

VETERINARSKI glasnik

1904 – 2004

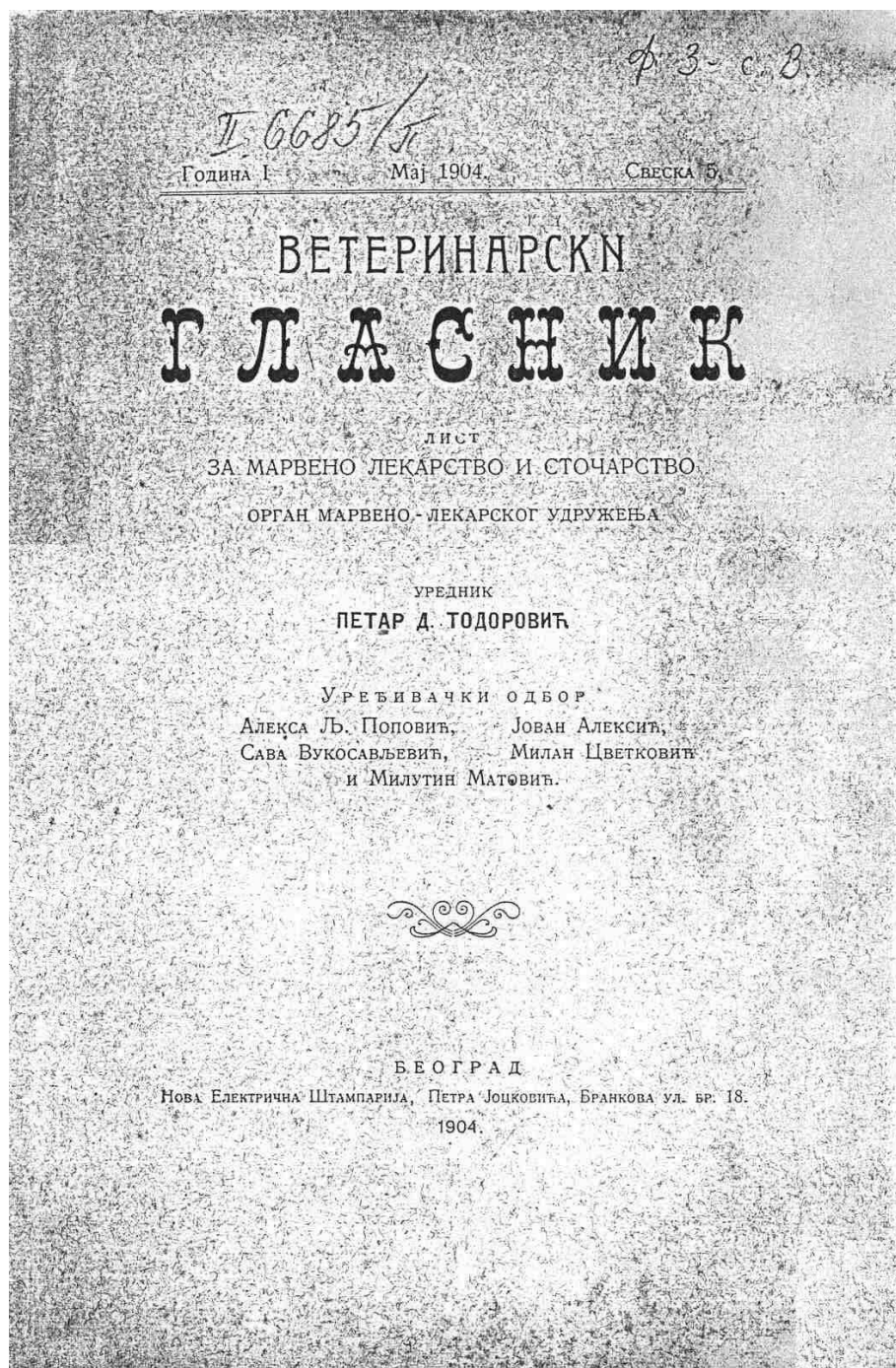
U želji da reše svoja pitanja, marveni lekari Srbije su se udružili i osnovali Udruženje marvenih lekara Srbije 1890 i pokrenuli 1903. godine svoj časopis „Veterinarski glasnik” u kome su iznosili stručna i naučna pitanja iz oblasti veterinarske medicine i stočarstva, kao i da brane svoje staleške interese.

