

KONCENTRACIONI FAKTORI ^{226}Ra KOD VRSTE CIPOLA *LIZA AURATA*

Ivanka ANTOVIĆ i Nevenka M. ANTOVIĆ

1) *Departman za biomedicinske nauke, Državni univerzitet u Novom Pazaru, Srbija,*

Ivanka_Antovic@yahoo.com

2) *Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora*

SADRŽAJ

*Na osnovu izmjerenih koncentracija aktivnosti ^{226}Ra u cijelim jedinkama vrste cipola *Liza aurata*, njenim mišićima i skeletu, određeni su koncentracioni faktori za transfer radijuma iz vode i sedimenta u ovu vrstu cipola iz južnog Jadranskog mora.*

1. Uvod

Ispitivanje radioaktivnosti u ribama obično se vrši zbog procjene doza zračenja koje primaju ljudi konzumirajući ih, zbog čega je neophodno znati sadržaj i aktivnosti radionuklida u njihovom jestivom dijelu.

Transfer radionuklida u tkiva ribe je takođe važan za razumijevanje dinamike izotopa u akvatičnoj životnoj sredini. Ranije istraživani koncentracioni faktori (KF) za transfer radionuklida iz vode u ribe, pokazali su sposobnost riba da akumuliraju neke radionuklide iz vode čak i onda kada se radi o njihovim veoma malim koncentracijama. Uprkos dosadašnjim istraživanjima [1, 2], preuzimanje ^{226}Ra , distribucija i bioakumulacija u različitim vrstama riba, nijesu dobro poznati. Stoga, izvršena su mjerenja koncentracija njegove aktivnosti u cijelim jedinkama vrste cipola *Liza aurata* Risso, 1810 (Mugilidae) iz južnog Jadranskog mora, u dva uzorka mišića i dva uzorka skeleta; a određeni su i KF za transfer ^{226}Ra iz vode i sedimenta.

2. Materijal i metodi

2.1. Mjerenje ^{226}Ra spektrometrom PRIPJAT-2M

Spektrometarski sistem PRIPJAT-2M [3] sastoji se od šest NaI(Tl) detektora (kristali dijametara 15 cm i visine 10 cm), čelične i olovne pasivne zaštite, elektro-motora, elektronike (CAMAC standard), personalnog kompjutera i softvera PRIP. Spoljašnje dimenzije spektrometra su $(250 \times 145 \times 186) \text{ cm}^3$, a masa 4200 kg. Osnovne karakteristike su: geometrija blizu 4π ($\sim 0.7 \times 4\pi \text{ sr}$), vrijeme rezolucije koincidencija – 40 ns, višestrukost koincidencija – od 2 do 6. Ove karakteristike (uključujući i relativno veliku detekcionu komoru u koju se mogu smjestiti uzorci zapremine do 5 dm^3) dozvoljavaju mjerenje uzoraka proizvoljnog oblika, a ne postoji potreba za posebnom pripremom uzoraka i kalibracionim mjerenjima za njihove različite geometrije. Mjerenje aktivnosti ^{226}Ra ovim spektrometrom opisano je u [4]. Naime, eksperimenti su pokazali da, ukoliko je radijum u radioaktivnoj ravnoteži sa potomcima (tj. nema emanacije radona ^{222}Rn), njegovu aktivnost pomoću spektrometra PRIPJAT-2M treba određivati koristeći pik na energiji 609 keV (609.312 keV γ -zrak, intenziteta 46.1 %, koji prati β^- -raspad ^{214}Bi) u režimu dvostrukih koincidencija, kada je, uz relativno veliku efikasnost detekcije, osjetljivost spektrometra najveća. U ovom režimu, spektrometar detektuje γ -zrak 609 keV i γ -zrake u dvostrukoj kaskadi sa njim. Efikasnost detekcije ovog zraka u fotopiku iznosi 0.103, dok je minimalna detektibilna aktivnost za realno vrijeme mjerenja od 500 s – 0.9 Bq [4].

2.2. *L. aurata*, morska voda i sediment

Od ukupnog broja jedinki (n=20) vrste cipola *L. aurata* ulovljenih 2009. godine u zalivu Boka Kotorska (među kojima je bilo jedinki iste dužine, a u dva slučaja čak i iste dužine i mase), a koje su bile izdvojene na osnovu taksonomskih osobina [5], ovo istraživanje uključilo je njih 7 (ulovljenih u blizini Tivta).

Uzorak 1, mase 0.258 kg i ukupne dužine 35.6 cm, mjereno je spektrometrom PRIPJAT-2M bez bilo kakve pripreme i bez uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između ^{226}Ra i njegovih potomaka, što je uslovalo da je, što se tiče radijumskog niza, preko pika na energiji 609 keV, bilo moguće mjerenje samo ^{214}Bi . Zatim je uzorak homogenizovan, hermetički zatvoren u Marineli posudu i mjereno (nakon 38 dana) pomoću HPGe detektora (ORTEC – GEM-40190, relativne efikasnost – 40 %) i spektrometra PRIPJAT-2M. Četiri uzorka (ovdje označena kao 2, 3, 4 i 5), dužine: 29.6 cm, 29.5 cm, 30.1 cm, 23.5 cm, i mase: 0.182 kg, 0.194 kg, 0.185 kg i 0.105 kg, respektivno, hermetički su zatvorena u plastične posude, i aktivnost radijuma određivana je nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže u nizu radijuma. Mjerenja su izvršena spektrometrom PRIPJAT-2M u režimu dvostrukih koincidencija, tokom 5000 s realnog vremena (u svim slučajevima, živo vrijeme mjerenja bilo je veće od 4950 s).

