

KWALIFIKACJA ODPADÓW

wojnarowicz

Zakwalifikować do kategorii i podkategorii zużytą izotopową (Am-241) czujkę dymu o aktywności początkowej 7,4 kBq. Aktywność czujki określono na dzień 12.10.2001

Dane dla Am-241:

$$T = 432 \text{ a}$$

$$c_{A0} = 10^0 \text{ kBq/kg} = 1 \text{ kBq/kg} = 1 \text{ Bq/g}$$

$$A_0 = 10^4 \text{ Bq}$$

$$A = A_{\text{pocz}} e^{-(\ln 2 \cdot t/T)}$$

$$t = (2015.10.13 - 2001.10.12) = 14 \text{ a}$$

$$A = A_{\text{pocz}} e^{-(\ln 2 \cdot t/T)} = 7,4 \text{ kBq} \cdot e^{-(\ln 2 \cdot 14\text{a}/432\text{a})} = \\ = 7,4 \text{ kBq} \cdot 0,98 = 7,3 \text{ kBq} = \underline{\underline{7,3 \cdot 10^3 \text{ Bq}}}$$

Kategoria: NAkt, SAkt, WAkt, **ZZZ**

Podkategoria ZZZ: **ZZZNAkt**, ZZZSAkt, ZZZWAkt

(kryterium: ZZZNAkt: $A_i \leq 10^8 \text{ Bq}$)

długożyciowe (kryterium: $T > 30 \text{ a}$)

?

Zakwalifikować do kategorii i podkategorii źródło Ir-192 (radiografia przemysłowa) o aktywności początkowej 222 GBq. Rekomendowany czas pracy takiego źródła wynosi 1 rok

Dane dla Ir-192:

$$T = 74 \text{ d}$$

$$c_{A0} = 10^1 \text{ kBq/kg} = 10 \text{ kBq/kg} = 10 \text{ Bq/g}$$

$$A_0 = 10^4 \text{ Bq}$$

$$A_{HASS} = 10^{10} \text{ Bq}$$

$$A = A_{\text{pocz}} e^{-(\ln 2 \cdot t/T)}$$

$$t = 1 \text{ a}$$

$$\begin{aligned} A &= A_{\text{pocz}} e^{-(\ln 2 \cdot t/T)} = 222 \text{ GBq} \cdot e^{-(\ln 2 \cdot 1\text{a}/74\text{d})} = \\ &= 222 \text{ GBq} \cdot e^{-(\ln 2 \cdot 365,25\text{d}/74\text{d})} = 222 \text{ GBq} \cdot 0,033 = \\ &= 7,3 \text{ GBq} = \underline{\underline{7,3 \cdot 10^9 \text{ Bq}}} \end{aligned}$$

Kategoria: NAkt, SAkt, WAkt, **ZZZ**

Podkategoria ZZZ: ZZZNAkt, **ZZZSAkt**, ZZZWAkt

(kryterium: ZZZSAkt: $10^8 \text{ Bq} < A_i \leq 10^{12} \text{ Bq}$)

krótkożyciowe (kryterium: $T \leq 30 \text{ a}$)

ale HASS (kryterium: $A > A_0$)

W pracowni badawczej przez miesiąc zbierano odpady z analiz fizykochemicznych.

Rozpuszczalnikiem była woda ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ g/ml}$). Odpady zbierano w następujący sposób:

- po 200 kBq Lu-177 o objętości 200 ml wlewano co tydzień na koniec tygodnia – 4 porcje,
- po 300 kBq Y-90 o objętości 100 ml wlewano dwa razy w tygodniu (we wtorki i piątki) – 8 porcji,
- w połowie miesiąca wiano 200 ml I-125 o aktywności 500 kBq,
- tydzień przed napełnieniem pojemnika dolano 100 ml roztworu Am-241 o stężeniu 10 kBq/ml i 100 ml Sr-90 o stężeniu 100 kBq/ml

