

RADIOAKTIVNOST ZEMLJIŠTA SEVEROZAPADNOG DELA STARE PLANINE

Milan MOMČILOVIĆ i Snežana DRAGOVIĆ

*Institut za primenu nuklearne energije - INEP, Banatska 31b, 11080 Beograd, Srbija,
mmomcilovic@inep.co.yu*

SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati merenja specifične aktivnosti ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K i ^{137}Cs u uzorcima zemljišta sakupljenih sa severozapadnog dela Stare planine tokom 2006. godine. Specifične aktivnosti su varirale od 15,1 do 34,0 Bq/kg za ^{238}U , od 16,8 do 44,6 Bq/kg za ^{232}Th , od 358 do 765 Bq/kg za ^{40}K i od 3,89 do 58,7 Bq/kg za ^{137}Cs . Široki opsezi specifičnih aktivnosti su posledica raznovrsnosti geoloških i ekoloških karakteristika ispitivanog prostora.

1. Uvod

Od primordijarnih radionuklida prisutnih u zemljištu, najveći doprinos ukupnoj aktivnosti daju članovi radioaktivnih nizova urana (^{238}U) i torijuma (^{232}Th) i radioaktivni izotop kalijuma (^{40}K) [1]. Od početka nuklearne ere do danas, čovek je svojim delovanjem doveo do oslobađanja izvesne količine antropogenih radionuklida u biosferu, od čega se jedan deo zadržao u zemljištu. Među antropogenim radionuklidima najznačajniji je ^{137}Cs , kako zbog relativno dugog fizičkog vremena poluraspada (30 godina), tako i zbog fiziološke aktivnosti slične kalijumu.

Stara planina (Balkan) predstavlja deo Karpatsko-balkanskog planinskog luka. U Srbiji se nalazi samo njegov manji, zapadni deo. Stara planina zauzima krajnji istok naše zemlje; uokvirena je na severu Zaječarskom kotlinom, sa zapada Timokom, sa jugozapada i juga dolinom Nišave i sa istoka granicom sa Bugarskom. U pravcu sever - jug pruža se skoro 100 km, dok je maksimalna širina u pravcu istok - zapad do 30 km [2].

Stara planina se odlikuje velikom raznovrsnošću geološke podloge, kao i oblastima u kojima se javlja mineralizacija urana, pa otuda i povećan interes za njenim proučavanjem [3]. U ovom radu su prikazani rezultati merenja specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K i ^{137}Cs u uzorcima zemljišta sakupljenih sa severozapadnog dela Stare planine.

2. Materijal i metode

Uzorci neobradivog zemljišta su sakupljeni sa 36 lokacija u severnom delu Stare planine tokom 2006. godine. Zemljište je uzorkovano do dubine od 10 cm. Nakon sušenja i homogenizacije, uzorci su hermetički zatvarani u Marineli posudama zapremine 500 mL i mereni posle četiri nedelje koliko je potrebno za uspostavljanje radioaktivne ravnoteže među članovima niza.

Uzorci su analizirani gamaspektrometrijskom metodom na poluprovodničkom HPGe detektoru ORTEC-AMETEK, relativne efikasnosti 34% i rezolucije 1,72 keV za ^{60}Co na 1,33 MeV. Vreme merenja je iznosilo 60 ks, a masa uzoraka oko 0,5 kg. Aktivnost ^{238}U određivana je na osnovu linija ^{214}Bi na energijama od 609,3; 1120,3 i 1764,5 keV, a aktivnost ^{232}Th na osnovu linija ^{228}Ac na energijama od 338,4; 911,1 i 968,9 keV. Aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs su određivane na osnovu njihovih linija na 1460,8 i 661,7 keV, respektivno. Za analizu spektara korišćen je softverski paket Gamma Vision 32 [4]. Dobijeni rezultati su statistički obrađeni korišćenjem softverskog paketa SPSS 10.0 for Windows [5].

3. Rezultati i diskusija

Specifične aktivnosti ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K i ^{137}Cs su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1. Specifične aktivnosti ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K i ^{137}Cs u uzorcima zemljišta sakupljenih sa severozapadnog dela Stare planine 2006. godine

