

PL 9700855



PL9700855

RAPORTY IChTJ. SERIA B nr 7/96

**SYMULACJA KONCENTRACJI PRODUKTÓW
ROZPADU Rn-222 OSADZANYCH NA FILTRZE.
OPIS PROGRAMU KOMPUTEROWEGO
radon1.pas**

Bronisław Machaj

Warszawa 1996

R

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

dr Wiktor Smulek, Ewa Godlewska, Sylwester Wojtas

WYDAWCA

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa
tel.: (0-22) 11 06 56; telex: 813027 ichtj pl; fax: (0-22) 11 15 32;
e-mail: sekdyrn@orange.ichtj.waw.pl

Symbol UKD: 721.3

Symbol INIS: D22

Słowa kluczowe: **PRODUKTY ROZPADU RADONU, PROGRAM KOMPUTEROWY**

Raport został wydany w postaci otrzymanej od Autora

**Symulacja koncentracji produktów rozpadu Rn-222 osadzanych na filtrze.
Opis programu komputerowego radon1.pas**

Opisano program komputerowy symulujący rozkład aktywności produktów rozpadu ^{222}Rn osadzanych na filtrze powietrza, przy dowolnym stopniu równowagi promieniotwórczej. Osadzanie produktów rozpadu symulowane jest przez sumowanie dyskretnych próbek co 1/10 minuty w zakresie od 1 do 10 min. Koncentracja (aktywność) produktów rozpadu obliczana jest w 1-minutowych interwałach czasowych w zakresie od 1 do 100 min. Dodatkowo obliczana jest aktywność sumy, i aktywność całkowita promieniowania alfa $^{218}\text{Po}+^{214}\text{Po}$ od momentu rozpoczęcia osadzania produktów rozpadu na filtrze do $t=100$ min.

**Simulation of Rn-222 decay products concentration deposited on a filter.
Description of radon1.pas computer program**

A computer program allowing simulation of activity distribution of Rn-222 short lived decay products deposited on a filter against time is presented, for any radiation equilibrium degree of the decay products. Deposition of the decay products is simulated by summing discrete samples every 1/10 min. in the sampling time from 1 to 10 min. The concentration (activity) of the decay products is computed in one minute intervals in the range 1 - 100 min. The alpha concentration and the total activity of Po-218 + Po-214 produced are computed in the range 1 to 100 min. as well.

SPIS TREŚCI

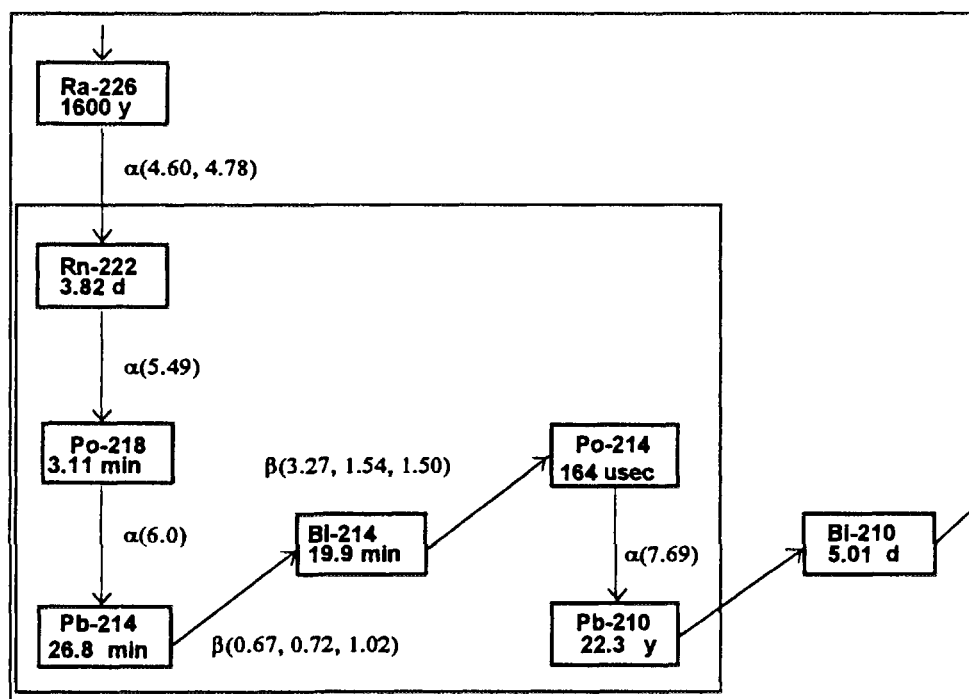
1. WPROWADZENIE	7
2. ZALEŻNOŚCI WYKORZYSTANE W PROGRAMIE	7
3. REALIZACJA PROGRAMU	8
4. FUNKCJE PROGRAMU	10
5. LITERATURA	12