Što se tiče preostala dva uzorka (6 i 7 – ukupnih dužina 31.9 cm i 34.6 cm, i masa 0.231 kg i 0.265 kg, respektivno), najprije je u njima izmjerena aktivnost ^{214}Bi , a zatim je urađena disekcija i izdvojeni su njihovi mišići i skeleti. Oni su zatim hermetizovani i mjereni u istom režimu rada spektrometra, po 10 000 s živog vremena. Na osnovu koncentracije aktivnosti ^{226}Ra u mišićima, kao jestivom dijelu, procijenjena je i godišnja efektivna doza uslovljena konzumiranjem ove vrste ribe (koristeći dozni koeficijent za ^{226}Ra – 0.28 $\mu\text{Sv Bq}^{-1}$ [6]).

30 litara vode uzorkovano je takođe u blizini Tivta, kao i uzorak površinskog sedimenta. Voda je uparena do 1 litra, hermetički zatvorena u Marineli posudi i mjerena 10 000 s živog vremena. Sediment je osušen na sobnoj temperaturi (masa suvog uzorka – 1.345 kg), hermetizovan i mjereno 2000 s realnog vremena. U oba slučaja, mjerenja su izvršena nakon više od 38 dana, tj. nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između radijuma i njegovih potomaka.

2.3. Koncentracioni faktori

Za procjenu transfera radijuma iz vode u tkivo ribe, korišćen je koncentracioni faktor (KF_1) definisan kao:

$$\text{KF}_1 = \frac{\text{Bq kg}^{-1} \text{ u svježem uzorku ribe}}{\text{Bq L}^{-1} \text{ u morskoj vodi}} \quad (1)$$

a iz sedimenta (KF_2):

$$\text{KF}_2 = \frac{\text{Bq kg}^{-1} \text{ u svježem uzorku ribe}}{\text{Bq kg}^{-1} \text{ u suvom uzorku sedimenta}} \quad (2)$$

3. Rezultati i diskusija

Kao što je prethodno rečeno, uzorak 1 mjereno je spektrometrom PRIPJAT-2M u režimu dvostrukih koincidencija, bez uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između radijuma i njegovih potomaka, i određena je aktivnost ^{214}Bi ($0.43 \pm 0.09 \text{ Bq kg}^{-1}$). Nakon homogenizacije, hermetizacije i ponovnog mjerenja, određena je i koncentracija aktivnosti ^{226}Ra (Tabela 1). Isti uzorak je mjereno HPGe detektorom i dobijena je aktivnost radijuma (0.62 ± 0.09) Bq kg^{-1} , tj. razlika među rezultatima bila je $< 10 \%$. Rezultati mjerenja koncentracija aktivnosti u preostale četiri cijele jedinke *L. aurata*, dati su u Tabeli 1, kao i koncentracijski faktori KF_1 i KF_2 , definisani izrazima (1) i (2), respektivno. U vodi je izmjerena aktivnost od (0.08 ± 0.02) Bq L^{-1} , a u sedimentu – (7.32 ± 0.75) Bq kg^{-1} , što je ispod nivoa aktivnosti radijuma u sedimentu Pacifika (21.4 Bq kg^{-1}), Irskog mora (23.9 Bq kg^{-1}), Indijskog okeana (13.8 Bq kg^{-1}) i Arapskog mora (od 14.4 do 36.6 Bq kg^{-1}) [7].

Srednja vrijednost aktivnosti radijuma u cijelim jedinkama *L. aurata* iznosi oko 1.28 Bq kg^{-1} , što je iznad one koja je izmjerena u cijelim jedinkama ribe u Baltičkom moru (0.7 Bq kg^{-1} [8]). Srednja vrijednost koncentracionog faktora KF_1 (iz vode u tkivo ribe) iznosi oko 16, dok je srednja vrijednost koncentracionog faktora KF_2 (iz sedimenta) oko 0.18.

