



ЗБОРНИК РАДОВА



XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

2. - 4. октобар 2019. године
Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



ЗБОРНИК РАДОВА

**XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Дивчибаре
2- 4. октобар 2019. године**

**Београд
2019. године**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXX SYMPOSIUM RPSSM
Divčibare
2nd - 4th October 2019**

**Belgrade
2019**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
2-4.10.2019.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:

Др Михајло Јовић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-154-2

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Михајло Јовић, Гордана Пантелић

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2019.

SADRŽAJ RADIOAKTIVNOG IZOTOPA VODONIKA U PADAVINAMA SA REFERENTNIH METEOROLOŠKIH STANICA U SRBIJI

**Marija JANKOVIĆ, Nataša SARAP, Milica RAJAČIĆ,
Jelena KRNETA NIKOLIĆ, Gordana PANTELIĆ, Dragana TODOROVIĆ,
Ivana VUKANAC i Mirjana RADENKOVIĆ**

*Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Institut za nuklearne nauke
Vinča, Univerzitet u Beogradu, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11001 Vinča, Beograd,
Srbija, marijam@vinca.rs, natasas@vinca.rs, milica100@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs,
pantelic@vinca.rs, beba@vinca.rs, vukanac@vinca.rs, mirar@vinca.rs*

SADRŽAJ

Tricijum, radioaktivni izotop vodonika ima i prirodno i antropogeno poreklo. Pri svom raspadu emituje niskoenergetsko beta zračenje i pri tom da bi bio detektovan mora se uvesti u aktivnu zapreminu detektora. Za detekciju je korišćen tečni scintilacioni spektrometar Ultra Low Level Liquid Scintillation Spectrometer Quantulus 1220. U ovom radu prikazani su rezultati sadržaja tricijuma u padavinama sakupljenim na referentnim meteorološkim stanicama u Srbiji (Beograd, Subotica, Niš, Zlatibor, Zaječar i Vranje). Sadržaj tricijuma je određen u kompozitnim mesečnim uzorcima, a period ispitivanja pokriva 2018. godinu. Rezultati ispitivanja pokazuju da su dobijene vrednosti u padavinama ispod granica predviđenih zakonskom regulativom.

1. Uvod

Vodonik se u prirodi javlja u vidu tri izotopa: protijum, ^1H , deuterijum, ^2H i tricijum ^3H . Protijum i deuterijum su stabilni, a tricijum je radioaktivan sa vremenom poluraspada od 12,32 godine [1]. Tricijum se prevashodno formira u stratosferi i ulazi u troposferu uglavnom na srednjim geografskim širinama. U stratosferi dolazi do reakcije brzih neutrona, protona i deuteronu iz kosmičkog zračenja sa molekulima u vazduhu, prvenstveno azota. Na taj način nastaju kosmogeni radionuklidi, među kojima i tricijum. U nižim slojevima troposfere meša se sa vodenom parom, a odatle sa padavinama dospeva na površinu Zemlje. Najznačajnije jedinjenje tritijuma je molekul HTO. Tritirana vodena para, HTO, formira se vrlo brzo po pojavi tricijuma u atmosferi. Tricijum koji dospeva u atmosferu veštačkim putem, kao posledica nuklearnih eksplozija, se skoro potpuno konvertuje u tritiranu vodu (HTO) po jednačini:



koja se zatim meša sa vodama iz životne sredine.

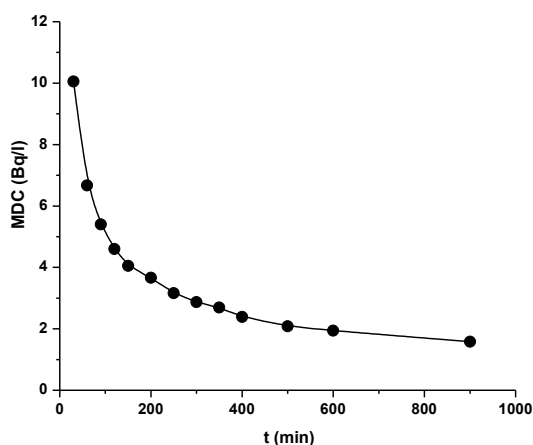
Cilj ovog rada je određivanje sadržaja tricijuma u uzorcima padavina na nekoliko lokacija u Srbiji.