Przeanalizować problem odpadów

Lu-177

T = 6,71 d

$c_{A0} = 10^3$ kBq/kg

$A_0 = 10^7$ Bq

Y-90

T = 2,67 d

$c_{A0} = 10^3$ kBq/kg

$A_0 = 10^5$ Bq

I-125

T = 60,1 d

$c_{A0} = 10^3$ kBq/kg

$A_0 = 10^6$ Bq

Am-241

T = 432 a

$c_{A0} = 10^0$ kBq/kg

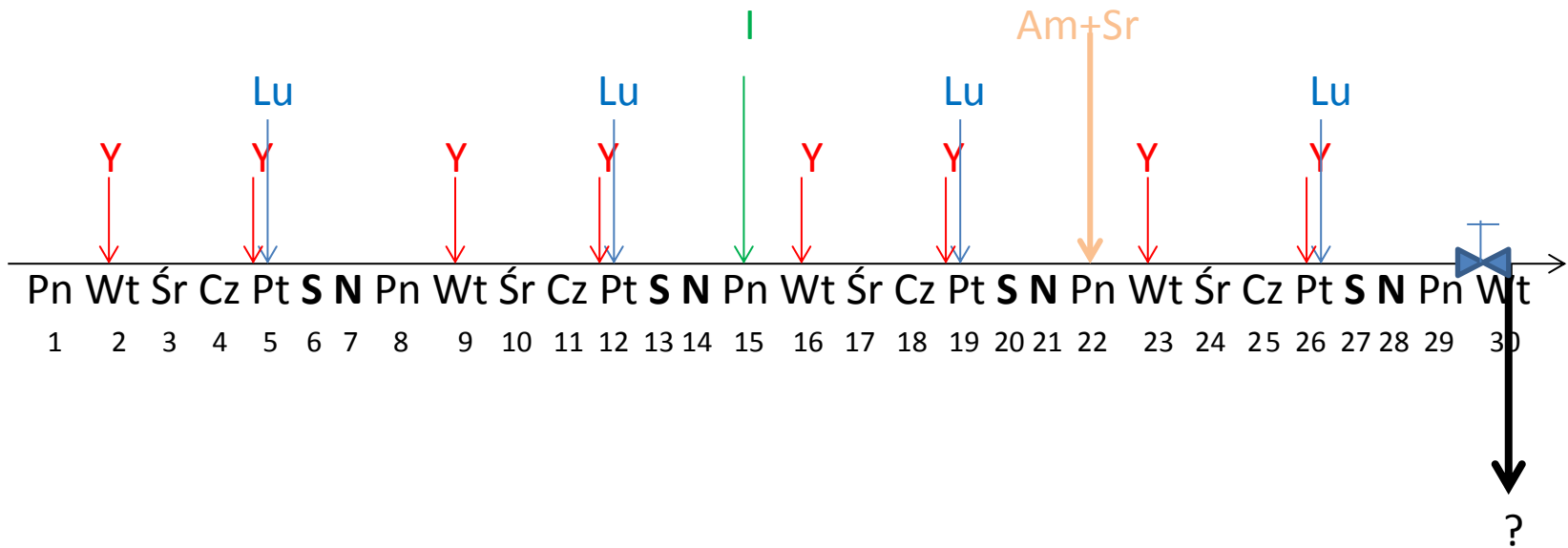
$A_0 = 10^4$ Bq

Sr-90+

T = 29,1 a

$c_{A0} = 10^2$ kBq/kg

$A_0 = 10^4$ Bq



Lu-177

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest 800 ml Lu-177 o aktywności:

$$\begin{aligned} A_{\text{Lu}} &= 200 \text{ kBq} \cdot [\exp(-\ln 2 \cdot \mathbf{25d}/6,71d) + \\ &\quad + \exp(-\ln 2 \cdot \mathbf{18d}/6,71d) + \\ &\quad + \exp(-\ln 2 \cdot \mathbf{11d}/6,71d) + \\ &\quad + \exp(-\ln 2 \cdot \mathbf{4d}/6,71d)] = \\ &= 200 \text{ kBq} \cdot (0,048 + 0,156 + 0,321 + 0,662) = \\ &= 200 \text{ kBq} \cdot 1,187 \approx \mathbf{240 \text{ kBq}} \end{aligned}$$

