

^{210}Pb a ^7Be V AEROSÓLOVEJ ZLOŽKE ATMOSFÉRY V BRATISLAVE

J. MEREŠOVÁ, I. SÝKORA, K. HOLÝ, M. CHUDÝ

*Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského
Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava*

ÚVOD

Sledovanie rádioaktivity atmosféry a jej aerosólovej zložky má na Katedre jadrovej fyziky Univerzity Komenského dlhoročnú tradíciu. Prvé merania boli uskutočnené v roku 1977 a s niekoľkými prestávkami toto monitorovanie pokračuje dodnes [1, 2].

Rádioaktivita atmosférického aerosólu je daná najmä krátkožijúcimi produktmi premeny ^{222}Rn . Tieto však vzhľadom na krátke doby polpremeny rýchlo vymierajú a v odobratej vzorke aerosólov ostávajú dva prírodné rádionuklidy. Sú to dlhožijúci produkt premeny radónu ^{210}Pb ($T_{1/2} = 22,3$ rokov) a kozmogénne ^7Be ($T_{1/2} = 53$ dní). V minulosti bol v ovzduší prítomný aj izotop ^{137}Cs , pochádzajúci zo spádu po atmosférických skúškach nukleárných zbraní a z havárie jadrovej elektrárne v Černobyli. Dnes je jeho koncentrácia v ovzduší na veľmi nízkej úrovni, rádovo $\square\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

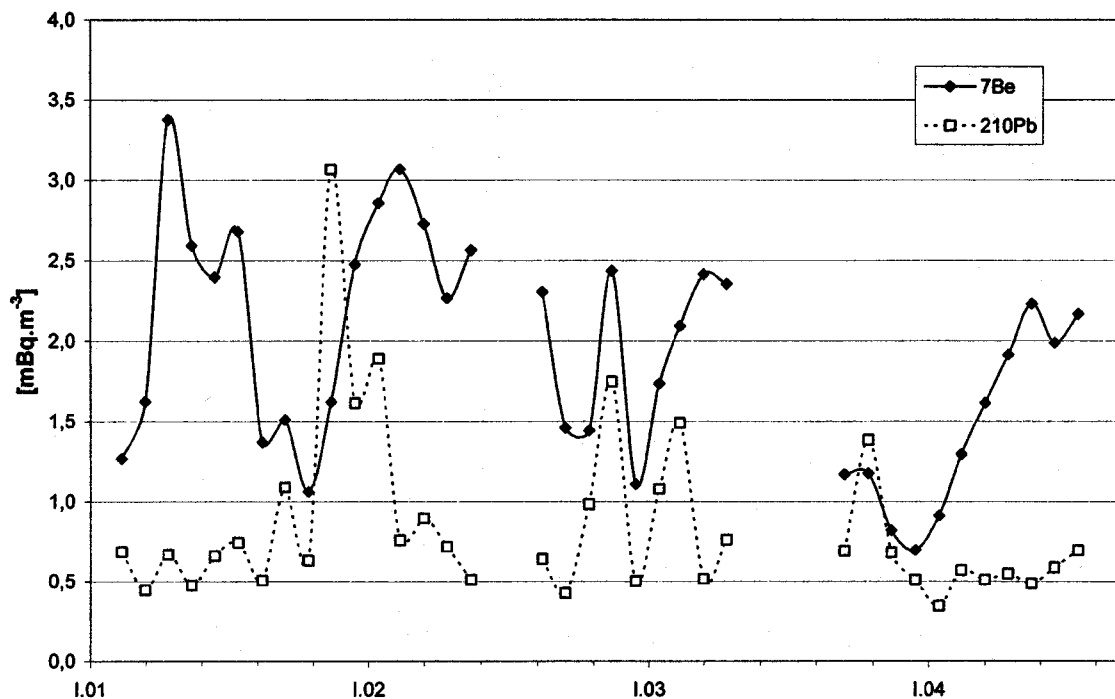
Rádionuklid ^{210}Pb je zaujímavý najmä z rádiohygienického hľadiska, keďže je zaradený do skupiny veľmi vysoko toxických látok. Usádza sa v kostiach, kde je dlhodobým zdrojom alfa žiariča ^{210}Po . Kozmogénny rádionuklid ^7Be sa využíva v štúdiách atmosférických transportných procesov a cirkulácie atmosféry. Vzhľadom na to, že je pôvodom z vonkajšej atmosféry, možno ho taktiež využiť na meranie vstupu aerosólov do budov. Jeho koncentrácie v prízemnej atmosfére vykazujú sezónne variácie, ktoré sú výsledkom štyroch procesov: množstvo zrážok, výmena vzdušných mäs medzi stratosférou a troposférou, premiešavanie v rámci troposféry a horizontálny transfer zo stredných a subtropických pásiem do vyšších resp. nižších pásiem [3].