Tabela 1. Aktivnost ^{226}Ra u cijelim jedinkama cipola *L. aurata* iz južnog Jadranskog mora i koncentracijski faktori KF_1 i KF_2

<i>L. aurata</i>	$A_c(^{226}\text{Ra})$, [Bq kg^{-1}]	KF_1	KF_2
1	0.58 ± 0.11	7.25	0.08
2	0.66 ± 0.05	8.25	0.09
3	1.97 ± 0.46	24.62	0.27
4	1.29 ± 0.11	16.12	0.18
5	1.90 ± 0.28	23.75	0.26

Umišićima uzorka 6 (mase 0.0334 kg), koncentracija aktivnosti ^{226}Ra bilaje (2.39 ± 0.37) Bq kg^{-1} , dok je u mišićima uzorka 7 (mase 0.0374 kg), izmjereno (2.14 ± 0.87) Bq kg^{-1} , što znači da je srednja koncentracija aktivnosti ^{226}Ra oko 2.3 Bq kg^{-1} . U kostima, izmerene su koncentracija aktivnosti ^{226}Ra – (29.91 ± 5.61) Bq kg^{-1} i (18.6 ± 2.56) Bq kg^{-1} , respektivno, tj. Srednja vrijednost iznosi 24.25 Bq kg^{-1} . KF_1 (transfer iz vode) za uzorke mišića bio je 29.88 i 26.75 , respektivno; a za uzorke skeleta – 373.87 i 232.5 , respektivno (u oba slučaja, a posebno u slučaju skeleta, značajno veće vrijednosti nego za cijele jedinke). KF_2 (transfer iz sedimenta) za uzorke mišića bio je 0.33 i 0.29 , respektivno; a za uzorke skeleta – 4.1 i 2.55 , respektivno (ponovo, u oba slučaja, posebno u slučaju skeleta, značajno veće vrijednosti nego za cijele jedinke).

Aktivnost radijuma u mišićima cipola *L. aurata* veća je nego, na primjer, aktivnost mjerena u mesu riba iz Baltičkog mora (0.057 Bq kg^{-1} [8]), riba iz *Cauvery River* – Indija (0.26 Bq kg^{-1} [1]), haringe iz *Quirke Lake* u Kanadi (1.4 Bq kg^{-1} [9]). Sa druge strane, izmjerena koncentracija aktivnosti radijuma u kostima, iako veća od one u već pomenutim ribama iz *Cauvery River* – Indija (od 1.3 do 2.8 Bq kg^{-1} [1]), uporediva je sa aktivnošću koja je izmjerena u haringi iz *Quirke Lake* u Kanadi (srednja vrijednost od

oko 18 Bq kg⁻¹[9]), i značajno je niža od aktivnosti radijuma koja je pronađena u kostima nekih drugih akvatičnih ili semi-akvatičnih vrsta.

Pretpostavljajući da je godišnje unošenje ove vrste ribe (samo mišić) 10 kg, efektivna doza koju odrasli pojedinac iz stanovništva primi na ovaj način iznosi oko 0.006 mSv god⁻¹, što je mali dio srednje godišnje doze usljed izlaganja prirodnim izvorima zračenja (2.4 mSv [6]).

4. Literatura

- [1] P.S. Hameed, K. Shaheed, S.S.N. Somasundaram, M.A. Riyengar. Radium-226 levels in the Cauvery river ecosystem, India. *J. Biosci.* 22/2 (1997) 225-231.
- [2] B. Porntepkasemsan, A.E. Nevissi. Mechanism of radium-226 transfer from sediments and water to marine fishes. *Geochem. J.* 24 (1990) 223-228.
- [3] С.К. Андрухович, А.В. Берестов, В.И. Гутко, А.М. Хильманович. Высокочувствительные многодетекторные гамма спектрометры ПРИПЯТЬ. *Препринт Института физики АН БССР*, Минск, 1995.
- [4] N. Antovic, N. Svrkota. Measuring the radium-226 activity using a multidetector γ -ray coincidence spectrometer. *J. Environ. Radioactiv.* 100 (2009) 823-830.
- [5] J.M. Thomson. The grey mullets. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 4 (1966) 301-335.
- [6] UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation. *Report to the General Assembly of the United Nations with Scientific Annexes*. United Nations, New York, 2000.
- [7] M. Akram, R.M. Qureshi, N. Amhad, T.J. Solaija. Gamma-emitting radionuclides in the shallow marine sediments off the Sindh coast, Arabian Sea. *Radiat. Prot. Dosim.* 118/4 (2006) 440-447.
- [8] M. Suplinska, A. Adamczyk. Cs-137, Ra-226 and K-40 in the southern Baltic Sea fish flesh. Helsinki Commission (HELCOM MORS-PRO 14/2009). *Project Group for Monitoring of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 14th Meeting*, Stockholm, Sweden, May 5-7, 2009.
- [9] F.V. Clulow, N.K. Dave, T.P. Lim, R. Avadhanula. Radium-226 in water, sediments, and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environ. Pollut.* 99/1 (1998) 13-28.

ABSTRACT

CONCENTRATION FACTORS OF ²²⁶Ra IN THE MULLET SPECIES *LIZA AURATA*

Ivanka ANTOVIĆ¹ and Nevenka M. ANTOVIĆ²

1) *Department for Biomedical Sciences, State University in Novi Pazar, Serbia,*
Ivanka_Antovic@yahoo.com

2) *Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Montenegro, Podgorica,*
Montenegro

On the basis of measured ²²⁶Ra activity concentrations in whole individuals of the mullet species *Liza aurata*, its muscles and skeleton, concentration factors for transfer of radium from water and sediment to this mullet species from the South Adriatic Sea, have been determined.