

**BOHDAN GORZKOWSKI, KRZYSZTOF PACHOCKI, JERZY PEŃSKO,  
TADEUSZ MAJLE, ZDZISŁAW RÓŻYCKI**

**ANALIZA PORÓWNAWCZA DWÓCH METOD DYFUZYJNYCH  
POMIARU RADONU Rn-222 W POWIETRZU Z WYKORZYSTANIEM  
SPEKTROMETRU PROMIENI GAMMA I METODY CIEKŁEJ SCYNTYLACJI**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO DIFFUSION METHODS  
FOR RADON Rn-222 ESTIMATION IN ATMOSPHERIC AIR BY MEANS  
OF GAMMA-RAY SPECTROMETRY AND LIQUID SCINTILLATION COUNTING**

Z Zakładu Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie  
p.o. Kierownik: dr K. Pachocki

*Określono ilościowo stężenia radonu  $^{222}\text{Rn}$  w powietrzu budynków mieszkalnych (piwnicach) oraz wyższe stężenia tego radionuklidu w komorze radonowej. Pomiaru dokonano dwoma metodami dyfuzyjnymi równocześnie. Porównano wyniki uzyskane metodą spektrometrii promieniowania gamma z metodą płynnej scyntylacji cząstek alfa.*

Zakład Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii Państwowego Zakładu Higieny w Warszawie od szeregu lat zajmuje się, między innymi, problematyką ocen narażenia ludności w Polsce na radon i produkty jego rozpadu.

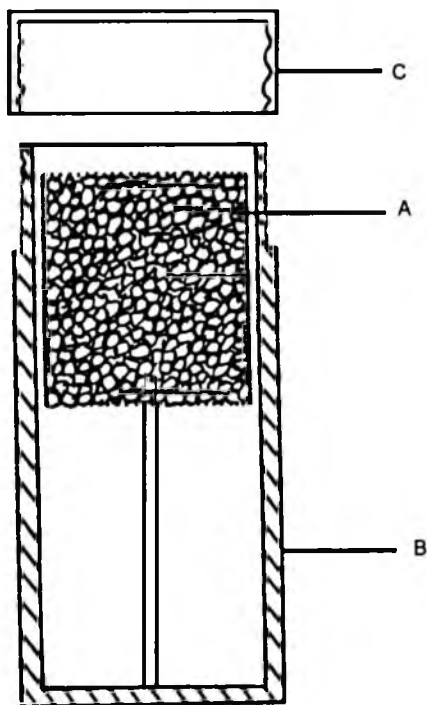
Radon jest gazem szlachetnym występującym powszechnie w środowisku przyrodniczym oraz w powietrzu wewnątrz budynków, gdzie jego stężenia mogą mieć znaczenie z punktu widzenia indukowania nowotworów płuc [4, 6, 9]. Przy ocenach szkodliwego wpływu tego czynnika na zdrowie człowieka jednym z ważniejszych elementów jest możliwość prawidłowego pomiaru stężeń, głównie radonu-222, gdyż pozostałe jego izotopy radon-220 i radon-219 nie odgrywają już tak istotnej roli [1, 7].

Prezentowana praca przedstawia opis i porównanie dwóch niezależnych od siebie metod dyfuzyjnych pomiaru stężeń  $^{222}\text{Rn}$  w powietrzu mieszkań. Obie te metody są stosowane w Zakładzie Ochrony Radiologicznej i Radiobiologii PZH od kilku lat. Pomiaru porównawcze przeprowadzono w celu sprawdzenia ich poprawności. Podobne porównania metod pomiaru stężenia radonu w powietrzu przeprowadzono również w innych ośrodkach [2].

**MATERIAŁ I METODY BADAŃ**

**Metoda pojemników węglowych z użyciem ciekłej scyntylacji  
(System „Packard”)**

Detektor Pico-Rad jest plastikowym cylindrycznym naczynkiem o wysokości 60 mm, średnicy 26 mm i pojemności 20 ml, zamkniętym od góry nakrętką. Wewnątrz na wysokości 30 mm od dna jest umocowany porowaty pojemnik zawierający 3,0 g mieszaniny węgla aktywowanego do wychwytywania



Ryc. 1 Detektor Pico-Rad

A – porowaty pojemnik z zawartością mieszanki węgla aktywowanego i pochłaniacza wilgotności, B – naczynko, C – nakrętka