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Od roku 2001 [4, 5] sa používa odberové zariadenie, na ktorom sú presávané nitrocelulóзовые filtre s priemerom otvorov $0,8 \square\text{m}$. Účinnosť záchytu aerosólov sme ohodnotili na 100 %. Odbery sú realizované v areáli meteorologickej stanice Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave. Počas jedného odberu, ktorý trvá zhruba jeden týždeň, je prečerpávaných približne 3000 m^3 vzduchu. Exponované filtre sú merané gamaspektrometricky HPGe detektorom, ktorý je umiestnený v nízkoopozadovom tieniacom kryte. Pri týchto odberových a meracích podmienkach dosahujeme detekčný limit na úrovni $2 \square$ pre ^7Be $5,6 \square\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ a pre ^{210}Pb $2,0 \square\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V období marec 2001 až august 2004 bolo odobratých 96 vzoriek atmosférického aerosólu. Sledovali sa koncentrácie prírodných rádionuklidov ^{210}Pb a ^7Be . Priemerné mesačné koncentrácie oboch sledovaných rádionuklidov v prízemnej vrstve atmosféry sú na obrázku 1.



Obrázok 1
Koncentrácie ^{210}Pb a ^7Be – mesačné priemery

Koncentrácie ^{210}Pb sa pohybovali od 0,27 do 3,07 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$, s priemernou hodnotou 0,81 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Naše namerané hodnoty koncentrácie ^{210}Pb sú porovnateľné s výsledkami z iných lokalít (tab. 1). Vyššie hodnoty dosahuje ^{210}Pb v zimných mesiacoch, čo možno pripísať inverzným podmienkam v tomto období [6]. Pokles v jarnom a letnom období je výsledkom intenzívneho vertikálneho premiešavania vzduchu.

Tabuľka 1

Koncentrácie ^{210}Pb v niekoľkých lokalitách

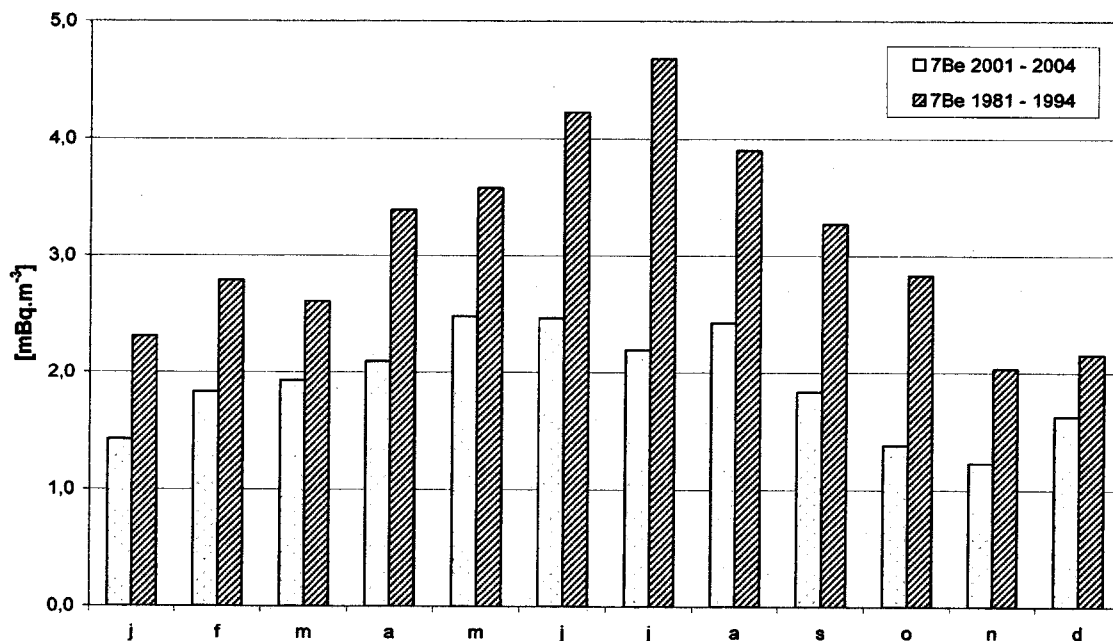
Lokalita	Obdobie	Koncentrácie [$\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$]	Priemer [$\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$]
Bratislava	2001 – 2004	0,27 – 3,07	0,81
Neuherberg – Nemecko [7]	1994 – 1996	0,13 – 1,48	0,42
Belehrad [8]	1985 – 1996	0,30 – 3,17	1,20
El-Minia – Egypt [9]	1998 – 1999	0,11 – 0,82	0,37