2. Eksperimentalni deo

Određivanje sadržaja tricijuma u prirodnim vodama (padavine, površinske, izvorske, pijaće, podzemne vode) spada u kategoriju merenja niskih aktivnosti. Priprema uzoraka zasniva se na prečišćavanju uzoraka destilacijom, koncentrisanjem postupkom elektrolize i pripremom uzoraka za merenje aktivnosti. Ukoliko nema dovoljno uzorka za elektrolitičko obogaćenje, ili je potrebna brza analiza, primenjuje se direktna metoda koja podrazumeva samo preliminarnu destilaciju i merenje.

Kompozitni mesečni uzorci padavina, sakupljeni na meteorološkim stanicama Beograd (mesto uzorkovanja Karađorđev park), Subotica (Palić), Niš, Zlatibor, Zaječar i Vranje u toku 2018. godine, destilovani su u cilju prečišćavanja i oslobađanja prisutnih katjona i anjona. Nakon destilacije uzorci se mešaju sa scintilacionim koktelom Ultima Gold LLT u zapreminskom odnosu 8:12 ml u polietilenskim bočicama zapremine 20 ml.

Za određivanje sadržaja tricijuma u uzorcima koristi se tečni scintilacioni spektrometar Ultra Low Level Liquid Scintillation Spectrometer Quantulus 1220. Zajedno sa uzorcima meri se *background* - fon (*mrtva voda*) i standard tricijuma poznate aktivnosti (Czech Metrology Institute). Efikasnost merenja je 30,8%. Prozor za merenje tricijuma podešen je između 1 i 250 kanala. Vreme merenja uzoraka je 18000 s. Svi rezultati merenja predstavljaju se sa mernom nesigurnošću, koja je izražena kao proširena merna nesigurnost za faktor $k = 2$, koji za normalnu raspodelu odgovara nivou poverenja od 95%. Granica detekcije kada se koristi direktna metoda određivanja sadržaja tricijuma iznosi 2,9 Bq/l za vreme merenje od 18000 s (slika 1).



Slika 1. Zavisnost MDC od vremena merenja kod direktne metode.

Specifična aktivnost ^3H određuje se pomoću jednačine (2), ukoliko se primenjuje direktna metoda [ASTM D 4107-08] [2]:

$$A = \frac{R_a - R_b}{\varepsilon \cdot F \cdot V \cdot e^{-\lambda t}} \quad (2)$$

gde je: R_a – odbroj za mereni uzorak (cps); R_b odbroj fona (cps); ε - efikasnost brojača; V -zapremina uzorka (ml); F - recovery factor koji definiše ponovljivost merenja i jednak je 1; λ - konstanta poluraspada za tricijum $(\ln 2)/t_{1/2}$; $t_{1/2}$ - vreme poluraspada tricijuma (4510 dana), t vreme proteklo od uzorkovanja do brojanja (dani);

3. Rezultati i diskusija

U tabeli 1 prikazani su rezultati merenja sadržaja tricijuma u uzorcima padavina na nekoliko lokacija u Srbiji.

Tabela 1. Sadržaj tricijuma u uzorcima padavina po mesecima na različitim lokacijama u Srbiji u 2018. god.

Lokacija	Beograd	Subotica	Niš	Zlatibor	Zaječar	Vranje
Mesec	Aktivnost ³ H (Bq/l)					
I	4,9 ± 1,7	3,7 ± 1,7	< 2,9	4,1 ± 1,7	4,9 ± 1,7	4,5 ± 1,7
II	3,7 ± 1,6	4,9 ± 1,6	5,7 ± 1,7	3,3 ± 1,6	4,5 ± 1,6	4,5 ± 1,6
III	4,9 ± 1,6	3,3 ± 1,7	< 2,9	3,7 ± 1,7	4,9 ± 1,6	3,7 ± 1,7
IV	< 2,9	4,1 ± 1,6	4,6 ± 1,8	4,5 ± 1,8	5,0 ± 1,8	4,6 ± 1,6
V	3,7 ± 1,6	7,0 ± 1,7	6,6 ± 1,7	7,8 ± 1,7	6,6 ± 1,7	5,8 ± 1,7
VI	/	< 2,9	6,5 ± 1,8	6,9 ± 1,8	6,1 ± 1,8	4,1 ± 1,7
VII	4,5 ± 1,6	4,1 ± 1,6	3,7 ± 1,6	4,9 ± 1,6	4,9 ± 1,6	4,9 ± 1,6
VIII	4,5 ± 1,6	4,5 ± 1,6	6,1 ± 1,7	3,7 ± 1,6	5,7 ± 1,7	5,3 ± 1,6
IX	3,7 ± 1,7	5,3 ± 1,7	4,5 ± 1,7	3,7 ± 1,7	4,9 ± 1,7	4,1 ± 1,7
X	5,7 ± 1,7	3,3 ± 1,6	5,3 ± 1,7	4,5 ± 1,7	< 2,9	/
XI	4,1 ± 1,7	4,1 ± 1,7	4,9 ± 1,7	4,1 ± 1,7	4,1 ± 1,7	3,7 ± 1,7
XII	< 2,9	3,7 ± 1,7	3,7 ± 1,7	< 2,9	5,3 ± 1,8	< 2,9