1. WPROWADZENIE

Jedną z metod pomiaru zagrożenia radiologicznego wywołanego przez Rn-222 znajdujący się w powietrzu jest pomiar koncentracji krótkożyciowych produktów rozpadu radonu w powietrzu. Pomiaru koncentracji oraz energii potencjalnej alfa produktów rozpadu dokonuje się przez osadzanie ich na filtrze i pomiar aktywności sumarycznej alfa pochodzących od Po-218+Po-214 w różnych interwałach czasowych [1-8]. Przy optymalizacji warunków pracy takiego miernika bardzo przydatną jest znajomość przebiegu zmian aktywności produktów rozpadu osadzonych na filtrze powietrza. Mając to na względzie opracowano program komputerowy do symulacji osadzania na filtrze produktów rozpadu radonu oraz obliczeń ich aktywności w funkcji czasu. Program napisany został w języku Turbo Pascal i przystosowany jest do pracy na komputerach personalnych typu PC IBM. W raporcie podano opis realizacji programu.

2. ZALEŻNOŚCI WYKORZYSTANE W PROGRAMIE

Radon-222 jest produktem rozpadu Ra-226 w łańcuchu uranu, patrz rys. 1, i sam rozpada się z okresem rozpadu połowicznego 3,82 dnia tworząc swoje krótkożyciowe produkty rozpadu: Po-218, Pb-214, Bi-214 i Po-214, zwane również: RaA, RaB, RaC i RaC' odpowiednio. Osadzone na filtrze produkty rozpadu razem z aerozolami pyłu ulegają przemianom promieniotwórczym.



Rys. 1. Łańcuch rozpadu Rn-222 i jego krótkożyciowych produktów rozpadu [9]. Czasy rozpadu połowicznego produktów rozpadu w obliczeniach przyjęto jak na rysunku. Energię cząstek alfa podano w MeV.

Liczba radioaktywnych atomów nuklidu A zmienia się w czasie wg zależności [10]:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

A - liczba atomów radioaktywnych po czasie t,
 A_0 - liczba atomów radioaktywnych w czasie $t = 0$.

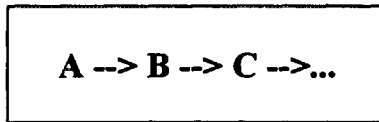
Stała rozpadu równa jest:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (2)$$

gdzie: $T_{1/2}$ - okres rozpadu połowicznego, zaś aktywność radiomuklidu określona jest przez:

$$A \lambda = \lambda A_0 e^{-\lambda t} \quad (3)$$

W łańcuchu rozpadu promieniotwórczego szeregu pierwiastków:



gdzie każdy z nich rozpada się ze stałą rozpadu λ_A , λ_B , λ_C odpowiednio, liczba radioaktywnych atomów nuklidu B wynosi:

$$B = B_0 e^{-\lambda_B t} + A_0 \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) \quad (4)$$

B_0 - liczba atomów radioaktywnych nuklidu B w czasie $t = 0$.