## Pico-Rad detector

A – porous canister contains beads of charcoal and dessicant, B – vial, C – cap

radonu oraz silikazelu do pochłaniania obecnej w powietrzu wilgoci [ryc. 1]. Detektor po otwarciu umieszcza się w zamkniętym pomieszczeniu na wysokości od 0,6–1,8 m nad powierzchnią podłogi. Zalecany czas ekspozycji wynosi od 24 do 48 godzin. System ten dopuszcza minimalny czas ekspozycji 12 godzin, maksymalny 96 godzin. Wybór czasu ekspozycji zależy między innymi od wilgotności powietrza. Latem i przy większej wilgotności zalecany czas ekspozycji wynosi 24 godziny [ryc. 2]. Przy 48 godzinnej ekspozycji wychwytywanie radonu na węglu aktywowanym sięga 95%. Po zakończonej ekspozycji naczynko należy zamknąć. Następnie w laboratorium na dno naczynka Pico-Rad pipetuje się 10 ml roztworu scyntylacyjnego Insta-Fluor i powtórnie zakręca nakrętkę. Głównym rozpuszczalnikiem Insta-Fluor jest ksylen. Radon wykazuje większe powinowadztwo do par ksyleny niż do węgla aktywowanego w związku z czym po 3 godzinach 80% radonu ulega desorpcji. Sto procent desorpcji następuje po 8 godzinach [ryc. 3]. Packard zaleca oznaczanie aktywności radonu w liczniku Packard Tri-Carb 1900 TR po upływie 6–8 godzin od chwili dodania do detektora roztworu scyntylacyjnego Insta-Fluor. Analiza radioaktywności scyntylatora jest przeprowadzana przy wykorzystaniu wbudowanego w system programu komputerowego przeliczającego częstość zliczeń na stężenie radonu w badanym pomieszczeniu w jednostkach pCi/l (Pico-Rad Radon Analysis Program, Nitron Inc. ver. 3.11) [10].

Program ten pracuje pod systemem operacyjnym DOS w wersji 3.3 na komputerze IBM PC z twardym dyskiem 80 MB. Wymaga on co najmniej 640 kB pamięci operacyjnej RAM. Danymi sterującymi dla

tego programu są (niezależnie od bezpośrednich danych pomiarowych takich jak ilości zliczeń i czas pomiaru); okres połowicznego zaniku radonu, stała adsorpcji radonu na węglu aktywowanym, stała desorpcji radonu przez ciekły scyntylator oraz współczynnik kalibracji przeliczający częstość zliczeń (CPM) na stężenie radonu. Do programu każdorazowo wprowadza się również dane dotyczące czasu eksponowania dozymetru (początek i koniec ekspozycji), dokładną datę i godzinę zalania scyntylatorem oraz numer detektora i miejsce ekspozycji. Średnie stężenie radonu w powietrzu wyliczane jest z empirycznej formuły:

$$C \text{ (pCi/l)} = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 ; \quad (1)$$

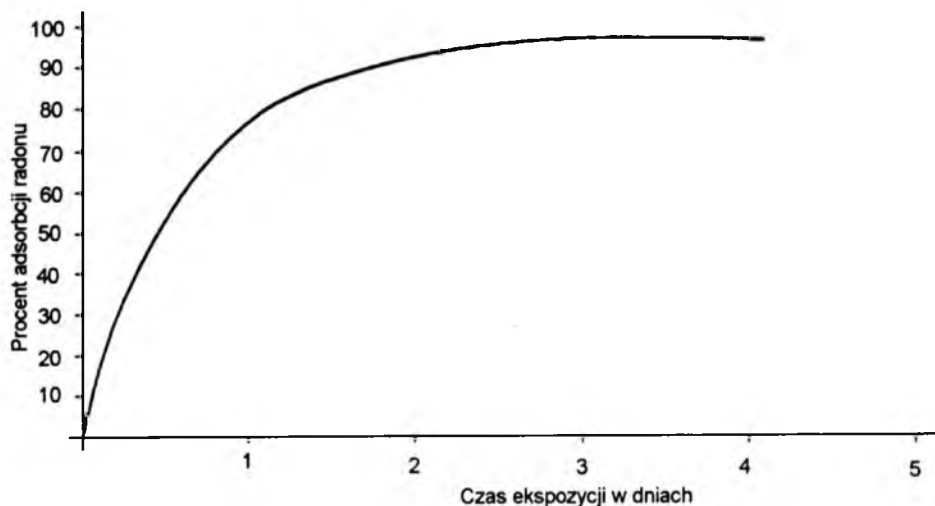
gdzie:

$f_1$  – jest współczynnikiem wzorcowania służącym do konwersji częstości zliczeń (CPM) na stężenie (pCi/l). Współczynnik ten zależy od właściwości użytego węgla aktywowanego.

