorów śladowych pozwalają na określenie całkowitej ekspozycji na radon 222, a na tej podstawie na określenie średniego stężenia radonu w danym przedziale czasu. Detektory te nadają się do pomiaru ekspozycji w zakresie od 50 do 2000 kBq h m⁻³. W tej metodzie detektorem jest kawałek specjalnego plastyku lub klisza, zainstalo-

wane wewnątrz małego pojemnika. Badane powietrze wnika przez filtr pokrywający otwór w pojemniku. Cząsteczki alfa emitowane przez radon uderzają w detektor i pozostawiają w nim ślady. Po zakończeniu próby pojemnik jest pieczętowany i zwracany do laboratorium. W procesie „wywoływania detektora” następuje wzmocnienie śladów i mogą one być zliczone z użyciem mikroskopu albo czytnikami elektro-optycznymi. Ilość zliczonych śladów jest podstawą do wyznaczenia koncentracji radonu w miejscu poboru próbek. Ekspozycja detektorów śladowych - zależnie od koncentracji - trwa zwykle od 3 do 12 miesięcy.

Detektory termoluminescencyjne

Są pasywnymi (biernymi) detektorami promieniowania przenikliwego rejestrującymi jego sumaryczną dawkę w czasie ekspozycji. Pomiaru dokonuje się wykorzystując zjawisko termoluminescencji - „świecenia” substancji pobudzonej przez światło lub promieniowanie przenikliwe - w czasie jej podgrzewania. Promieniowanie przenikliwe wzbudza elektrony, z których część pozostaje w stanach wzbudzonych. Podczas wygrzewania

Tabela 1. Rozpad radonu

Produkt rozpadu	Okres półrozpadu
Radon, 222Rn	3,82 dnia
Radon A, 218Po	3,05 min
Radon B, 214Pb	26,8 min
Radon C, 214Bi	19,7 min
Radon C, 214Po	0,000003 min

elektrony emitują nadmiar energii w postaci fotonów. Natężenie światła podczas termoluminescencji jest zależne od sumarycznej dawki pochłoniętej przez detektor, co wykorzystuje się konstruując dawkomierze termoluminescencyjne.

Komory scyntylicyjne

W metodzie tej pompa „wsysa” powietrze do komory scyntylicyjnej przez filtr zatrzymujący produkty rozpadu radonu. Upřednio komora powinna być przepłukana czystym powietrzem. Aby umożliwić analizę próbki powietrza, komora posiada przezroczyste „okno” w dnie i jest umieszczana przed detektorem zliczającym scyntytację (impulsy światła) wywołane cząsteczkami alfa uderzającymi w siarcezek cynku pokrywający wewnętrzne ściany komory. Koncentracja radonu obliczana jest z uwzględnieniem współczynników wyznaczonych podczas kalibracji.

Pomiary w kopalniach

W wielu krajach – także w Polsce - stymulatorem prac nad konstrukcją przyrządów pomiarowych jest górnictwo, domagające się przyrządów pomiarowych przenośnych i łatwych w obsłudze. Górni-

cy pracujący w kopalniach są szczególnie narażeni na zwiększone stężenia radonu. Pomiary koncentracji radonu i produktów jego rozpadu informują nie tylko o narażeniu zdrowia, ale i o sprawności wentylacji kopalni. Jest ona kosztowna i pomiary stężenia pierwiastków radioaktywnych w powietrzu kopalnianym ułatwiają optymalizację tych kosztów przy zachowaniu norm bezpieczeństwa.

Mierzyć każdy może?

Oczywiście - nie dosłownie, ale może wziąć czynny udział. Podczas pomiarów w mieszkaniach, oprócz detektorów elektretowych najczęściej stosowane są „pułapki” (komory dyfuzyjne) z węglem aktywnym. Po zakończeniu ekspozycji wyznacza się w laboratorium widmo promieniowania gamma produktów rozpadu radonu pochłoniętego przez węgiel. Na podstawie analizy widma oblicza się stężenie radonu w miejscu ekspozycji. W Polsce jest to mało popularne. Badania takie wykonuje m.in. Państwowy Zakład Higieny w Warszawie oraz Sanepidy. Zainteresowany dostaje niewielkie, plastikowe naczynka, otwiera i stawia na kilka dni w „podejranych” pomieszczeniach. Potem te naczynka zakręca i musi je jak najszybciej dostarczyć do PZH wraz z formularzem zawierającym niezbędne informacje.

Należy pamiętać, że ilość zaabsorbowanego radonu zależy od warunków środowiska, w którym umieszczono detektory - pułapki, a konkretnie od: - temperatury (im wyższa



temperatura, tym mniej „złapanego” radonu),
 - od wilgotności (im wyższa wilgotność, tym mniejsza adsorpcja),
 - od ruchów i ciśnienia powietrza (spadek ciśnienia – wzrost emanacji).