Y-90

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest 800 ml Y-90 o aktywności:

$$\begin{aligned} A_Y &= 300 \text{ kBq} \cdot (2^{-28d/2,67d} + 2^{-25d/2,67d} + 2^{-21d/2,67d} + \\ & 2^{-18d/2,67d} + 2^{-14d/2,67d} + 2^{-11d/2,67d} + 2^{-7d/2,67d} + \\ & 2^{-4d/2,67d}) = 300 \text{ kBq} \cdot (0,000697 + 0,001518 + \\ & + 0,004289 + 0,009345 + 0,026398 + \\ & + 0,057518 + 0,162474 + 0,354013) = \\ & = 237,4 \text{ kBq} \cdot 0,616252 \approx \mathbf{190 \text{ kBq}} \end{aligned}$$

I-125

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest 200 ml I-125 o aktywności:

$$\begin{aligned} A_t &= 500 \text{ kBq} \cdot \exp(-\ln 2 \cdot 15 \text{ d} / 60,1 \text{ d}) = \\ &= 500 \text{ kBq} \cdot 0,841 \approx \mathbf{420 \text{ kBq}} \end{aligned}$$

Am-241

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest 100 ml Am-241 w ilości:

$$A_{\text{Am}} = c_{\text{AAm}} \cdot V = 10 \text{ kBq/ml} \cdot 100 \text{ ml} = 10^3 \text{ kBq} = 1 \text{ MBq}$$

$$\exp(-\ln 2 \cdot 30 / 4320) \approx 1$$

$$A_{\text{Am}} = 1 \text{ MBq} \cdot 1 = \mathbf{1 \text{ MBq}}$$

Stężenie początkowe wynosiło:

$$c_{\text{AAm}} = \mathbf{10 \text{ kBq/ml}} = 10 \text{ kBq/cm}^3 = 10 \text{ kBq/g} = 10 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} = \mathbf{10^4 \text{ kBq/kg}}$$

Sr-90

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest 100 ml Sr-90 w ilości:

$$A_{\text{Sr}} = c_{\text{ASr}} \cdot V = 100 \text{ kBq/ml} \cdot 100 \text{ ml} = 10^4 \text{ kBq} = 10 \text{ MBq}$$

$$\exp(-\ln 2 \cdot 30 / 29,1 \text{ a}) \approx 1$$

$$A_{\text{Sr}} = 10 \text{ MBq} \cdot 1 = \mathbf{10 \text{ MBq}}$$

Stężenie początkowe wynosiło:

$$c_{\text{ASr}} = \mathbf{100 \text{ kBq/ml}} = 100 \text{ kBq/cm}^3 = 100 \text{ kBq/g} = 100 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} = \mathbf{10^5 \text{ kBq/kg}}$$

Na koniec miesiąca (30. dzień) w pojemniku jest:

1. 800 ml Lu-177 o aktywności 240 kBq $A_0 = 10^7$ Bq
2. 800 ml Y-90 o aktywności **190 kBq** $A_0 = 10^5$ Bq
3. 200 ml I-125 o aktywności 420 kBq $A_0 = 10^6$ Bq
4. 100 ml Am-241 o aktywności **1 MBq** $A_0 = 10^4$ Bq
5. 100 ml Sr-90 o aktywności **10 MBq** $A_0 = 10^4$ Bq

Łączna objętość odpadów wynosi 2000 ml = **2 kg**,
zatem stężenia wynoszą odpowiednio:

1. $c_{ALu} = 240 \text{ kBq}/2 \text{ kg} = 120 \text{ kBq/kg} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg}$, $c_{A0} = 10^3 \text{ kBq/kg}$
2. $c_{AY} = 190 \text{ kBq}/2 \text{ kg} = 95 \text{ kBq/kg} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg}$, $c_{A0} = 10^3 \text{ kBq/kg}$
3. $c_{AI} = 420 \text{ kBq}/2 \text{ kg} = 210 \text{ kBq/kg} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg}$, $c_{A0} = 10^3 \text{ kBq/kg}$
4. $c_{AAm} = 1000 \text{ kBq}/2 \text{ kg} = 500 \text{ kBq/kg} = \mathbf{5 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg}}$, $c_{A0} = 10^0 \text{ kBq/kg}$
5. $c_{ASr} = 10000 \text{ kBq}/2 \text{ kg} = 5000 \text{ kBq/kg} = \mathbf{5 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg}}$, $c_{A0} = 10^2 \text{ kBq/kg}$

Krotności stężeń zwolnienia izotopów promieniotwórczych w zebranych odpadach wynoszą:

1. $c_{ALu}/c_{AOLu} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} / 1 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} = 0,12$ $T = 6,71 \text{ d}$

2. $c_{AY}/c_{A0Y} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} / 1 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} = 0,1$ $T = 2,67 \text{ d}$

3. $c_{AI}/c_{A0I} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} / 1 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} = 0,24$ $T = 60,1 \text{ d}$

4. $c_{AAm}/c_{A0Am} = 5 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} / 1 \text{ kBq/kg} = 500$ $T = 432 \text{ a}$

5. $c_{ASr}/c_{A0Sr} = 5 \cdot 10^3 \text{ kBq/kg} / 1 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} = 50$ $T = 29,1 \text{ a}$

Zatem dla mieszaniny mamy:

$$\sum_i (c_{A,i}/c_{A0,i}) = 0,12 + 0,1 + 0,24 + 500 + 50 \approx 550$$

KRYTERIUM Odpady niskoaktywne: $1 < \sum_i (c_{A,i}/c_{A0,i}) \leq 10^4$

=> ciekłe NAkt

Stężenie izotopów długożyciowych ($T > 30$ a) w zebranych odpadach wynosi:

Am-241 ($T = 432$ a)

$$c_{AAm} = 5 \cdot 10^2 \text{ kBq/kg} = 500 \text{ kBq/kg}$$

KRYTERIUM Odpady długożyciowe: $\sum_j c_{A,j} \text{ śr} > 400 \text{ kBq/kg}$

=> ciekłe NAkt długożyciowe

ALE:

§ 28. ust. 1. rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2002 r. Nr 230, poz. 1925) mówi:

Oddzielnie od pozostałych ciekłych odpadów promieniotwórczych w odrębnych zbiornikach lub pojemnikach przechowuje się ciekłe odpady promieniotwórcze zawierające:

- 1) izotopy alfapromieniotwórcze;**
- 2) izotopy, których okres połowicznego rozpadu nie przekracza 65 dni.**

ZATEM:

Nie należało wlewać do pojemnika Am-241 i Sr-90

Wtedy nie byłyby to odpady PROMIENIOTWÓRCZE i można byłoby usunąć je do kanalizacji sanitarnej:

$$\sum_i (c_{A,i}/c_{A0,i}) = 0,12+0,1+0,24 = \mathbf{0,46}$$

KRYTERIUM: ≤ 1

$$\begin{aligned} \sum_i (A_i/A_{0,i}) &= 240 \text{ kBq} / 10^7 \text{ Bq} + \\ &+ 190 \text{ kBq} / 10^5 \text{ Bq} + \\ &+ 420 \text{ kBq} / 10^6 \text{ Bq} = \\ &= 0,024+1,9+0,42 = \mathbf{2,3} \end{aligned}$$

KRYTERIUM: $\leq 10^3$

Pamiętać o prowadzeniu ewidencji i kontroli zrzutów (uzasadnienie postępowania)

Objętość przekazanych do unieszkodliwiania odpadów zmalałaby DZIESIĘCIOKROTNIE (z 2 L do 200 mL)

PRACA DOMOWA

W PZK znajduje się 200 m³ odpadów (woda) zawierających:

Izotop	c_A [kBq/l]	c_{A0} [kBq/kg]	A_0 [Bq]	T
Co-60	5,0E-03	10 ¹	10 ⁵	5,27 a
Tc-99m	1,8E-02	10 ²	10 ⁷	6,02 h
I-131	2,4E-02	10 ²	10 ⁶	8,04 d
Cs-137+	1,8E-02	10	10 ⁴	30,0 a
H-3	5,0E-03	10 ⁶	10 ⁹	12,3 a
P-32	1,7E-01	10 ³	10 ⁵	14,3 d
Ba-133	6,0E-03	10 ²	10 ⁶	10,7 a

Izotop	c_A [MBq/ml]	c_{A0} [kBq/kg]	A_0 [Bq]	T
Tc-99m	5000	10^2	10^7	6,02 h
I-131	740	10^2	10^6	8,04 d
Sr-89	37	10^3	10^6	50,5 d
Y-90	200	10^3	10^5	2,67 d
Sm-153	1000	10^2	10^6	1,95 d
Er-169	37	10^4	10^7	9,30 d
Re-186	1000	10^3	10^6	3,78 d
Ra-223+	3,7	10^2	10^5	11,4 d

MBq/ml = 10^6 kBq/kg

W pracowni izotopowej powstaje miesięcznie 20 t ciekłych odpadów zawierających I-131 o stężeniu 50 kBq/m^3 i Tc-99m o stężeniu 5 kBq/m^3 . Czy powstałe odpady można usuwać do kanalizacji na bieżąco?

Dane:

- dla I-131:

$$c_{A0} = 100 \text{ kBq/kg} = 100 \text{ kBq/l}$$

(do obliczeń przyjmuję, że rozpuszczalnikiem jest woda)

$$A_0 = 1 \text{ MBq}$$

- dla Tc-99m:

$$c_{A0} = 100 \text{ kBq/kg} = 100 \text{ kBq/l (jw.)}$$

$$A_0 = 10 \text{ MBq}$$

liczymy stężenie mieszaniny, wyrażone w jednostkach granicznych:

$$\begin{aligned}\sum_i (c_{Ai}/c_{A0i}) &= c_{Al-131}/c_{A0I-131} + c_{ATc-99m}/c_{A0Tc-99m} = \\ &= 50/100 + 5/100 = 0,5 + 0,05 = \mathbf{0,55} < \mathbf{1}\end{aligned}$$

co oznacza, że rozpatrywane odpady nie są odpadami promieniotwórczymi,

ale tylko w przypadku, gdy $\sum_i (A_i/A_{0i}) \leq 1000$ w ciągu 30 dni!!!

zatem liczymy ilość (aktywność) odpadów powstających w ciągu 30 dni (jednego miesiąca):

- I-131

$$A_{I-131} = c_{AI-131} \cdot V = 50 \text{ kBq/l} \cdot 20000 \text{ l} = \\ = 1000000 \text{ kBq} = 1000 \text{ MBq}$$

$$A_{I-131} / A_{0I-131} = 1000 \text{ MBq} / 1 \text{ MBq} = 1000$$

- Tc-99m

$$A_{Tc-99m} = c_{ATc-99m} \cdot V = 5 \text{ kBq/l} \cdot 20000 \text{ l} = \\ = 100000 \text{ kBq} = 100 \text{ MBq}$$

$$A_{Tc-99m} / A_{0Tc-99m} = 100 \text{ MBq} / 10 \text{ MBq} = 10$$

aktywność mieszaniny, wyrażona w jednostkach granicznych, wynosi:

$$\begin{aligned}\sum_i (A_i/A_{0i}) &= A_{I-131}/A_{0I-131} + A_{Tc-99m}/A_{0Tc-99m} = \\ &= 1000 + 10 = \mathbf{1010} > \mathbf{1000}\end{aligned}$$

tak więc SĄ TO ODPADY PROMIENIOTWÓRCZE

ODPOWIEDŹ:

***W pracowni powstają odpady promieniotwórcze.
Mogą być one odprowadzane kanalizacji sanitarnej,
(do środowiska, czyli do gruntu i wód otwartych – NIE
MOŻNA!) w sposób OKREŚLONY W ZEZWOLENIU!***