Na jednoj od sednica Udruženja marvenih lekara odlučeno je da se osnuje časopis u kome bi se objavljivali radovi iz oblasti veterinarstva, o načinima unapređenja stočarstva, o izradi Statuta i drugim važnim pitanjima (proširivanjima veterinarske farmakopeje, izmenama i dopunama zakonskih propisa...). Do tog vremena oni su stručne publikacije štampali u časopisima „Srpski arhiv” (organ Srpskog lekarskog društva), „Težak” (organ Poljoprivrednog društva), „Ratnik” i „Narodno zdravlje”.

„Veterinarski glasnik” je osnovan decembra 1903, a prvi broj je ugledao svetlost dana januara 1904. godine. Petar D. Todorović (1854 - 1917) bio je prvi urednik „Veterinarskog glasnika”, časopisa za marveno lekarstvo.



Osnivačka skupština Udruženja veterinara Srbije 1903. godine



САДРЖАЈ:

	СТР.
<i>О положају коња у кустурној историји од К. Врбића</i>	201
<i>Основна начела за оцењивање коња у погледу подобности њихове за рад, од О. Репића</i>	203
<i>Сакагија, узроци њеног појављивања и начин како би се иста сузбити могла, од Милана Митровића</i>	208
<i>Прострел, огњица, далак, зли, црни пришт, у виду приче, за поуку народну, од П. Д. Т.</i>	217
<i>Туберкулоза људи и стоке, (наставак) од П. Д. Т.</i>	228
<i>Прикупљање података за упознавање сточарства у Срп. земљама, (Свршетак):</i>	
Татаркур	233
Гунтураћ — Кад коњ задржи мокраћу — Болести очију, од К. Врбића	234
Метање крста на стоку, — в ³ —	235
Коза дојкиња ждребади, Рибнер	236
Судско ветеринарство у Србији, Рибнер	236
<i>Белешке</i>	
Уплив хране на жребне кобиле, П.	237
Лечење антиномикозних отока, П. Д. Т.	238
О давању рошчића коњима	239
Интер. нови огледи с антракс. бацилима	240
<i>Гласник</i>	
Преокрет на боље	242
Извоз стоке, живине и меса, за месец Април	246
Стање заразних болести, до 25 маја ов. год.	247
Одговори Уредништва	248

СТАЊЕ ЗАРАЗНИХ БОЛЕСТИ

на домаћој стоци у Србији
За време од 25. априла до 25. маја 1904 године, било је у Србији на домаћој стоци
ових заразних болести:

Болести	Округ	Срез	Општина	Место	Врста стоке	Заостао	Принов- љено	Света Богова	Угинуло	Убијено	Одла- вило	Остало да бољује
Свињска куга (Pestis suila)	Ваљевски	Посавски	Обреновачка	Обреновац	Свиње	27	—	27	16	—	11	—
	Топлички	Прокупачки	Белољинска	Тули	•	3	+	3	—	—	3	—
	Крушевачки	Жупски	Александаров	Д. Вратари	•	4	—	4	2	—	2	—
Црвени истар- на свињама (Erysipelas suile)	Топлички	Добрички	Д. Црниловач	Бадњевац	Свиње	9	—	9	—	—	9	—
	Пиротски	Нишавски	Церовачка	Шугрин	Овце	—	4	4	1	—	2	1
Строка (Varicella ovina)	Пиротски	Б.-паланачки	Бела Паланка	Бела Паланка	Говеда	—	1	1	1	—	—	—
	Крајински	Неготински	Корбуловска	Корбулово	•	—	1	1	1	—	—	—
Беснило (Lyssa)	Ужички	Рачански	Б. Баштинска	Бајина Башта	Пси	—	1	1	—	1	—	—
		Пожешки	Пожешка	Пожеша	•	—	1	1	—	1	—	—
	Београд	Космајски	В. Иваначка	Вел. Иванча	Мачке	—	1	1	—	1	—	—