Pierwszy człon równania (4) odpowiedzialny jest za zanik nuklidu B na skutek rozpadu początkowej liczby atomów B_0 , drugi za udział nuklidu A na wzrost liczby atomów radioaktywnych nuklidu B.

Liczba atomów nuklidu C dana jest równaniem:

$$C = C_0 e^{-\lambda_C t} + B_0 \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B} (e^{-\lambda_B t} - e^{-\lambda_C t}) + A_0 (h_A e^{-\lambda_A t} + h_B e^{-\lambda_B t} + h_C e^{-\lambda_C t}) \quad (5)$$

$$h_A = \frac{\lambda_A}{\lambda_C - \lambda_A} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$$

$$h_B = \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} \frac{\lambda_B}{\lambda_C - \lambda_B}$$

$$h_C = \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_C} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C}$$

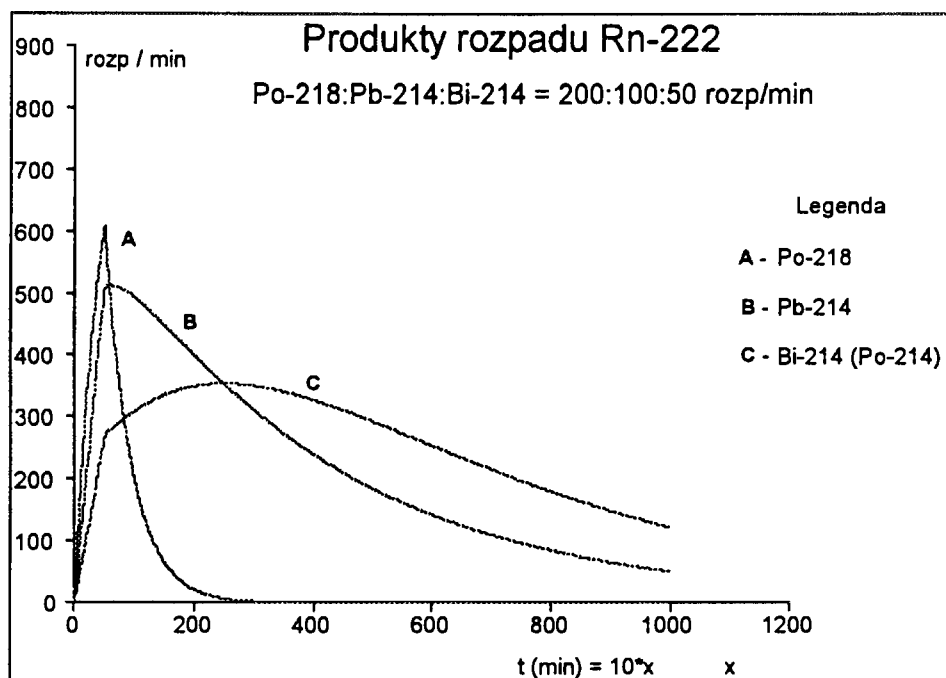
C_0 - liczba atomów izotopu C w czasie $t = 0$.

Pierwszy człon równania (5) odpowiada za rozpad atomów C_0 , drugi za udział atomów B_0 , a trzeci za udział atomów A_0 na liczbę atomów nuklidu C. Aktywność nuklidu B i C (rozpadów/ jednostkę czasu) równa jest: $\lambda_B B$, oraz $\lambda_C C$ odpowiednio.