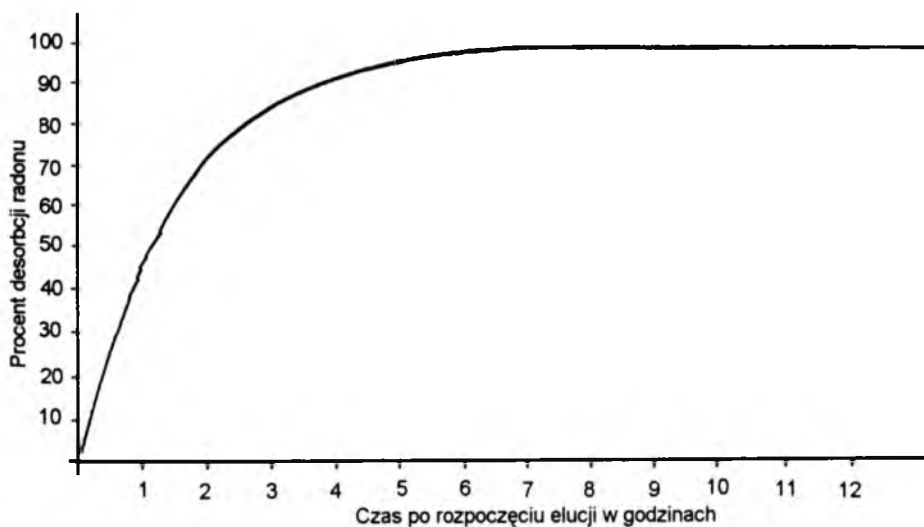
$f_2$  – jest współczynnikiem rozpadu. Służy on do uwzględnienia faktu, iż radon ulega rozpadowi w okresie od zakończenia ekspozycji do rozpoczęcia zliczania impulsów. Współczynnik ten ma wartość stałą.

$f_3$  – współczynnik adsorpcji. Ma wartość stałą i zależy od parametrów konstrukcyjnych detektora.

$f_4$  – współczynnik eluowania. Uwzględnia on czas potrzebny na dojście radonu do równowagi promieniotwórczej ze swoimi krótkożyjącymi produktami rozpadu oraz czas desorpcji. Zależy on od właściwości użytego scyntylatora (Packard Insta-Fluor Cocktail).



Ryc. 2. Adsorpcja radonu z powietrza w detektorze Pico-Rad  
Adsorption of radon in air in Pico-Rad detector



Ryc. 3. Desorpcja radonu z węgla aktywowanego w detektorze Pico-Rad przy użyciu roztworu scyntylacyjnego z zawartością ksylenu  
Radon desorption of charcoal in Pico-Rad detector using xylene based cocktail

Wartości współczynników użyte w programie były następujące:

$f_1$  - 0,708 pCi/l na CPM,

$f_2$  - 476 700 (sek),

$f_3$  - 64 800 (sek),

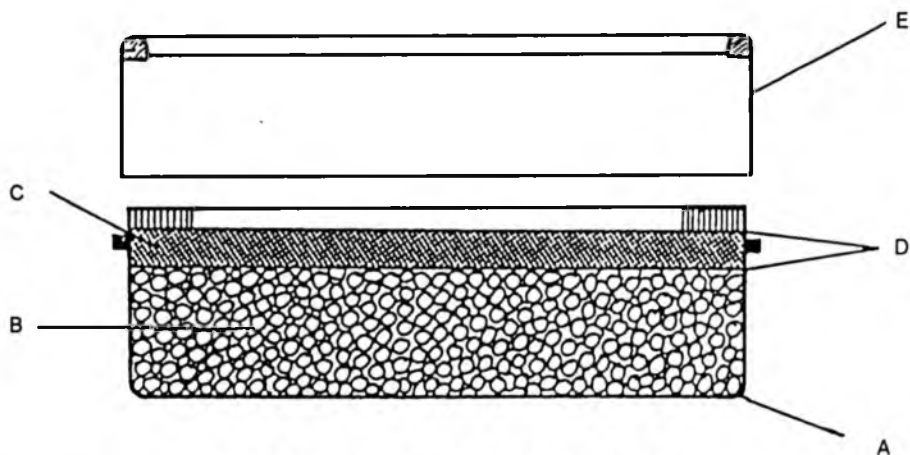
$f_4$  - 7 200 (sek).