**REZULTATI PREGLEDA CRVENE KRVNE SLIKE OVACA I
KRAVA SA PODRUČJA BOMBARDOVANIH MUNICIJOM SA
OSIROMAŠENIM URANIJUMOM*****RESULTS OF ANALYSIS OF RED BLOOD CELLS IN COWS AND
SHEEP IN AREAS EXPOSED TO ATTACK USING DEPLETED
URANIUM AMMUNITION**

S. Jović, Jelka Stevanović, Milica Kovačević-Filipović, Dragana Popović,
Tatjana Božić**

U radu smo naveli rezultate preliminarnih ispitivanja crvene krvne slike ovaca i krava uzgajanih na terenima koji su bili izloženi dejstvu municije sa osiromašenim uranijumom, tokom NATO bombardovanja 1999. godine. Uzorci krvi, zemlje, vegetacije i hraniva prikupljeni su tokom 2003. godine.

Rezultati pokazuju da ovce koje potiču sa terena bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom imaju značajno manji broj eritrocita ($p < 0.001$) i koncentraciju hemoglobina ($p < 0.001$), kao i nižu hematokritsku vrednost ($p < 0.001$), nego kod životinja kontrolne grupe koje nisu sa ovog područja. Izračunati hematološki indeksi (MCV i MCHC) ukazuju da ovce sa ispitivanog područja imaju makrocitnu hipohromnu anemiju.

Krave koje potiču sa istih lokacija, takođe, imaju značajno manji broj eritrocita ($p < 0.001$), koncentraciju hemoglobina ($p < 0.05$) i značajno nižu hematokritsku vrednost ($p < 0.05$) od krava iz kontrolne grupe, i na granici su anemičnog stanja. Izračunati hematološki indeksi ukazuju da su eritrociti krava sa ovog područja normalne veličine i da su normalno punjeni hemoglobinom.

U svim ispitanim uzorcima zemljišta, vegetacije i hraniva, sadržaj ^{235}U je bio ispod minimalne merne koncentracije (MDC), dok su se izmerene koncentracije ostalih prirodnih i proizvedenih radionuklida (^{137}Cs) nalazile u opsegu srednjih vrednosti izmerenih u uzorcima zemljišta u regionu, osim znatno nižih koncentracija ^{40}K .

Ključne reči: osiromašeni uranijum, krave, ovce, eritrociti, hemoglobin, hematološki indeksi

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Slavoljub Jović, asistent pripravnika, Katedra za fiziologiju; dr Jelka Stevanović, vanredni profesor, Katedra za fiziologiju; mr Milica Kovačević-Filipović, asistent, Katedra za patološku fiziologiju; dr Dragana Popović, redovni profesor, Katedra za fiziku; dr Tatjana Božić, redovni profesor, Katedra za patološku fiziologiju, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

Uvod / Introduction

Više lokacija na jugu Srbije, koje uglavnom obuhvataju obradivo zemljište i zemljište pod pašnjacima, uključujući i područja opštine Bujanovac u kojima smo obavili naša istraživanja, bilo je bombardovano projektilima sa osiromašenim uranijumom tokom NATO agresije na našu zemlju, 1999 godine [3]. Uranijum je visoko hemijski toksičan i srednje radiotoksičan elemenat, i kao hemijski veoma aktivan, brzo prodire u zemljište [6], odakle ga biljke lako preuzimaju i uključuju u „lanac ishrane” [13, 14]. Uranijum se u organizam životinja unosi vodom, hranom i vazduhom [16], a krvotokom se raznosi do svih ćelija [4]. U samom krvotoku ga najviše ima u eritrocitima [2].