3. REALIZACJA PROGRAMU

Osadzanie produktów rozpadu na filtrze powietrza w praktycznych zastosowaniach trwa kilka minut i przebiega w sposób ciągły. W czasie osadzania, przyrostowi aktywności na skutek przyrostu ilości osadzonych produktów rozpadu towarzyszy ich rozpad, szczególnie Po-218 o czasie rozpadu połowicznego $T_{1/2} = 3,11$ min. Proces narastania i rozpadu w programie symulowany jest w następujący sposób. Jeśli w ciągu 1 minuty na filtry gromadzi się A_0 , B_0 i C_0 radioaktywnych atomów nuklidu A, B i C tzn. Po-218, Pb-214 i Bi-214

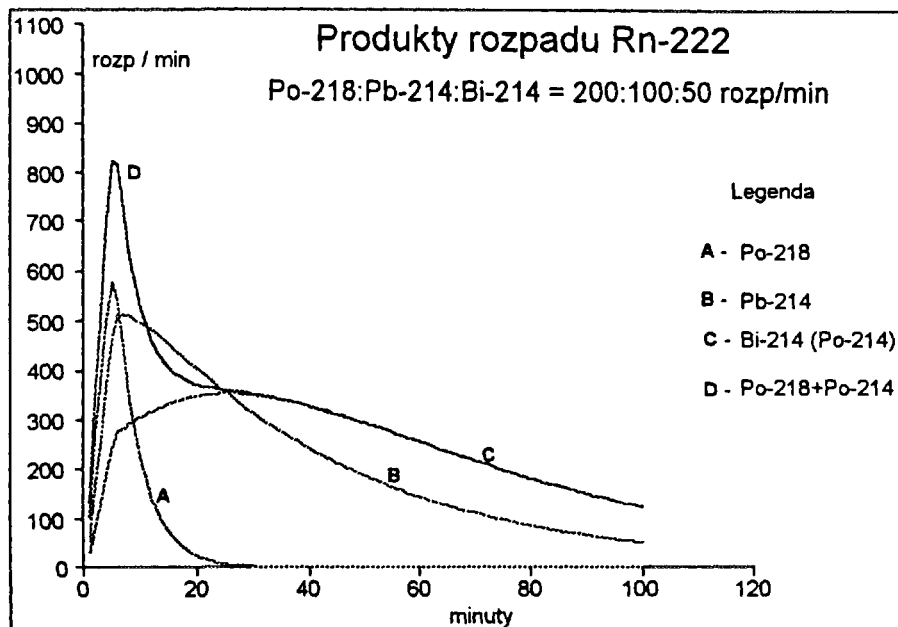
odpowiednio to wg wzorów (1 - 5) obliczono rozkład aktywności dla początkowej aktywności $A_0' = A_0/10$, $B_0' = B_0/10$ i $C_0' = C_0/10$ i tak otrzymane rozkłady aktywności w funkcji czasu (widma) dodawano do siebie z przesunięciem w czasie co 1/10 minuty. Liczba w ten sposób sumowanych widm zależy od czasu t osadzania produktów rozpadu na filtrze powietrza. Na rys. 2. przedstawiono tak otrzymane widma dla $Po-218:Pb-214:Bi-214 = 200:100:50$ rozp./min, oraz czasu osadzania próbki na filtrze $T = 5$ min.



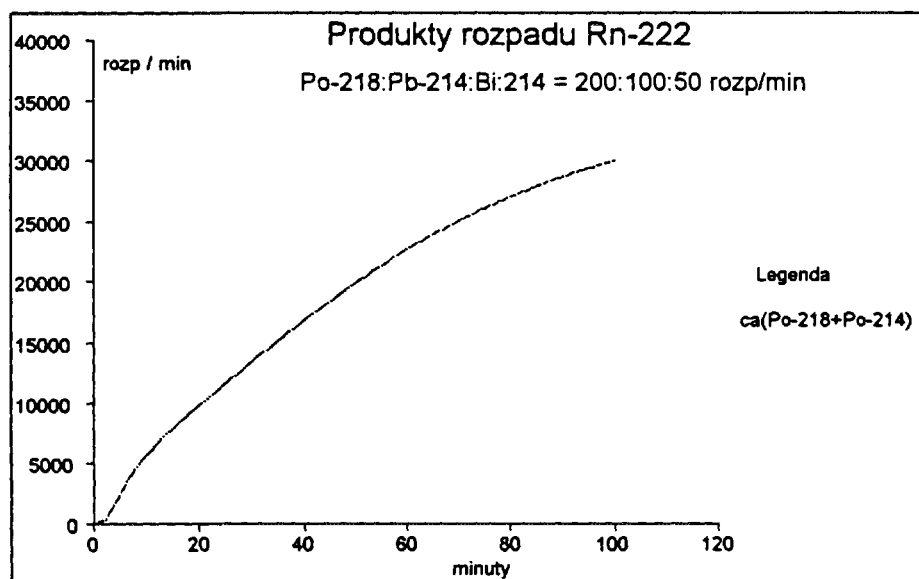
Rys. 2. Rozkład aktywności produktów rozpadu radonu dla czasu osadzania próbki na filtrze powietrza w czasie $T = 5$ min, wyliczony co 1/10 minuty.