Metoda detektorów Pico-Rad w systemie *Packard* pozwala na pomiar stężeń Rn-222 w powietrzu atmosferycznym powyżej  $11 \text{ Bq/m}^3$  z błędem  $\pm 5\%$ .

Metoda pojemników węglowych z użyciem spektrometrii promieniowania *gamma* (System „Peńsko”)

Metoda pomiaru stężenia Rn-222 w powietrzu atmosferycznym z zastosowaniem spektrometrii promieniowania *gamma* [8] polega na wykorzystaniu dobrze znanego procesu adsorpcji gazu na węglu aktywowanym. Obecny w powietrzu radon osadza się w porach węgla na drodze naturalnej dyfuzji, a następnie rozpada się na krótkożyjące radioaktywne produkty, z których istotną rolę w tej metodzie odgrywają Pb-214 i Bi-214. Obydwa te radioizotopy w trakcie swoich kolejnych rozpadów emitują znaczne ilości promieniowania *gamma* o dużych energiach. Wykorzystując to promieniowanie, a głównie kwanty *gamma* o energiach 295 keV, 352 keV, 610 keV, 1120 keV i 1238 keV określa się aktywność radonu osadzanego na węglu aktywowanym w czasie jego ekspozycji w badanej atmosferze. Aktywność ta jest proporcjonalna do średniego stężenia Rn-222 w powietrzu, jakie miało miejsce w okresie ekspozycji pojemnika z węglem aktywowanym. Pojemnik gotowy do pomiarów nazywany dla uproszczenia „węglowym detektorem radonowym”. Detektor węglowy składa się z pudełka metalowego o średnicy 110 mm i wysokości 40 mm, wypełnionego granulowanym węglem aktywowanym o masie około 70 gramów. Ze względu na niekorzystny wpływ pary wodnej zawartej w powietrzu pojemnik zawiera również około 35 gramów substancji pochłaniającej wilgoć (silikażel). Pudełko posiada hermetycznie zamykaną pokrywę [ryc. 4]. W ten sposób zbudowany detektor radonowy może być wielokrotnie używany. W tym celu, zarówno po wykorzystaniu, jak też przed ponownym użyciem, powinien zostać po zdjęciu pokrywy wygrzany przez 4 godziny w temperaturze  $130\text{--}140^\circ\text{C}$  w celu usunięcia z niego zalegających atomów radonu. Po zakończeniu wygrzewania detektor powinien zostać natychmiast szczelnie zamknięty.

Okres ekspozycji detektora na radon zawarty w badanym powietrzu, umożliwiający określenie jego średniego stężenia, liczy się od momentu zdjęcia hermetycznej pokrywy do momentu jego ponownego szczelnego zamknięcia. Optymalny czas ekspozycji wynosi od 4 do 7 dni [ryc. 5]. Detektor należy następnie przekazać do laboratorium spektrometrii promieniowania *gamma* w celu pomiaru zdeponowanej w nim aktywności. Pomiar powinien zostać rozpoczęty najwcześniej po upływie

