

Kde se berou radionuklidy?

K. Dostálová*, P. Zatočil**, P. Kozák***

Gymnázium Broumov*; Gymnázium Matyáše Lercha, Brno**;
Gymnázium Písek***

klara.dost@seznam.cz*; xzatocil@gml.cz**;
kozakpetr123@seznam.cz***

Abstrakt:

Tento článek se zabývá problematikou radionuklidů, jejich přípravou a vlastnostmi. Pozornost je soustředěna na přirozené radionuklidy ^{40}K ^{222}Rn a jejich přítomnost ve vybraných vzorcích. Dále pak na vznik umělých radionuklidů $^{137\text{m}}\text{Ba}$ v radionuklidovém generátoru a $^{116\text{m}}\text{In}$ neutronovou aktivací.

1 Úvod

Radionuklidy jsou nuklidy, které podléhají jaderné přeměně. Radionuklidy se dělí na přirozené a uměle vytvořené. Přirozené radionuklidy mohou být primordiální, nebo vznikat jejich přeměnou, dále mohou být kosmogenní, tj. vznikají působením kosmického záření. Umělé jsou produktem činnosti člověka. Principem jejich výroby je jaderná reakce, např. záchyt neutronů v jádře terčového prvku. Jednou z vhodných látek pro demonstraci neutronové aktivace je indium, z něhož vzniká $^{116\text{m}}\text{In}$ s poločasem rozpadu 54 minut. Další možností získávání umělých radionuklidů je radionuklidový generátor, který funguje na principu záchytu mateřského radionuklidu na vhodném nosiči. Dceřiný produkt je následně separován vhodnou metodou. Příkladem takového generátoru je cesium-baryový generátor, kde ^{137}Cs má poločas rozpadu 30 let a $^{137\text{m}}\text{Ba}$ s poločasem 2,5 minuty.

Cílem této práce bylo stanovení aktivity přirozených radionuklidů ve vybraných vzorcích a sledování principu při přípravě umělých radionuklidů.

2 Použité materiály a metodika

Použité materiály a chemikálie: KOH (pecky p.a., Penta), indiový plíšek, bílé fazole (celé, Campo Largo), smolinec, scintilační koktejl – Maxilight (Hidex, Finsko), KCl (čistý, Chemapol), NaCl (p.a., Penta), cesium-baryový generátor, Revigátor

Použité přístroje: analytické váhy (Denver Instrument), předvážky (Radwag), kapalinový scintilační spektrometr Triathler (Hidex), jednokanálový čítač se studnovým detektorem NaI:Tl, jednokanálový čítač s plastovým scintilačním detektorem pro měření záření beta, spektrometrická trasa s HPGe detektorem, neutronový zdroj AmBe, Lucasovy komory, jednokanálový čítač s měničem Lucasových komor

Byly připraveny vzorky KCl o přesně známé hmotnosti a následně sjednocena jejich geometrie a změřeny třikrát po dobu 300 sekund. Naměřené hodnoty byly vyneseny do grafu v závislosti na hmotnosti vzorku.

Fazole o přesně dané hmotnosti byly v Marinelliho nádobě změřeny na HPGe detektoru po dobu tří hodin. Po změření bylo přisypáno známe množství KOH jako standardní přídavek, vzorek byl homogenizován a následně změřen podruhé. Z naměřených hodnot a z předem známých hodnot pozadí byla určena hodnota specifické aktivity ^{40}K .

Lucasovy komory byly evakovány a byly provedeny odběry vzduchu z Revigátoru a ze vzduchu nad smolincem. Po čtyřech hodinách byly vzorky změřeny po dobu 120 sekund. Jako pozadí byla změřena prázdná Lucasova komora po dobu 7200 sekund. Z naměřených hodnot a ze známé účinnosti měření (260 %) byla vypočtena objemová aktivita.

Deset mililitrů vody z Revigátoru bylo smícháno s deseti mililitry scintilačního koktejlu. Po čtyřech hodinách byl vzorek změřen na Triathleru po dobu 120 sekund. Jako vzorek pro pozadí byl připraven stejným způsobem z demivody a změřen po 7200 sekund. Z naměřených hodnot a ze známé účinnosti měření (280 %) byla vypočtena objemová aktivita.