Hodnoty ^7Be sa menili od 0,46 do 4,37 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$, s priemerom 2,01 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Tieto koncentrácie v porovnaní s inými (tab. 2) sú nižšie, nakoľko sledované obdobie rokov 2001 až 2004 nepokrýva kompletný 11-ročný slnečný cyklus, ale iba etapu so zvýšenou slnečnou aktivitou. Tá antikoreluje s koncentraciami ^7Be , keďže intenzívny slnečný vietor odkláňa galaktické žiarenie, ktoré produkuje v interakciách s atmosférou kozmogénne rádionuklidy. Objemové koncentrácie ^7Be vykazovali typické sezónne variácie s minimálnymi hodnotami v zime a maximálnymi v lete. Tento priebeh je typický pre stredné zemepisné šírky.

V získaných dátach sa objavila nová charakteristická črta, a sice lokálne minimum v období júla. Je to zjavné z porovnania ročných variácií koncentrácie ^7Be v Bratislave v obdobiach 1981 – 1994 a 2001 – 2004 (obr. 2). V starších dátach takýto jav nepozorujeme, zatiaľ čo v súčasnosti je tento efekt badateľný. Podobný priebeh vykazujú aj koncentrácie zo SÚRO Praha [10] a z monitorovacích staníc okolia jadrových elektrární v Jaslovských Bohuniciach a v Mochovciach. Domnievame sa, že tento jav súvisí s globálnym otepľovaním a pridruženými zmenami cirkulácie atmosféry. Úplné vysvetlenie si však vyžaduje dlhodobý monitoring koncentrácie ^7Be a ďalšie štúdium klimatických zmien a ich dôsledkov na cirkuláciu atmosféry.

Tabuľka 2
Koncentrácie ^7Be v niekoľkých lokalitách

Lokalita	Obdobie	Koncentrácie [$\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$]	Priemer [$\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$]
Bratislava	2001 – 2004	0,46 – 4,37	2,01
Neuherberg – Nemecko [7]	1994 – 1996	1,40 – 6,70	3,10
Granada – Španielsko [11]	1993 – 2001	1,50 – 7,60	4,45
Monako [12]	1997 – 2000	1,50 – 7,24	4,21
Praha [10]	1986 – 2002	1,01 – 7,07	2,92



Obrázok 2

Porovnanie sezónnych variácií ^7Be v Bratislave v obdobiach 1981 – 1994 a 2001 – 2004

Korelačné koeficienty medzi koncentraciami rádionuklidov v prízemnej atmosfére a meteorologickými parametrami sú prezentované v tabuľke 3. Analyzovali sme iba dva ukazovatele: teplotu vzduchu a zrážky. Z predchádzajúcich analýz vieme, že korelácie s inými parametrami nie sú významné.

Tabuľka 3
Korelačné koeficienty

	^{210}Pb	^7Be
Teplota vzduchu	-0,44	0,39
Zrážky	-0,36	-0,27

Hoci je známe, že zrážky vymývajú aerosóly z ovzdušia, sú korelačné koeficienty nízke. Je to dôsledkom vplyvu ďalších činiteľov. Negatívna korelácia s teplotou vzduchu v prípade ^{210}Pb a kladná pre ^7Be odráža skutočnosť, že stúpajúci teplý vzduch indukuje vertikálne premiešavanie atmosféry. Následne sa do nižších vrstiev dostáva viac ^7Be , ktoré vzniká v hornej troposfére a stratosfére, zatiaľ čo ^{210}Pb pôvodom z prízemnej vrstvy je týmto efektom zriedované.

ZÁVER

V období rokov 2001 až 2004 sme sledovali rádioaktivitu aerosólovej zložky atmosféry. Svoju pozornosť sme sústredili na rádionuklidy ^{210}Pb a ^7Be . Ich koncentrácie sa pohybovali od 0,27 do 3,07 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ respektíve od 0,46 do 4,37 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ s priemernými hodnotami 0,81 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ respektíve 2,01 $\text{mBq}\cdot\text{m}^{-3}$. Koncentrácie oboch rádionuklidov vykazovali očakávané sezónne variácie. V prípade ^7Be sa v posledných rokoch objavuje v letnom období lokálne minimum, ktoré môže byť dôsledkom klimatických zmien. Tento problém si však vyžaduje ďalšie merania a štúdium.

