

Problemy z naturalną promieniotwórczością (NORM) oraz wzmożoną promieniotwórczością naturalną będącą następstwem różnych procesów technologicznych (TENORM) zaczęły narastać w Holandii w połowie lat 80. ubiegłego stulecia w związku z dyskusjami nad wykorzystaniem popiołów lotnych w budownictwie oraz drogownictwie.

Badania materiałów zawierających NORM I TENORM za pomocą spektrometrii gamma były w tym czasie dopiero w fazie rozwoju. Obecnie wykorzystuje się różnorodne techniki spektrometryczne, charakteryzujące się dużą precyzją. Stan techniki umożliwia obecnie określenie aktywności właściwej izotopów z szeregu uranowego czy torowego z dokładnością między 2–10%, nawet w przypadkach, gdy izotopy z danego szeregu nie są w równowadze promieniotwórczej w różnych materiałach typu NORM czy TENORM.

W praktyce oznacza to, że coraz istotniejszym problemem teraz i w przyszłości staje się niepewność spowodowana sposobem poboru próbek zawierających naturalne izotopy promieniotwórcze. Znaczenie prawidłowego poboru próbek wzrasta po wprowadzeniu do krajowego systemu legislacyjnego Dyrektywy Komisji Unii Europejskiej L 159 (1996). Aktywność właściwa badanych próbek musi być obecnie obliczana jako średnia ważona zgodnie z tą Dyrektywą.

Przegląd różnych metod gamma-spektrometrycznych, od najprostszych do najbardziej zaawansowanych, jest przedstawiony w niniejszej pracy wraz z ich zaletami i ograniczeniami.

Ponadto specjalną uwagę zwrócono na praktyczne problemy, jakie pojawiają się przy poborze próbek reprezentatywnych materiałów zawierających materiały NORM czy TENORM. Ma to na celu ograniczenie możliwości błędów podczas poboru, a tym samym minimalizację całkowitego błędu analiz spektrometrycznych. Przedstawiono również standardy postępowania i wytyczne wraz z dyskusją na temat ich wprowadzania w praktyce.

## 31.

### **Factors controlling measurements of mass radon exhalation coefficient**

#### **Czynniki wpływające na pomiar masowego współczynnika ekshalacji radonu**

Nguyen Dinh Chau, Stefan J. Kalita, Edward Chruściel, Łukasz Prokólski

Faculty of Physics and Nuclear Techniques, AGH University of Sciences and Technology, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, POLAND

The determination of mass radon exhalation coefficient usually consists of measurements of radon contents in an emanation chamber containing a certain sample of investigated material as a function of radon growth time. The procedure seems to be simple, however results of radon exhalation coefficient measurement of the same investigated material from different laboratories usually differ. To answer the question, the authors attempted to investigate some factors such: sample mass, the ratio of a sample to emanation chamber volumes (volume ratio  $V_p/V_k$ ), sample granulation and moisture.

To investigate the above mentioned factors an emanation chamber of a volume of  $10 \text{ dm}^3$  and a Lucas cell with radiometer pylon AB-5 were used. The measurement procedure of the radon exhalation coefficient is described as follows: an investigated sample of a known mass and volume was closed tightly in the emanation chamber, then the growing of radon content in the chamber was measured. The radon contents were measured every 24 hours or so. The

typical curve describing the relation between the radon content (N) in the emanation chamber and time (t) is presented in Fig. 1. The curve of Fig. 1 can be presented by a well known equation

$$N(t) = a(1 - \exp(-bt))$$

where  $a = (E_m \cdot b)/m$ ,  $b$  is decay constants of radon,  $E_m$  is the mass radon exhalation coefficient [ $Bq \cdot s^{-1} \cdot kg^{-1}$ ] and  $a$  – sample mass [kg]. In Tables 1, 2 and 3, the measured values of radon exhalation coefficient are presented for samples of the different mass, different volume ratios  $V_p/V_k$ , different grain sizes and humidity.

The results given in Tables 1a & 1b show that the measured values of radon exhalation coefficient strongly depend on physical sample parameters. So they should be reported together with the measured values of mass radon exhalation coefficient. The trial of explanation of this phenomenon will be published by Chau et al (2004).

This work was partly sponsored by the Polish Radon Center

Chau N.D., Kalita K.J., Chruściel E., Prokólski Ł. 2004 „Factors controlling measurements of mass radon exhalation coefficient”, Journal of Environmental Radioactivity (under preparation).