Redni broj uzorka	Specifična aktivnost (Bq/kg)			
	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
1	63,9 ± 2,1	30,7 ± 1,2	578 ± 18	30,0 ± 0,9
2	49,9 ± 1,7	23,3 ± 0,9	544 ± 17	23,6 ± 0,8
3	34,0 ± 1,2	25,5 ± 1,0	666 ± 20	15,4 ± 0,5
4	19,8 ± 0,9	40,9 ± 1,5	616 ± 19	11,6 ± 0,4
5	17,5 ± 0,7	22,1 ± 0,9	548 ± 18	6,35 ± 0,22
6	15,1 ± 0,7	16,8 ± 0,8	603 ± 18	13,3 ± 0,5
7	15,8 ± 0,7	28,5 ± 1,1	484 ± 15	12,7 ± 0,4
8	16,8 ± 0,7	29,4 ± 1,1	503 ± 16	11,1 ± 0,4
9	15,4 ± 0,7	27,2 ± 1,1	479 ± 15	14,4 ± 0,5
10	23,2 ± 0,9	32,4 ± 1,2	445 ± 14	31,9 ± 1,0
11	23,8 ± 0,9	33,3 ± 1,3	418 ± 13	40,9 ± 1,3
12	22,8 ± 0,9	28,9 ± 1,1	392 ± 12	30,2 ± 0,9
13	29,0 ± 1,0	40,6 ± 1,4	611 ± 19	16,0 ± 0,5
14	29,6 ± 1,1	44,6 ± 1,5	694 ± 21	15,7 ± 0,5
15	26,4 ± 1,0	30,1 ± 1,1	468 ± 14	22,7 ± 0,7
16	31,0 ± 1,1	33,7 ± 1,3	510 ± 16	35,3 ± 1,1
17	27,3 ± 1,0	29,8 ± 1,1	460 ± 14	24,2 ± 0,8
18	22,0 ± 0,9	30,4 ± 1,2	765 ± 23	21,3 ± 0,7
19	21,2 ± 0,9	30,0 ± 1,2	737 ± 22	22,9 ± 0,7
20	23,9 ± 1,0	32,5 ± 1,4	725 ± 22	25,8 ± 0,9
21	18,8 ± 0,8	26,5 ± 1,0	358 ± 11	24,4 ± 0,8
22	18,9 ± 1,7	25,2 ± 1,0	398 ± 13	7,39 ± 0,26
23	15,8 ± 0,7	22,8 ± 0,9	411 ± 13	11,8 ± 0,4
24	22,4 ± 0,8	24,9 ± 1,0	575 ± 18	7,90 ± 0,26
25	21,8 ± 0,8	24,1 ± 0,9	569 ± 17	9,20 ± 0,30
26	18,7 ± 0,8	20,7 ± 0,8	525 ± 16	3,89 ± 0,15
27	33,1 ± 1,2	27,7 ± 1,1	360 ± 12	27,5 ± 0,9
28	27,2 ± 1,0	40,2 ± 1,4	554 ± 17	49,4 ± 1,5
29	28,0 ± 1,1	39,3 ± 1,4	609 ± 19	32,1 ± 1,0
30	26,9 ± 1,0	41,4 ± 1,5	595 ± 18	24,7 ± 0,8
31	22,2 ± 0,9	30,0 ± 1,1	603 ± 18	58,7 ± 1,8
32	27,1 ± 1,0	30,6 ± 1,1	522 ± 16	17,1 ± 0,6
33	26,7 ± 1,0	28,7 ± 1,1	533 ± 16	36,8 ± 1,1
34	15,9 ± 0,7	18,0 ± 0,8	653 ± 20	21,5 ± 0,7
35	15,6 ± 0,7	19,5 ± 0,8	701 ± 21	21,8 ± 0,7
36	17,8 ± 0,7	21,3 ± 0,9	666 ± 20	20,6 ± 0,7

Deskriptivna statistika data je u tabeli 2. Iz statistike su isključeni rezultati dobijeni za uzorke 1 i 2, s obzirom da vrednosti specifičnih aktivnosti ^{238}U kod ovih uzoraka značajno odstupaju od vrednosti dobijenih za ostale uzorke.

Specifične aktivnosti prirodnih radionuklida varirale su u opsegu od 15,1 do 34,0 Bq/kg za ^{238}U , od 16,8 do 44,6 Bq/kg za ^{232}Th i od 358 do 765 Bq/kg za ^{40}K . Dosta široki opsezi specifičnih aktivnosti su posledica raznovrsnosti geološke podloge i tipova zemljišta koji se javljaju u ovom delu Stare planine. Geologija ispitivanog prostora se karakteriše granitoidnim masivima između kojih se prostiru različite vrste sedimenata [3]. Izračunate srednje vrednosti su 22,7 Bq/kg za ^{238}U ; 29,3 Bq/kg za ^{232}Th i 552 Bq/kg za ^{40}K .