LITERATÚRA

- [1] S. Usačev, G. Bešeová, Š. Cimbák, M. Chudý, N. Pišútová, P. Povinec, A. Šivo, Rádioaktivita atmosféry v Bratislave a jej okolí. *KJF MFF UK-81/85, Bratislava, 1985.*
- [2] L. Ďurana, M. Chudý, J. Masarik, Investigation of ^7Be in Bratislava atmosphere. *Journal of Radioanalyt. and Nucl. Chemistry 207 (1996), 345-356.*
- [3] H. W. Feely, R. J. Larsen, C. G. Sanderson, Factors that Cause Seasonal Variations in Beryllium-7 Concentrations in Surface Air. *Journal of Environmental Radioactivity 9 (1989) 223-249.*
- [4] I. Sýkora, M. Chudý, L. Ďurana, K. Holý, J. Merešová, Aerosols radioactivity in the Bratislava atmosphere. XXIV. Days of Radiation Protection 2001, (*Conf. Proc. of the 24th DRP, Jasná pod Chopkom, Slovakia, 2001*), 145-147.
- [5] I. Sýkora, J. Merešová, M. Chudý, K. Holá, The Study of Aerosol Component of Atmosphere in Bratislava. *Proceedings of the IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe, Bratislava, Slovakia, September 22-26, 2003.*
- [6] K. Holý, R. Böhm, I. Bosá, A. Polášková, O. Holá, ^{222}Rn concentration in the outdoor atmosphere and its relation to the atmospheric stability. *Radiation Hygiene Days 1998 (Conf. proc. of the 21st RHD, Jasná pod Chopkom, Slovakia, 1998)*, 213-216.
- [7] R. Winkler, F. Dietl, G. Frank, J. Tschiersch, Temporal variation of ^7Be and ^{210}Pb size distributions in ambient aerosol. *Atmospheric Environment 32 (1998), 983-991.*
- [8] D. Todorovic, D. Popovic, G. Djuric, M. Radenkovic, ^{210}Pb in ground-level air in Belgrade city area. *Atmospheric Environment 34 (2000), 3245-3248.*
- [9] A. EL-Hussein, A. Mohamemed, M. Abd EL-Hady, A.A. Ahmed, A.E. Ali, A. Barakat, Diurnal and seasonal variation of short-lived radon progeny concentration and atmospheric temporal variations of ^{210}Pb and ^7Be in Egypt. *Atmospheric Environment 35 (2001), 4305-4313.*
- [10] P. Kuča, L. Novák, P. Rulík, J. Tecl, Radiation Monitoring Network of the Czech Republic. *Proceedings of the IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe, Bratislava, Slovakia, September 22-26, 2003.*
- [11] M. Azahra, A. Camacho-García, C. González-Gómez, J. J. López-Peñalver, T. El Bardouni, Seasonal ^7Be Concentrations in Near-Surface Air of Granada (Spain) in the Period 1993-2001. *Applied Radiation and Isotopes 59 (2003) 159-164.*
- [12] S.-H. Lee, M. K. Pham, P. Povinec, Radionuclide variations in the air over Monaco. *Journal of Radioanalyt. and Nucl. Chemistry 254 (2002), 445-453.*

ERRATA

str. 32 ^{210}Pb a ^7Be V AEROSÓLOVEJ ZLOŽKE ATMOSFÉRY V BRATISLAVE

Úvod

2. odstavec, posledná veta:

Dnes je jeho koncentrácia v ovzduší na veľmi nízkej úrovni, rádovo $\mu\text{Bq.m}^{-3}$.

(nesprávne je uvedené: Dnes je jeho koncentrácia v ovzduší na veľmi nízkej úrovni, rádovo $\square\text{Bq.m}^{-3}$.)

Experimentálna časť

Posledná veta:

Pri týchto odberových a meracích podmienkach dosahujeme detekčný limit na úrovni 2σ pre ^7Be 5,6 $\mu\text{Bq.m}^{-3}$ a pre ^{210}Pb 2,0 $\mu\text{Bq.m}^{-3}$.

(nesprávne je uvedené: Pri týchto odberových a meracích podmienkach dosahujeme detekčný limit na úrovni $2\square$ pre ^7Be 5,6 $\square\text{Bq.m}^{-3}$ a pre ^{210}Pb 2,0 $\square\text{Bq.m}^{-3}$.)