Nezmal M., 2002, The international measurement of mass radon exhalation coefficient of some bulding materials. Unpublished raport, Czech Republic, September 2002.

Table 1.

Mass [kg]	$V_p/V_k$	$E_m \pm 2\sigma$ ( $\mu Bq \cdot s^{-1} \cdot kg^{-1}$ )
0.05	0.0057	185±15
0.10	0.0140	189±12
0.20	0.0273	209±8
0.35	0.0412	215±7
0.50	0.0570	212±6
0.70	0.0800	175±8
1.00	0.1130	168±4

Table 2.

Grain sizes	$E_m \pm 2\sigma$ ( $\mu Bq \cdot s^{-1} \cdot kg^{-1}$ )
<1 mm	165±6
1–2 mm	167±5
2–4 mm	170±7
>4 mm	225±11
–	–
–	–
–	–

Table 3.

Humidity [%]	$E_m \pm 2\sigma$ ( $Bq \cdot s^{-1} \cdot kg^{-1}$ )
0	129±4
2	212±6
6	302±11
10	217±7
–	–
–	–
–	–

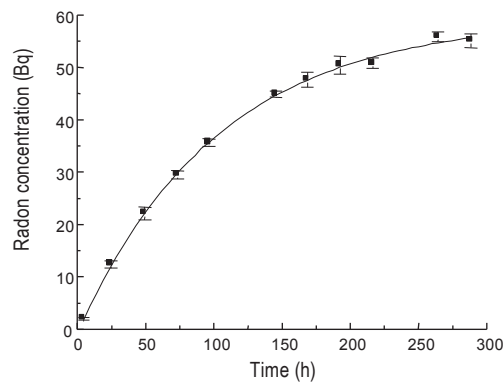


Fig. 1. The typical curve describing a relation between Rn content & time

★ ★ ★

Procedura określenia masowego współczynnika ekshalacji radonu zwykle polega na pomiarze wzrostu zawartości radonu w czasie w szczelnie zamkniętej komorze emanacyjnej zawierającej badaną próbkę. Procedura ta wydaje się być prosta, jednak wyniki pomiarów wykonanych przez różne laboratoria dla tego samego materiału zwykle są zróżnicowane [Neznan 2002]. Dla wyjaśnienia tego faktu, autorzy postanowili zbadać wpływ na wynik pomiaru takich czynników, jak: masa próbki, iloraz objętości próbki VP do objętości komory VK ( $V_p/V_K$ ), frakcja ziarnowa i wilgotność badanej próbki.

Do przeprowadzenia pomiaru zastosowano komorę emanacyjną o rozmiarach 20·20·25 cm ( $V_K = 10 \text{ dm}^3$ ) i komorę Lucasa z scyntylatorem ZnS współpracującą z radiometrem AB-5 (produkt firmy Pylon Electronic). Zastosowaną procedurę pomiarową można w skrócie opisać następująco: próbka badana o znanych parametrach takich, jak masa, objętość, frakcja ziarnowa i wilgotność, była umieszczona w szczelnie zamkniętej komorze emanacyjnej, a następnie mierzono zawartość radonu w komorze. Pomiar zawartości radonu wykonywany był codziennie aż do uzyskania nasycenia. Typowa krzywa doświadczalna zależności aktywności radonu od czasu, licząc od momentu zamknięcia próbki w komorze została przedstawiona na rys. 1. Krzywa ta jest dobrze opisana równaniem

$$N(t) = a(1 - \exp(-bt))$$

gdzie  $a = (E_m \cdot b) / m$ ,  $b$  jest stałą rozpadu radonu,  $E_m$  jest masowym współczynnikiem ekshalacji radonu [ $\text{Bq} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ] a  $m$  – masa próbki [kg]. W tabelach 1, 2 i 3 przedstawiono zmierzone wartości masowego współczynnika ekshalacji radonu dla próbek o różnych: masach,  $V_p/V_K$ , frakcjach ziarnowych i wilgotnościach.

Jak widać masowy współczynnik ekshalacji radonu jest silnie zależny od parametrów fizycznych próbki i badanego materiału. Z powyższych rozważań wynika, że przy podaniu zmierzonych wartości masowego współczynnika ekshalacji radonu danego materiału powinno się podawać równocześnie parametry fizyczne badanych próbek. Próba wyjaśnienia obserwowanych zależności współczynnika ekshalacji radonu od zmiany parametrów fizycznych próbki badanego materiału jest przedstawiona w pracy [Chau'a i wsp. 2004].