Widma z rys. 2. są podstawą do wyliczenia aktywności poszczególnych produktów rozpadu w interwałach jednoczasowych w zakresie 1 - 100 min, jak i sumarycznej aktywności promieniowania alfa pochodzącego od $Po-218+Po-214$, patrz rys. 3. Na podstawie widm z rys. 2 wyliczana jest całkowita aktywności promieniowania alfa $Po-218+Po-214$ poczynając od momentu rozpoczęcia osadzania produktów rozpadu na filtrze do czasu t (bieżącego) w zakresie 1 - 100 min, patrz rys. 4. Na podstawie wykresu z rys. 4 dokonywane są też obliczenia aktywności promieniowania alfa $Po-218+Po-214$ w pięciu dowolnie wybranych interwałach czasu. Wyniki obliczeń zapisywane są na dysku w plikach:

- raly.dat - aktywność $Po-218$ co 1/10 minuty w kanałach (czasie) 0 - 999,
- rbly.dat - aktywność $Pb-214$ co 1/10 minuty w kanałach (czasie) 0 - 999,
- rcly.dat - aktywność $Bi-214$ ($Po-214$) co 1/10 minuty w kanałach (czasie) 0 - 999,
- ral.dat - aktywność $Po-218$ w interwałach 1 min w zakresie 1 - 100 min,
- rbl.dat - aktywność $Pb-214$ w interwałach 1 min w zakresie 1 - 100 min,
- rcl.dat - aktywność $Bi-214$ ($Po-214$) w interwałach 1 min, w zakresie 1 - 100 min,
- rsl.dat - aktywność $Po-218+Po-214$ w interwałach 1 min w zakresie 1 - 100 min,
- rssl.dat - aktywność całkowita $ca(Po-218+Po-214)$ co minutę w zakresie 1 - 100 min.



Rys. 3. Rozkład aktywności produktów rozpadu w interwałach jednoczynowych w funkcji czasu, dla czasu osadzania próbki na filtrze $T = 5$ min.



Rys. 4. Aktywność całkowita promieniowania alfa $Po-218+Po-214$ od momentu rozpoczęcia osadzania produktów rozpadu, dla czasu osadzania produktów rozpadu na filtrze w czasie $T = 5$ min.

4. FUNKCJE PROGRAMU

Po wywołaniu programu radon1 na ekranie monitora wyświetlona zostaje lista rozkazów. Przez wciśnięcie odpowiedniego klawisza (1 - 8) wybrana zostaje wymagana funkcja.

Obliczenia koncentracji produktów rozpadu radonu
w funkcji czasu.

Lista rozkazów

1. Parametry obliczeń
2. Rozkład RaA, RaB, RaC, RaA+RaC
3. Aktywność całkowita $ca(RaA+RaC')$
4. Aktywność $ca:(Rn+RaA+RaC)$ w interwałach czasowych
5. Listing RaA, RaB, RaC, RaA+RaC', $ca(Rn+RaA+RaC)$
6. Wydruk RaA, RaB, RaC, RaA+RaC', $ca(RaA+RaC')$
7. Konwersja widm binarnych na format ASCII
8. Wyjście do DOS