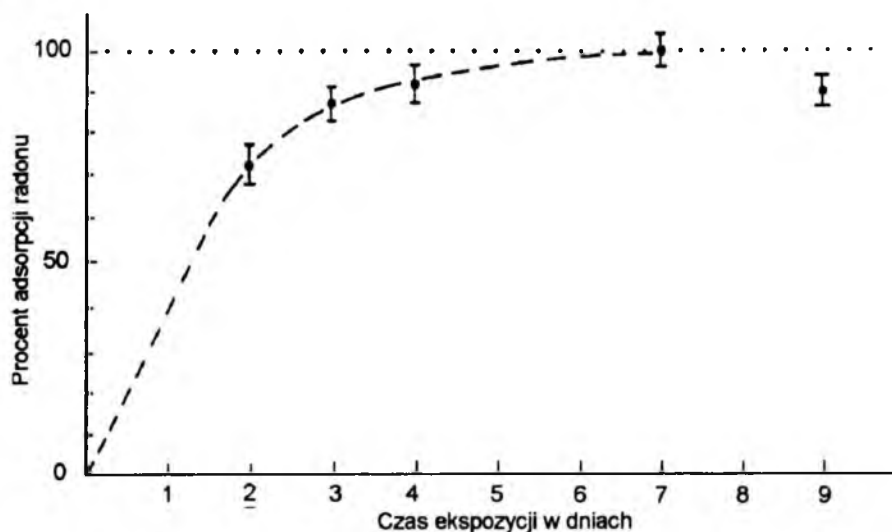


Ryc. 4. Detektor węglowy do pomiaru radonu

A – pojemnik aluminiowy o średnicy 11 cm, B – węgiel aktywowany, C – silikażel, D – siatka metalowa, E – pokrywa naczynka

Charcoal canister for radon measurements

A – aluminium canister of 11 cm diameter, B – charcoal, C – silicagel, D – metal grid, E – cover



Ryc. 5. Adsorpcja radonu z powietrza w detektorze systemu „Peńsko”  
Adsorption of radon in air in “Peńsko” detector-system

3 godzin, tj. minimalnego czasu potrzebnego dla ustalenia się równowagi promieniotwórczej między radonem-222 i jego krótkożyjącymi produktami rozpadu.

Stężenie Rn-222 w powietrzu można określić przy pomocy następującego równania:

$$C = \frac{A}{CF} \cdot \frac{DF}{EQ}$$

gdzie:

C – stężenie Rn-222 w powietrzu, Bq/m<sup>3</sup>,

A – aktywność zdeponowana w dozymetrze, Bq,

CF – współczynnik wzorcowania, CF = 0,24

DF – współczynnik rozpadu radonu uwzględniający czas t, jaki upłynął od połowy okresu ekspozycji dozymetru do chwili rozpoczęcia pomiaru jego aktywności, DF = exp(0,00756 t),

EQ – współczynnik równowagi uwzględniający narastanie aktywności zdeponowanej na węglu aktywowanym w miarę upływu czasu ekspozycji T, EQ = 1 - exp(-0,0272 T).

Wzorcowanie detektorów węglowych wykonano w specjalnym pomieszczeniu przeznaczonym do tego rodzaju czynności, znajdującym się w Instytucie Higieny Radiacyjnej w Neuherbergu w Niemczech. W pomieszczeniu tym stężenie Rn-222, w okresie ekspozycji detektorów, było utrzymane na prawie stałym poziomie. Pomiar odbywał się w sposób ciągły przyrządem specjalnej konstrukcji oraz dodatkowo, w odpowiednich momentach, przy pomocy komór *Lucasa*. Ostateczne stężenie Rn-222 daje się określić w Bq/m<sup>3</sup> według następującego wzoru:

$$C = 158,7 \frac{A}{T} \exp(0,01092 \cdot T) \exp(0,00756 \cdot t); \quad (3)$$

gdzie:

A – aktywność radonu-222 zdeponowana na węglu aktywowanym, Bq,

T – czas ekspozycji dozymetru węglowego, godziny,

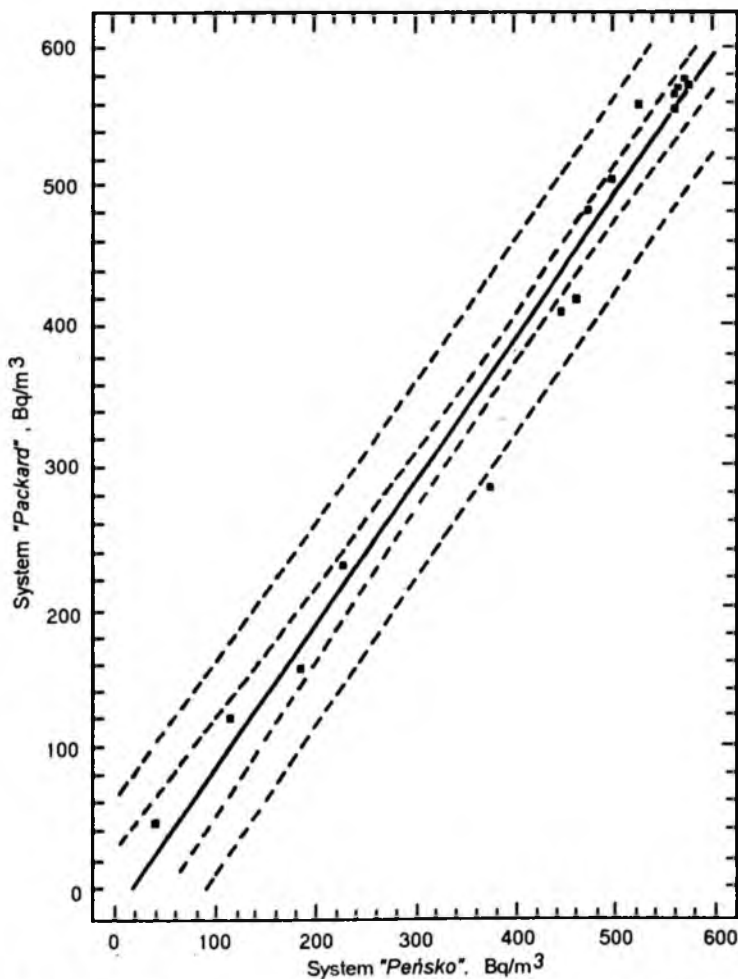
t – czas rozpadu radonu, godziny.

Metoda pozwala na pomiar stężenia Rn-222 w powietrzu atmosferycznym na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń zamkniętych, w których przebywają ludzie, w granicach od kilku Bq/m<sup>3</sup> do kilkuset tysięcy Bq/m<sup>3</sup> z błędem statystycznym około 20% dla dolnej granicy stężeń. Czas pomiaru

liczony od momentu rozpoczęcia ekspozycji detektora do uzyskania wyniku wynosi od około 3 do 7 dni w zależności od potrzeby i stężenia radonu.

#### Warunki przeprowadzenia pomiarów porównawczych

Pomiary radonu wykonano w warunkach naturalnych w piwnicach pomieszczeń mieszkalnych. Otwarte pojemniki z węglem aktywowanym systemu „Peńsko” i „Packard” umieszczano na okres od 48 do 100 godzin na tej samej wysokości, w pobliżu siebie, zwykle od 0,6 m do 1,8 m nad podłogą. Specjalne pomiary porównawcze dla wyższych stężeń Rn-222 przeprowadzono w komorze radonowej, gdzie na dwa miesiące przed pomiarami umieszczono otwarte naczynie z wodnym roztworem chlorku radu zawierającym izotop  $^{226}\text{Ra}$  o aktywności atestacyjnej 120,953 nCi (4475,989 Bq). Pomiary porównawcze wykonano w okresie od 13.09.1992 r. do 25.11.1993 r. Radon z powietrza



Ryc. 6. Analiza regresji liniowej między pomiarami radonu Rn-222 systemem „Packard” i systemem „Peńsko”

Regression analysis (linear model) of radon Rn-222 measurement using two parallel methods (system “Packard” and system “Peńsko”)

dyfundował do wnętrza pojemnika z węglem aktywowanym i adsorbował się na powierzchni węgla. Następnie zatrzymywano adsorpcję radonu przez szczelne zamknięcie pojemników. Do naczynek Pico-Rad dodawano 10 ml roztworu scyntylatorów w ksylenie (Insta-Fluor) i po co najmniej 8 godzinach dokonywano oznaczania aktywności Rn-222 w liczniku scyntylacyjnym Packard 1900 TR. Aktywność radonu w naczynkach systemu „Peńsko” oznaczano przy pomocy wielokanałowego (16 tys. kanałów) spektrometru promieniowania gamma (LIVIUS firmy Silena) z detektorem germanowym (PGT).

### WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki pomiarów przedstawia Tabela I. Wykres regresji liniowej wszystkich pomiarów przedstawia ryc. 6. Z przeprowadzonej analizy regresji według modelu liniowego  $y = a + bx$  wynika, że przeciętny przyrost wartości otrzymanych w systemie „Packard” w wyniku wzrostu wartości otrzymanych w systemie „Peńsko” wynosi  $b = 1,020 + 0,046$  i stanowi wartość istotną statystycznie, ponieważ poziom błędów jest praktycznie równy zeru. Wartość 97,47% zmienności danych otrzymanych w systemie „Packard” opisuje model liniowy w postaci:

$$\text{„Packard”} = 5,035 + 1,020 \text{ „Peńsko”}; \quad (4)$$

Natomiast wartość tej zmienności wynosząca 2,53% jest spowodowana czynnikami nie uwzględnionymi w modelu, takimi jak np. niejednorodność stężeń Rn-222 w całej objętości pomieszczeń pomiarowych, odrębności systemów wzorcowania dozymetrów, brak całkowitej zdolności eliminacji wpływu wilgotności powietrza, błędem dopasowania krzywej regresji. Korelacja zmiennych wartości stężeń Rn-222 w powietrzu pomieszczeń doświadczalnych, otrzymanych w systemie „Packard” i w systemie „Peńsko” jest bardzo duża o czym świadczy współczynnik korelacji wynoszący 0,987. Faktyczna przeciętna rozbieżność między wartościami stężeń Rn-222 zaobserwowanymi empirycznie w systemie „Packard” a poziomem tej zmiennej wyznaczonym przez model (4) wynosi 31 Bq/m<sup>3</sup>, co stanowi około  $\pm 11\%$  dla średniej wartości zakresu mierzonej zmiennej.

Reasumując, obie metody są w przybliżeniu jednakowo dokładne i mogą być z powodzeniem stosowane do pomiarów stężeń <sup>222</sup>Rn w powietrzu wewnątrz budynków z tym, że optymalny czas ekspozycji dozymetru radonowego systemu „Packard” wynosi około dwie doby, natomiast w systemie „Peńsko” czas ten wynosi około 6 dób. Rzeczywista przeciętna rozbieżność, jak już wspomniano powyżej, między mierzonymi wartościami nie przekracza  $\pm 11\%$ .

Tabela I. Wyniki pomiarów porównawczych  
Values of measurements results.

Miejsce pomiaru	Data i czas ekspozycji	Stężenie Rn-222, Bq/m <sup>3</sup>	
		System „Packard”	„Peńsko”
1	2	3	4
Piwnica domu wielorodzinnego (cegła i pustaki)	13.09.92–15.09.92 54 h	96	102

1	2	3	4
Komora radonowa	13.09.92–16.09.92 72 h	444 481	414 486
Laboratorium spektrometrii PZH (stara cegła)	13.09.92–16.09.92 65 h	30	36
Piwnica domu wielorodzinnego (wielka płyta)	14.02.93–18.02.93 96 h	32	39
	28.02.93–2.03.93 48 h	23	27
Komora radonowa (bez radonu)	19.03.93–23.03.93 96 h	26	24
Piwnica domu jednorodzinnego (stara cegła)	01.05.93–04.05.93 67 h	44	39
Piwnica domu wielorodzinnego (cegła i pustaki)	01.05.93–05.05.93 100 h	181	136
Komora radonowa	13.05.93–17.05.93 95,5 h	118	125
Piwnica domu wielorodzinnego (cegła i pustaki)	14.05.93–17.05.93 73 h	189	152
Komora radonowa	22.10.93–25.10.93 72 h	555	560
Piwnica domu wielorodzinnego (cegła i pustaki)	23.11.93–25.11.93 72 h	370	372

### WNIOSKI

1. Obie metody są jednakowo dokładne i mogą być z powodzeniem stosowane do pomiarów stężeń radonu  $^{222}\text{Rn}$  w powietrzu wewnątrz budynków.

2. Rzeczywista przeciętna rozbieżność między mierzonymi wartościami nie przekracza  $\pm 11\%$ .

3. Praktyczne zastosowanie każdej z porównywanych metod zależy od potrzeb pomiarowych i niektórych warunków środowiskowych. Najbardziej korzystny czas ekspozycji na radon detektorów Pico-Rad w systemie „Packard” wynosi od 24 do 48 godzin, podczas gdy optymalny czas ekspozycji dozymetrów w systemie „Peńsko” wynosi od 144 do 168 godzin.

4. Najmniejsze stężenie Rn-222 w powietrzu, które można zmierzyć systemem „Packard” z błędem statystycznym około  $\pm 5\%$  wynosi  $11 \text{ Bq/m}^3$ , podczas gdy dla systemu „Peńsko” wynosi ono około  $5 \text{ Bq/m}^3$ , przy błędzie statystycznym  $\pm 20\%$ .