Praca częściowo jest sponsorowana przez Polskie Centrum Radonowe.

Chau N.D., Kalita K.J, Chruściel E., Prokólski Ł. 2004 „Factors controlling measurements of mass radon exhalation coefficient”, Journal of Environmental Radioactivity w przygotowaniu do druku.

Neznan M. 2002, The international measurement of mass radon exhalation coefficient of some building materials. Unpublished raport, Czech Republic September 2002.

Tabela 1.

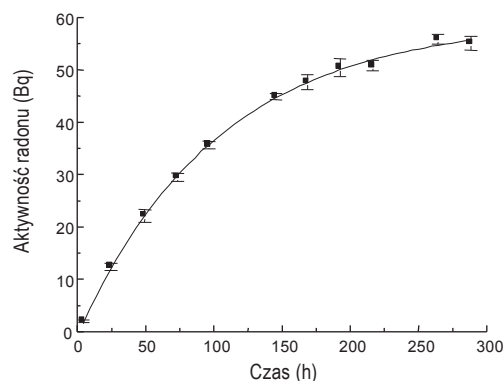
Masa [kg]	$V_p/V_k$	$E_m \pm 2\sigma$ ( $\mu\text{Bq} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
0,05	0,0057	185±15
0,10	0,0140	189±12
0,20	0,0273	209±8
0,35	0,0412	215±7
0,50	0,0570	212±6
0,70	0,0800	175±8
1,00	0,1130	168±4

Tabela 2.

Rozmiar ziaren	$E_m \pm 2\sigma$ ( $\mu\text{Bq} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
<1 mm	165±6
1–2 mm	167±5
2–4 mm	170±7
>4 mm	225±11
–	–
–	–
–	–

Tabela 3.

Wilgotność [%]	$E_m \pm 2\sigma$ [ $\text{Bq} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ]
0	129±4
2	212±6
6	302±11
10	217±7
–	–
–	–
–	–



Rys. 1. Typowa krzywa narastania w czasie zawartości radonu w komorze emanacyjnej

## 32.

### Concentrations of $^{222}\text{Rn}$ in groundwaters flowing through different crystalline rocks: an example from Śląza Massif (Poland)

#### Stężenia $^{222}\text{Rn}$ w wodach podziemnych przepływających przez różne skały krystaliczne: przykład z Masywu Śląży (Polska)

Tadeusz A. Przylibski

Wrocław University of Technology, Faculty of Mining, Division of Geology and Mineral Waters, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, POLAND

Śląza Massif is situated in the south-western part of Poland, about 30 km SW of Wrocław, the capital city of Lower Silesia. The geological setting of the research area is typical of the Sudety Mountains. Different types of crystalline rocks, both of igneous and metamorphic origin, occur on the area of 25 km<sup>2</sup>. On the surface of this relatively small area, Lower Carboniferous to Lower Permian Strzegom-Sobótka Granite and Devonian Śląza Ophiolite are uncovered. The result is the occurrence of granites, gabbros, amphibolites and serpentinites, directly neighbouring on each other.

The author selected this area for determining the influence of rock type on the concentration of  $^{222}\text{Rn}$  dissolved in groundwaters flowing through crystalline rocks. The first stage of the research consisted of determining typical values of  $^{222}\text{Rn}$  concentration in groundwaters flowing through different types of rocks and describing the scale of seasonal changes in  $^{222}\text{Rn}$  concentration. In the next stage of the research, an attempt to apply  $^{222}\text{Rn}$  as one of the isotopic hydrogeochemical tracers of pathways flow of fissure groundwaters will be undertaken.

The results show that the highest values of  $^{222}\text{Rn}$  concentration (reaching 229 Bq/dm<sup>3</sup>) were observed in groundwaters flowing out of springs located within granite, whereas the lowest one (1.1 Bq/dm<sup>3</sup>) was noted in a spring located within serpentinite. The average  $^{222}\text{Rn}$  concentrations obtained in groundwaters flowing out of two springs within granite were 174 and 85 Bq/dm<sup>3</sup>, whereas the average values in two springs located within amphibolites reached 7.3 and 8.7 Bq/dm<sup>3</sup>. The average  $^{222}\text{Rn}$  concentrations in the springs flowing out of gabbro and serpentinite amounted to 7.4 Bq/dm<sup>3</sup> and 1.2 Bq/dm<sup>3</sup> respectively.  $^{222}\text{Rn}$  concentration in the