Dugotrajno izlaganje malim dozama osiromašenog uranijuma ne izaziva direktne štete, već dovodi do jonizacije molekula i stvaranja slobodnih kiseonikovih radikala [1, 9, 10]. Povećane količine slobodnih kiseonikovih radikala oštećuju lipidne i proteinske molekule ćelijskih membrana [9, 10], i mogu da budu uzrok ubrzanog propadanja svih ćelija životinjskog organizma što ima kao posledicu različite patološke promene i manifestacije tih promena.

U ovom radu dat je prikaz analize crvene krvne slike krava i ovaca koje potiču sa područja bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom, kao i sadržaja radionuklida u uzorcima zemljišta, vegetacije i hraniva, sa ispitivanih terena.

Materijal i metode rada / Materials and methods

Tokom 2003. godine sa šest lokacija u okolini Bujanovca, koje su 1999. godine bombardovane projektilima sa osiromašenim uranijumom, prikupljeni su uzorci zemljišta, vegetacije, hraniva i krvi. Uzorci krvi su uzeti od 20 klinički zdravih krava (buša u tipu simentalca, uzrasta od 6 do 15 godina) i 20 ovaca (merino/svrljig, u uzrastu od 3 do 6 godina), koje su činile ispitivanu grupu. Kontrolnu grupu je činilo 10 krava i 10 ovaca izvan ovih lokacija (iste rase, starosti, načina ishrane i drugog). Krv je uzeta punkcijom jugularne vene, uz upotrebu Na-citrata kao antikoagulansa.

Koncentracija hemoglobina određena je spektrofotometrijski, Spectord M-40, na 540 nm [14]. Ukupni broj eritrocita je utvrđen upotrebom Hayem-ovog rastvora za razblaživanje i brojanjem u Spencerovoj komorici. Hematokritska vrednost određena je mikrohematokritskom metodom. Hematološki indeksi, prosečna zapremina eritrocita (MCV) i prosečna koncentracija hemoglobina po eritrocitu (MCHC) izračunati su na osnovu podataka za broj eritrocita, koncentraciju hemoglobina i hematokritsku vrednost. Dobijeni rezultati su prikazani kao srednje vrednosti $\pm$ standardna greška ($MV \pm SE$). Aktivnost radionuklida u zemljištu, vegetaciji i hranivima određena je standardnom metodom spektrometrije

gama zračenja (HPGe detektor, ORTEC, relativna efikasnost 23%, vreme merenja 61.000-67.500 s).

Rezultati rada / Results

Rezultati pregleda krvne slike ovaca i krava sa područja izloženih dejstvu municije sa osiromašenim uranijumom prikazani su u tabeli 1 i 2. Ovi rezultati ukazuju da ovce koje potiču sa terena bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom (ispitivana grupa) imaju značajno manji broj eritrocita ($p < 0.001$) i koncentraciju hemoglobina ($p < 0.001$), kao i da im je hematokritska vrednost značajno niža nego kod kontrolne grupe ($p < 0.001$). Izračunati MCV i MCHC indeksi ukazuju da su eritrociti ovaca sa ispitivanog područja veći od normalnih i da su slabo punjeni hemoglobinom (tabela 1).