Temperatura i wilgotność powietrza powinny być zmierzone i uwzględnione przy obliczaniu koncentracji radonu, natomiast wpływ ruchów powietrza powinien być zminimalizowany przez odpowiednie zaprojektowanie pojemnika. Pomiary w budynkach mieszkalnych są popularne w Stanach Zjednoczonych, zwłaszcza przy transakcjach kupna-sprzedaży domu. Koszt podstawowej ekspertyzy wynosi ok. 20 dolarów. Jeżeli stężenie radonu przekracza wartości dopuszczalne wykonywane są oczywiście pomiary bardziej szczegółowe.

Obniżanie koncentracji radonu w budynkach

Początkowo nauka badała relacje człowiek - promieniowanie kosmiczne. Z czasem rozwój metod pomiarowych wykazał, że wśród zagrożeń naturalnych emanacja radonu jest bardziej niebezpieczna, zwłaszcza w pomieszczeniach mieszkalnych, produkcyjnych, biurach, szkołach itp. Gdzie wobec tego znajdziemy radon? – najczęściej:

- w glebie lub skałach, na których stoją budynki,
- w materiałach budowlanych wytworzonych z żużli i popiołów,
- w odpadach powstających podczas przeróbki surowców mineralnych,

- w ujęciach wody znajdujących się na terenach o dużej zawartości pierwiastków pochodzących z łańcucha rozpadu uranu lub toru (następuje dyfuzja radonu do wody),
- w gazie ziemnym doprowadzonym do mieszkań,
- w źródłach geotermalnych,
- w rzekach przepływających przez tereny o dużej zawartości radonu (radon dyfunduje do wody rzecznej i płynąc wraz z rzeką powoduje napromieniowanie pobliskich terenów).

Stężenie radonu może być całkowicie różne w dwu stojących blisko siebie budynkach, a nawet w sąsiednich pomieszczeniach tego samego budynku. W domu najłatwiej możemy zmniejszyć stężenie radonu wietrząc pomieszczenia. Ale w piwnicy - odwrotnie niż w mieszkaniu - trzeba uszczelniać nawet niewielkie pęknięcia w posadzce, ścianach, a także szczeliny wokół rur i doprowadzonych instalacji. Dobre efekty daje użycie do tego celu silikonu, a na znacznych powierzchniach - folii polietylenowych. Najlepiej gdy są zastosowane już w fazie budowy. Ostatnio popularne stają się systemy geomembranowe instalowane już podczas przygotowania terenu pod budowę. Kiedyś uważano, że najlepszym sposobem obniżania stężenia radonu w pomieszczeniach jest ich wentylacja. Jej efektywność jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do szybkości wymiany powietrza. Ale zwiększanie wymiany powietrza jest sprzeczne z aktu-

Tabela 2. Źródła radonu w mieszkaniach – wymiana powietrza co godzinę - (dane statystyczne)

Źródło radonu	Udział w %
Podłoże (gleba)	78
Materiały budowlane	12
Powietrze atmosferyczne	9
Woda + gaz	ok. 1

Według UNSCEAR USA

alną tendencją do ocieplania domów i oszczędzania energii, podyktowaną względami zarówno ekonomicznymi jak i ekologicznymi. Decydujący wpływ na stężenie radonu mają przede wszystkim:

- koncentracja radu w glebie,
 - spoistość gleby,
 - różnica ciśnień powietrza na zewnątrz i wewnątrz budynku.
- W niektórych przypadkach znaczenie może mieć radon zawarty w dostarczanych do domu – gazie i wodzie oraz zastosowane materiały budowlane.

Obecnie większą wagę przykładają do eliminowania źródeł promieniowania. Zalecane są dwie podstawowe metody. Pierwsza to obniżanie ciśnienia gazu w ziemi otaczającej budynek, ograniczające przenikaniu radonu do jego piwnic. Realizuje się to instalując w ziemi specjalny system rur i obniżając w nich ciśnienie pompami ssącymi albo metodą naturalnej konwekcji. Druga metoda polega na uszczelnieniu - zwłaszcza u podstawy domu. Głównie chodzi tu o szczeliny w podłodze i ścianach piwnicy, złączenia podłogi ze ścianami, różne otwo-

ry w ścianach czy studzienki w podłodze. Oczywiście obie metody mogą, a nawet powinny być stosowane równocześnie. Jeśli nawet i to okaże się nieskuteczne pozostaje zwiększenie wentylacji. Teoretycznie prostszym wydaje się usuwanie produktów rozpadu radonu przez skuteczną filtrację powietrza w pomieszczeniach, jednak metoda ta nie zyskała powszechnej akceptacji. Chociaż takie urządzenia usuwają z powietrza znaczną część produktów rozpadu, to nie do końca wiadomo jaki ma to wpływ na otrzymywaną przez mieszkańców dawkę skuteczną. Jednocześnie bowiem może wzrosnąć ilość produktów rozpadu Rn nie przyklejonych do cząstek kurzu i aerozoli, a osobne atomy Rn dostarczają większej dawki skutecznej niż taka sama ilość atomów przyklejonych do aerozoli.

Zgodnie ze starą zasadą „lepiej zapobiegać niż leczyć” ograniczajmy dostęp radonu do budynków, w których przebywamy.

*dr Andrzej Derugo – Centralny Instytut Ochrony Pracy PIB, Warszawa