wciśnij odpowiedni klawisz

1. Parametry obliczeń. Funkcja służy do programowania koncentracji (rozp./min) Po-218, Pb-214, Bi-214 dla $t = 0$, czasu T (1 - 10 min) osadzania produktów rozpadu na filtry, oraz nazwy pliku w którym mają być zapisane przetworzone na format ASCII wyniki obliczeń (patrz funkcja 7).
2. Rozkład RaA, RaB, RaC, RaA+RaC'. Obliczony zostaje rozkład aktywności Po-218, Pb-214, Bi-214 (Po-214) oraz aktywność sumaryczna alfa Po-218+Po-214 w interwałach 1 min w zakresie 1 - 100 min, oraz zapisane zostają na dysku komputera.
3. Aktywność całkowita $ca(RaA+RaC')$. Obliczona jest całkowita aktywność alfa promieniowania Po-218+Po-214 w czasie od 1 - 100 min i zapisana na dysku komputera.
4. Aktywność całkowita $ca(RaA+RaC')$ w interwałach czasowych. Zaprogramowanych jest pięć dowolnych interwałów czasowych, oraz obliczona zostaje i wyświetlona aktywność całkowita alfa Po-218+Po-214 dla tych interwałów (bez zapisu na dysku komputera).
5. Listing RaA, RaB, RaC, RaA+RaC', $ca(RaA+RaC')$. Na ekranie monitora wyświetlona jest w postaci tablicy aktywność RaA, RaB, RaC, RaA+RaC, $ca(RaA+RaC')$ w interwałach 1 min w zakresie 1 - 100 min, lub RaA, RaB, RaC w interwałach 1/10 min. w zakresie 0 - 999 kanałów (1 kanał = 1/10 min).
6. Wydruk RaA, RaB, RaC, RaA+RaC', $ca(RaA+RaC')$. Drukowane są wyniki obliczeń wg funkcji 2 i 3.
7. Konwersja widm binarnych na format ASCII. Wyniki obliczeń wg funkcji 2 i 3 zapisane na dysku komputera w formacie binarnym w postaci liczb rzeczywistych (zapis liczb wymaga 6 bajtów) przetwarzane są na format ASCII i zapisywane na dysku w pliku o nazwie zaprogramowanej wg funkcji 1.

5. LITERATURA

1. E.C. Tsivoglou, H.E. Ayer, D.A. Haladay. Occurrence of nonequilibrium atmospheric mixtures of radon and its daughters. *Nucleonics*, 11, 9, 40 (1953).
2. J.W. Thomas. Measurement of radon daughters in air. *Health Phys.*, 23, 783 (1972).
3. K.P. Markov, N.W. Ryabov, K.N. Stas. Ekspres metod ocenki radiacionnoj opasnosti w wozduche doczernych produktow radona. *Atomnaja Energia*, 12, 4, 315-319 (1962).
4. W.W. Nazaroff. Optimizing the total alpha three count technique for measuring concentration of radon progeny in residences. *Health Phys.*, 46, 395-405 (1984).
5. A.G. Scott. A field method for measurements of radon daughters in air. *Health Phys.*, 41, 403-405 (1981).
6. N.P. Kartaszov. Ekspres metod opredeljenja koncentracijj aerzolnego RaA i skrytoj energii w wozduche. *Atomnaja Energia*, 20, 5, 444-448 (1966).
7. T. Domański, W. Chruścielewski. Metoda pomiaru niskich stężeń energii potencjalnej promieniowania alfa produktów rozpadu Rn-222 występujących w powietrzu kopalń. *Medycyna Pracy*, XXVII, 1, 29-37 (1976).
8. Radiation monitoring in the mining and milling of radioactive ores. IAEA Safety Series No. 95 (1989).
9. Radon and its decay products in indoor air. Eds. W.W. Nazaroff, A.V. Nero. John Willey & Sons, 1988.
10. The atomic nucleus. Ed. R.D. Evans. McGraw-Hill Company, 1970.