Tabela 1. Broj eritrocita (Er), koncentracija hemoglobina (Hb), hematokritska vrednost (Ht), MCV i MCHC indeksi ispitivane i kontrolne grupe ovaca /
Table 1. Number of sheep erythrocytes (Er), hemoglobin concentration (Hb), packed cell volume (Ht), MCV i MCHC indexes in experimental and control group

Parametar / Parameter	Ovce / Sheep	
	Ispitivana grupa / Examined group (n=20)	Kontrolna grupa Control group (n=10)
Statistika / Statistics	MV $\pm$ SE	MV $\pm$ SE
Er $\times 10^{12}/L$	5.41 $\pm$ 0.18***	10.95 $\pm$ 1.03
Hb g/L	78.7 $\pm$ 2.18***	115 $\pm$ 3.87
Ht %	26.7 $\pm$ 0.7***	35.1 $\pm$ 1.57
MCV fL	45 $\pm$ 1.7***	38 $\pm$ 1.4
MCHC g/L	275 $\pm$ 14***	333 $\pm$ 17

Srednja vrednost (MV) $\pm$ standardna greška (SE); Značajnost: * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$ /
Values expressed as MV $\pm$ SE; Significance at * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$ vs. control group

Krave koje potiču sa terena bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom (ispitivana grupa) imaju značajno manji broj eritrocita ($p < 0.001$), koncentraciju hemoglobina ($p < 0.05$) i hematokritsku vrednost ($p < 0.05$), nego krave kontrolne grupe. Izračunati hematološki indeksi MCV i MCHC ukazuju da su im eritrociti normalne veličine i da su normalno punjeni hemoglobinom (tabela 2).

Tabela 2. Broj eritrocita (Er), koncentracija hemoglobina (Hb), hematokritska vrednost (Ht), MCV i MCHC indeksi ispitivane i kontrolne grupe krava /
Table 2. Number of cows erythrocytes (Er), hemoglobin concentration (Hb), packed cell volume (Ht), MCV i MCHC indexes in experimental and control group

Parametar / Parameter	Krave / Cows	
	Ispitivana grupa / Examined group (n=20)	Kontrolna grupa / Control group (n=10)
Statistika / Statistics	MV $\pm$ SE	MV $\pm$ SE
Er $\times 10^{12}/L$	5.4 $\pm$ 0.2***	7.0 $\pm$ 0.1
Hb g/L	95.4 $\pm$ 0.2*	110.0 $\pm$ 4.9
Ht %	29 $\pm$ 0.6*	35.0 $\pm$ 2.2
MCV fL	54 $\pm$ 3.7 NS	50 $\pm$ 3.5
MCHC g/L	345 $\pm$ 25.3 NS	325 $\pm$ 27.3

Srednja vrednost (MV) $\pm$ standardna greška (SE); Značajnost: * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$

Values expressed as MV $\pm$ SE; Significance at * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$ vs. control group

NS – nema značajnosti ($p > 0.05$) / NS – not significant ($p > 0.05$)

U svim ispitanim uzorcima zemljišta, aktivnost ^{235}U je bila ispod minimalne merne koncentracije za uranijum (10^{-3} Bq/kg), dok su se izmerene koncentracije ostalih prirodnih i proizvedenih radionuklida (^{137}Cs) nalazile u opsegu srednjih vrednosti za različite tipove zemljišta u regionu, osim znatno nižih koncentracija ^{40}K [15]. Sadržaj radionuklida u uzorcima vegetacije i hraniva, osim za ^{40}K , takođe je bila niža od minimalnih mernih koncentracija (10^{-3} Bq/kg).

Diskusija / Discussion

Prikazani rezultati su deo većeg projekta kojim su obuhvaćena ispitivanja hematoloških, biohemijskih i citogenetskih parametara kod životinja uzgajanih na terenima izloženim dejstvu municije sa osiromašenim uranijumom, kao i ispitivanja sadržaja osiromašenog uranijuma na ovom području. Iako dosadašnja merenja sadržaja radionuklida u uzorcima zemljišta, vegetacije i hraniva nisu ukazala na prisustvo osiromašenog uranijuma u životnoj sredini na datim lokacijama, ovo još nije siguran dokaz da osiromašeni uranijum nije ušao u široki lanac ishrane.