Tabela 2. Deskriptivna statistika specifičnih aktivnosti ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K i ^{137}Cs u analiziranim uzorcima zemljišta

Parametar	Specifična aktivnost (Bq/kg)			
	^{238}U	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
Opseg	18,9	27,8	407	54,8
Minimum	15,1	16,8	358	3,89
Maksimum	34,0	44,6	765	58,7
Srednja vrednost	22,7	29,3	552	22,0
Standardna devijacija	5,44	7,02	112	12,3
Medijana	22,3	29,2	551	21,4
Mod	15,8	30,0	603	3,89
Koeficijent asimetrije	0,305	0,386	0,044	1,058
Koeficijent zaobljenosti	- 0,888	- 0,295	- 0,827	1,340
Raspodela	norm alna	norm alna	norm alna	norm alna

Svetski prosek specifičnih aktivnosti analiziranih radionuklida objavljen od strane UNSCEAR (2000) iznosi 35, 30 i 400 Bq/kg za ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K , respektivno [1]. Specifična aktivnost ^{238}U analiziranih zemljišta niža je od svetskog proseka, specifična aktivnost ^{232}Th je na nivou svetskog proseka, a specifična aktivnost ^{40}K značajno iznad svetskog proseka. Trebalo bi imati u vidu da se ovde radi o preliminarnom istraživanju i da će pouzdanija procena radijacionog rizika biti moguća tek posle obimnijih istraživanja ovog prostora, koja su u toku. U dostupnoj literaturi nisu pronađeni podaci o sadržaju ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K u zemljištu ovog dela Stare planine [3, 6].

Antropogeni radionuklid ^{137}Cs deponovan je u zemljištu Stare planine prvenstveno usled padavina nakon akcidenta u nuklearnoj elektrani u Černobilju, 26. aprila 1986. U analiziranim uzorcima zemljišta specifična aktivnost ^{137}Cs je varirala u opsegu između 3,89 i 58,7 Bq/kg, sa srednjom vrednošću od 22,0 Bq/kg. U šumskim zemljištima bugarskog dela Stare planine, prema merenjima iz 2005. godine, specifična aktivnost ^{137}Cs se kretala u opsegu između 11 i 2543 Bq/kg [7]. Usvajanje i migracija ^{137}Cs u zemljištu u velikoj meri zavisi od fizičko-hemijskih karakteristika samog zemljišta, kao i od tipa vegetacije [8]. Širok

opseg izmerenih specifičnih aktivnosti je posledica varijabilnosti navedenih parametara u zemljištima ispitivanog prostora.

4. Literatura

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation. Report to General Assembly, with Scientific Annexes, New York, 2000, United Nations.
- [2] M. Dimitrijević. Geologija Jugoslavije, Beograd, 1995, Geoinstitut.
- [3] J. Kovačević. Metalogenija reiona Stare planine, doktorska disertacija, Beograd, 2006, Rudarsko-geološki fakultet.
- [4] Gamma Vision 32, Gamma-Ray Spectrum Analysis and MCA Emulation, Version 5.3, Oak Ridge, 2001, ORTEC.
- [5] SPSS 10.0 for Windows, <<http://www.spss.com/>>.
- [6] D. Todorović, M. Radenković, D. Popović, S. Ivanov, G. Djurić. Contents of radionuclides in the region of Stara Planina. In: M. Todorović, D. Veselinović, eds. *Proc. IV Yugoslav Symposium Chemistry and Environment*, pp. 431-433, Zrenjanin, 23-26 September 2001. The Serbian Chemical Society.
- [7] M. Zhiyanski, J. Bech, M. Sokolovska, E. Lucot, J. Bech, P.-M. Badot. Cs-137 distribution in forest floor and surface soil layers from two mountainous regions in Bulgaria. *J. Geochem. Explor.* (2007), doi: 10.1016/j.gexplo.2007.04.010.
- [8] P.L. Nimis. Radiocesium in plants of forest ecosystems. *Studia Geobot.* 15 (1996) 3-49.

ABSTRACT

RADIOACTIVITY OF SOILS FROM NORTH-WEST SIDE OF STARA PLANINA MOUNTAIN

Milan MOMČILOVIĆ and Snežana DRAGOVIĆ

*Institute for Application of Nuclear Energy - INEP, Banatska 31b, 11080 Belgrade,
Serbia, mmomcilovic@inep.co.yu*

In this paper specific activities of ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs in soil samples collected from north-west side of Stara planina in 2006 are presented. Specific activities varied between 15.1 and 34.0 Bq/kg for ^{238}U ; 16.8 and 44.6 Bq/kg for ^{232}Th ; 358 and 765 Bq/kg for ^{40}K and 3.89 and 58.7 Bq/kg for ^{137}Cs . The wide ranges of specific activities are influenced by a variety of geological and ecological features of the investigated area.