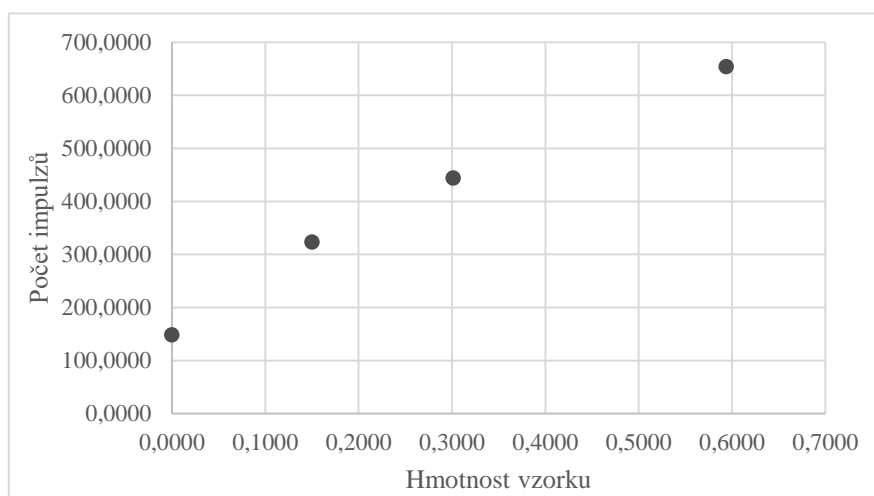
Cesium-baryový generátor byl promyt fyziologickým roztokem a vložen do studnového detektoru a byla sledována závislost naměřeného počtu impulzů na době od ukončení eluce.

Indiové plíšky byly ozařovány neutrony ze zdroje AmBe po definované dobu. Po ukončení ozařování bylo vyčkáno dvě minuty a poté byly změřeny na jednobáňovém čítači s plastovým detektorem třikrát po dobu šedesáti vteřin. Výsledky byly vyneseny do grafu v závislosti na době ozařování.

3 Výsledky a diskuze

Bylo provedeno několik měření aktivity draslíku za účelem zjištění faktorů ovlivňujících měření. Jedná se o geometrii měření a absorpce záření vzorkem samotným. Všechny tyto faktory je možné vyjádřit celkovou účinností měření.

Závislost počtu impulzů ^{40}K na hmotnosti chloridu draselného Graf 1 ukazuje nelineární závislost naměřeného počtu impulzů vzhledem k hmotnosti vzorku, která by dle teorie měla být lineární. Odchylka změřených dat od teoretických je dána samoabsorpcí ve vzorku, která bude s narůstající tloušťkou vzorku narůstat.



Graf 1: Závislost počtu impulzů vzorku na hmotnosti vzorku

Dalším vzorkem byly bílé fazole, které jsou známy pro svůj vysoký obsah draslíku, tudíž i přírodního izotopu ^{40}K . Aktivita ^{40}K byla stanovena na 0,70 Bq/g fazolí.

Následně byla změřena aktivita radonu ve třech vzorcích: ve vzduchu v Erlenmayerove baňce, kde byl uzavřen smolincec; ve vzduchu z Revigátoru a ve vodě z Revigátoru. V porovnání s dlouhodobým průměrem aktivity radonu ve vzduchu v laboratoři (menší než 0,8 Bq/l) jsou naměřené hodnoty podstatně vyšší. To je způsobeno vyšší přítomností jeho mateřského radionuklidu (^{226}Ra) ve smolinci a ve stěnách Revigátoru. Výsledky jsou shrnuty v Tabulce 1.