Ispitivanja crvene krvne slike ovaca i krava sa terena bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom ukazuju na značajne promene u odnosu na kontrolne životinje. Ovce sa ovih terena imale su skoro dvostruko manji broj eritrocita, uz značajan pad koncentracije hemoglobina i hematokritske vrednosti. Izračunati hematološki indeksi ukazuju da je kod ovaca prisutna makrocitna hipohromna anemija. Ustanovljena makrocitoza bi mogla da bude posledica pri-

sustva većeg broja retikulocita u perifernoj krvi, što najverovatnije ukazuje na postojanje regenerativne anemije i govori u prilog tome da bi kostna srž ovih životinja mogla da kompenzuje ustanovljenu anemiju.

Isti hematološki parametri za krave, prikazani kao prosečne vrednosti, na donjoj su granici fiziološkog opsega [7, 11]. Međutim, deo ispitivanih životinja je ipak imao vrednosti hematoloških parametara koji ukazuju na anemiju (pojedinačni rezultati nisu prikazani).

Kod ispitivanih ovaca i krava utvrđeno je postojanje oksidativnog stresa, odnosno pojačana proizvodnja slobodnih kiseonikovih radikala [neobjavljeni rezultati, Stevanović i sar.]. Jedan od uzroka ustanovljene anemije bi moglo da bude i oštećenje membrane eritrocita slobodnim kiseonikovim radikalima. Ovakav nalaz je u skladu sa podacima iz literature po kojima eritrociti izloženi oksidativnom stresu brže podležu hemolizi [2]. Međutim, pojačano stvaranje slobodnih kiseonikovih radikala nije specifičan pokazatelj dejstva niskih doza osiromašenog uranijuma, već se javlja i kod delovanja različitih drugih štetnih agenasa [8, 9, 10]. Za potvrdu pretpostavke da hronično izlaganje malim dozama jonizujućeg zračenja, kao posledica prisustva osiromašenog uranijuma u životnoj sredini, doprinosi razvoju anemije kod ispitivanih životinja potrebna su sveobuhvatnija istraživanja.

Zaključak / Conclusion

S obzirom da su manifestacije oštećenja molekula pod uticajem slobodnih kiseonikovih radikala spore i vrlo raznovrsne, teško je pouzdano zaključiti da su ustanovljeni poremećaji posledica dugotrajnog izlaganja organizama životinja dejstvu osiromašenog uranijuma u životnoj sredini. Ustanovljena makrocitna hipohromna anemija kod ovaca koje potiču sa područja bombardovanih municijom sa osiromašenim uranijumom mogla bi da bude posledica oštećenja membrane njihovih eritrocita slobodnim kiseonikovim radikalima, čiji nastanak indukuje oštećenje membrane i posledičnu hemolizu. Međutim, za konačan zaključak da je ustanovljena anemija posledica prisustva osiromašenog uranijuma u životnoj sredini potrebna su opsežnija sistematska istraživanja hematoloških, biohemijskih i citogenetičkih parametara.

Zahvalnica: Ovaj rad je realizovan zahvaljujući sredstvima dobijenim od Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije (projekat Br. 1518/2002) i uz pomoć kolega zaposlenih u Veterinarskoj stanici Bujanovac. /

Acknowledgements: The study was supported by the Ministry of Science, Technology and Development of the Republic of Serbia (Grant No.1518/2002), and Veterinary clinic Bujanovac.