Vrednosti tricijuma u padavinama se kreću od minimalne detekcione koncentracije do 7,8 Bq/l koliko je zabeleženo na Zlatiboru u maju mesecu 2018. godine. Generalno, nema velikih varijacija u sadržaju tricijuma na različitim lokacijama. Može se primetiti nešto viša aktivnost u letnjim mesecima što ukazuje na normalne sezonske varijacije. Najveće vrednosti koje se dobijaju u rano proleće i leto, posledica su stratosferskog porekla ovog radionuklida [3,4].

4. Zaključak

Rezultati analize sadržaja tricijuma u mesečnim uzorcima padavina u 2018. godini na nekoliko lokacija u Srbiji pokazuju nisku aktivnost ovog radionuklida, što je posledica stratosferskog porekla.

Zakonska regulativa u Republici Srbiji propisuje granicu za sadržaj tricijuma u vodi za piće od 100 Bq/l [5]. Ipak, monitoring ovog izotopa vodonika je potrebno sprovoditi u vodama, jer povišeni nivoi tricijuma mogu biti pokazatelji prisustva drugih veštačkih radionuklida.

5. Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekata broj III43009.

6. Literatura

- [1] L. L. Lucas, M. P. Unterweger, Comprehensive Review and Critical Evaluation of the Half-Life of Tritium. *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.* 105, 2000, 541-549.
- [2] ASTM D 4107-08 Standard Test Method for Tritium in Drinking Water, 2008.
- [3] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritime stations, *J. Hydrol.* 330, 2006, 457– 469.
- [4] I. Radwan, Z. Pietrzak-Flis, T. Wardaszko, Tritium in surface waters, tap water and in precipitation in Poland during the 1994-1999 period. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 247, 2001, 71-77.
- [5] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. Sl. gl. RS 36/18, 2018.

CONTENT OF RADIOACTIVE ISOTOPES OF HYDROGEN IN THE PRECIPITATION FROM DIFFERENT METEOROLOGICAL STATIONS IN SERBIA

**Marija JANKOVIĆ, Nataša SARAP, Milica RAJAČIĆ, Jelena KRNETA
NIKOLIĆ, Gordana PANTELIĆ, Dragana TODOROVIĆ,
Ivana VUKANAC and Mirjana RADENKOVIĆ**

*Radiation and Environmental Protection Department, Institute of Nuclear Sciences
Vinča, University of Belgrade, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11001 Belgrade, Serbia,
marijam@vinca.rs, natasas@vinca.rs, milica100@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs,
pantelic@vinca.rs, beba@vinca.rs, vukanac@vinca.rs, mirar@vinca.rs*

ABSTRACT

Tritium, the radioactive isotope of hydrogen, has a natural and anthropogenic origin. It emits low-energy beta radiation and, in order to be detected, it must be introduced into the active volume of the detector. For detection, Ultra Low Level Liquid Scintillation Spectrometer Quantulus 1220 was used. This paper presents the results of the tritium content in precipitation collected at reference meteorological stations in Serbia (Belgrade, Subotica, Niš, Zlatibor, Zaječar and Vranje). The content of tritium is determined in composite monthly samples, and the test period covers 2018. The results show that the obtained values in precipitation at investigated locations are below the limits prescribed by the Serbian legislation.