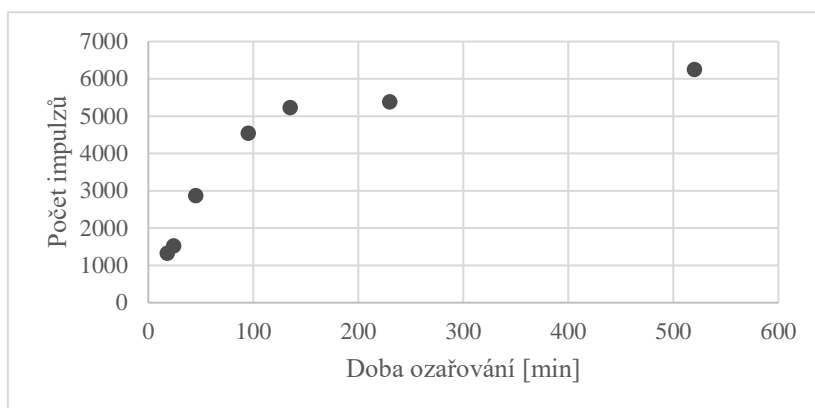
Tabulka 1: Specifická aktivita radonu v jednotlivých vzorcích

Vzorek	Specifická aktivita (Bq/l)
Vzduch nad smolincem	96,3
Vzduch z Revigátoru	75,8
Voda z Revigátoru	714,4

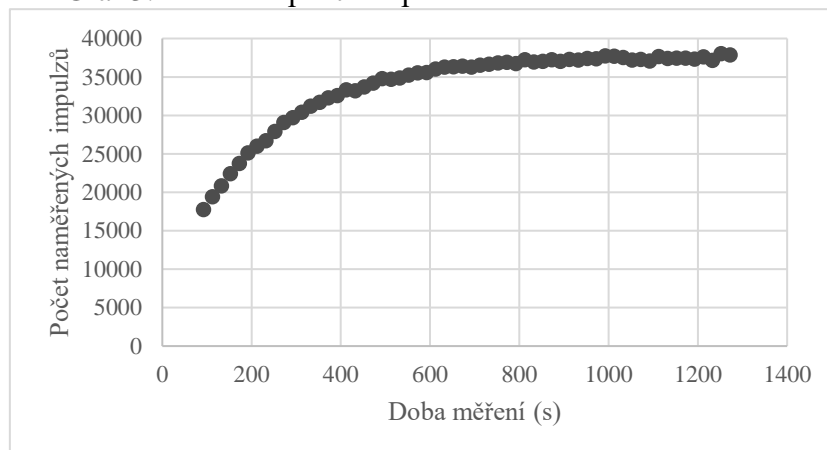
Principy přípravy umělých radionuklidů byly ověřeny na aktivaci indiových plíšků (Graf 2) a na měření aktivity radionuklidu vznikajícího v cesium-baryovém generátoru (Graf 3). Obě křivky mají stejnou tendenci, protože obě se řídí stejnými fyzikálními zákony:

$$A = A_{\infty}(1 - e^{-\lambda t}) + A_0 e^{-\lambda t}$$

Zhruba po 10 poločasech rozpadu jsou dosažené aktivity vznikajícího radionuklidu srovnatelné se saturační aktivitou. Nemá tedy praktický význam déle čekat na další navyšování aktivity.



Graf 3: Závislost počtu impulzů na době ozařování india



Graf 2: Závislost počtu naměřených impulzů $^{137\text{m}}\text{Ba}$ na době od eluce

4 Shrnutí

Byla stanovena aktivita ^{40}K ve fazolích na 0,70 Bq/g a ^{222}Rn ve vzduchu nad smolincem na 96,3 Bq/l, ve vzduchu v Revigátoru na 75,8 a ve vodě z Revigátoru na 714,4 Bq/l. Také byl sledován nárůst aktivity v čase při ozařování india a po eluci z cesium-baryového generátoru.

Poděkování

Na závěr bychom rádi poděkovali organizátorům Týdne vědy na Jaderce, díky kterým se tato akce mohla uskutečnit, a také vedoucí našeho miniprojektu Ing. Miroslavě Semelové, Ph.D.

Reference

- [1] NĚMEC, Mojmir. *Praktikum z jaderné chemie a radiochemie I*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2020. ISBN 978-80-01-06688-1.
- [2] Primordial nuclide. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Primordial_nuclide