5. Detektory radonu Pico-Rad w systemie „Packard” nadają się dobrze do pomiarów stężeń radonu w powietrzu przekraczających wartości  $11 \text{ Bq/m}^3$ , a więc takich jakie występują w powietrzu wewnątrz budynków. Jednak nie są one odporne na względną wilgotność powietrza przewyższającą  $90\%$ .



6. Ze względu na różnice w optymalnych czasach ekspozycji obu typów detektorów, system „Packard” dostarcza dane uśrednione na krótki okres 1-2 dni, podczas gdy system „Peńsko” dostarcza wartości średnich z okresu do 7 dni. W związku z tym pomiar w systemie „Peńsko” w znacznie większym stopniu eliminuje wpływ wahań stężeń radonu występujących w okresach dobowych. Pozwala to na lepszą ocenę rzeczywistego narażenia organizmu człowieka na ten czynnik. Obydwa porównywane systemy przewyższają jakościowo metody pomiarów chwilowych stężeń Rn-222 w powietrzu atmosferycznym, takich jak np. z zastosowaniem komór *Lucasa*. Nie są jednak w stanie zastąpić metod integracyjnych na okresy kilku miesięcy z zastosowaniem np. detektorów śladowych.

7. Całkowity koszt urządzeń i pomiarów w systemie „Peńsko” jest wielokrotnie mniejszy niż w systemie „Packard”.

8. System „Packard” umożliwia również pomiary stężeń Rn-222 w próbkach wody, co nie jest możliwe przy zastosowaniu systemu „Peńsko”. Z drugiej strony system „Peńsko” bez żadnych modyfikacji aparaturowych pozwala na pomiary stopnia ekshalacji radonu z dużych powierzchni (ziemia, skały, ściany i podłogi budynków), co nie jest możliwe w systemie „Packard”.

B. Gorzkowski, K. Pachocki, J. Peńsko, T. Majle, Z. Różycki

COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO DIFFUSION METHODS  
FOR RADON Rn-222 ESTIMATION IN ATMOSPHERIC AIR BY MEANS  
OF GAMMA-RAY SPECTROMETRY AND LIQUID SCINTILLATION COUNTING

Summary

The comparative measurements of radon Rn-222 concentration in indoor air of some buildings and in radon labour chamber have been conducted using two different diffusion methods. The results of parallel measurements using radon charcoal detectors and gamma-rays spectrometry with liquid alpha scintillation counting (Pico-Rad) have been presented.

It was concluded that both methods offer the similar measurements possibilities of radon concentrations in the air from about 30 Bq/m<sup>3</sup> to about 600 Bq/m<sup>3</sup> with the real average divergence between both methods of about ± 11%.

PIŚMIENNICTWO

1. Biernacka M., Henschke J., Jagielak J., Koczyński A., Mamont-Cieśla K.: Preliminary measurements of the natural ionization radiation in three types of buildings in Poland. *Post. Fiz. Med.* 1991, 26, 1-2, 55.
2. Cohen B.L.: Liquid Scintillation versus gamma ray counting in radon measurement with charcoal. *Am. J. Publ. Health*, 1991, 81, 12, 1676.
3. Field R.W., Kross B.C.: Field comparison of several commercially available radon detectors. *Am. J. Publ. Health*, 1990, 80, 8, 926.
4. Health risks of radon and other internally deposited alpha-emitters. BEIR IV. Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations. National Academy Press. Washington D.C. 1988.
5. Homma Y., Murase Y., Handa K.: A modified integral counting method and efficiency tracing method for measuring <sup>222</sup>Rn by liquid-scintillation counting. *Appl. Radiat. Isot.* 1994, 45, 6, 699.
6. Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters. *Annals of the ICRP*. ICRP

Publication 50. Pergamon Press, Oxford, 1987, 17, No 1. – 7. *Mommont-Cieśla K.*: Sources of radon in indoor air. *Nukleonika*, 1993, 38, 4, 71. – 8. *Peńsko J., Wicke A.*: Measurement techniques for the estimation of Rn-222 concentration. *Post. Fiz. Med.* 1988, 23, 4, 263. – 9. *Pershagen G., Akerblom G., Axelsson O.*: Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. *N. Engl. J. Med.* 1994, 330, 59. – 10. Pico-Rad radon analysis software. Packard Instrument. 1988.

Dn. 1994.10.12

00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24