Literatura / References

1. Bogdan C., Diefenbach A., Rollinghof M.: Current Opinion in Immunology. 12:64-76, 2000. - 2. Fisenne I. M., Perry P. M.: Health Phys. 49, 6, 1277-1275, 1985. - 3. FM

REPORT: Consequences of NATO Bombing. Federal Ministry of Science and Environment, Belgrade, 2000. - 4. La Toche Y. D., Willis D. I., Dawydiak O. I.: Health Phys. 53, 2, 147-162, 1987. - 5. Laval F.: J. Cell Physiol. 201, 73-79, 1988. - 6. Lee Ha., Gabriel R., Bolton P.: Lancet Oncology, 2, 197, 2001. - 7. Nemi J.: Essentials of veterinary hematology, ed. Lea and Febiger, 1993. - 8. Murase T., Ueda T., Yamoto O., Tajimi M., Maede Y.: Oxidative damage and enhanced erythrophagocytosis in Canine erythrocytes infected with babesia gibsoni, J. Vet. Med. Sci. 58, 3, 259-261, 1996. - 9. Petkau A.: Canadian Journal of Chemistry, 49, 1187-1196, 1971. - 10. Petkau A.: Health Physics, 22, 239-244, 1972. - 11. Phillis J. W.: Veterinary physiology, Bristol: Wright-Scientific, 1976. - 12. Popovic D., Djuric G., Todorovic D.: Central European J. of Occupational and Environmental Medicine. 8, 227-231, 2002. - 13. Ribera D.: Rev Environ Contam Toxicol. 146, 53-59, 1996. - 14. Tentori L., Salvati A. M.: Meth. Enzymol. 76, 707-715, 1981. - 15. Todorović D., Radenković M., Popović D., Ivanov S., Djurić G.: Proceedings of the IV Regional Symposium on Chemistry and Environment, Zrenjanin. 431-433, 2001. - 16. Wrenn M. E., Durbin P. W., Howard B., Lipsztein J., Rundo J., Still E. T., Willis D. L.: Health Phys. 48, 5, 601-633, 1985.

ENGLISH

RESULTS OF ANALYSIS OF RED BLOOD CELLS IN COWS AND SHEEP IN AREAS EXPOSED TO ATTACK USING DEPLETED URANIUM AMMUNITION

S. Jović, Jelka Stevanović, Milica Kovačević-Filipović, Dragana Popović, Tatjana Božić

The paper presents the results of preliminary examinations of the red blood cell count in sheep and cows raised in areas that were exposed to the effects of depleted uranium ammunition during the NATO bombing of the country in 1999. Samples of blood, soil, vegetation and feedingstuffs were collected in the course of 2003.

The results show that sheep from areas bombarded with ammunition containing depleted uranium have a significantly lower count of erythrocytes ($p < 0.001$) and hemoglobin concentration ($p < 0.001$), as well as a smaller packed cell volume ($p < 0.001$) than control groups of animals which are not from this area. The calculated hematological indexes (MCV and MCHC) indicate that sheep from the examined area suffer from macrocytic hypochromic anaemia.

Cows from the same locations also have a significantly lower count of erythrocytes ($p < 0.001$), hemoglobin concentration ($p < 0.05$), and a significantly smaller packed cell volume ($p < 0.05$) than cows of the control group, and are just below the level of being anaemic. The calculated hematological indexes show that erythrocytes of cows from this area are normal in size and are normally filled with hemoglobin.

In all examined samples of soil, vegetation and feedingstuffs, the ^{235}U content was below the minimum detected concentration (MDC), while the measured concentrations of other natural and produced radionuclides (^{137}Cs) were within the range of mean values measured in regional soil samples, with the exception of lower ^{40}K concentrations.

Key words: depleted uranium, cows, sheep, erythrocytes, hemoglobin, hematological indexes.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОСМОТРА КИШЕЧНОЙ КРОВЯНОЙ КАРТИНЫ ОВЕЦ И КОРОВ
С ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ, БОМБАРДИРОВАННЫХ
БОЕПРИПАСАМИ С БЕДНЫМ УРАНИУМОМ**

**С. Йович, Елка Стеванович, Милица Ковачевич-Филипович, Драгана Попович,
Татяна Божич**

В работе мы привели результаты предварительных испытаний кишечной кровяной картины овец и коров, разведённых на местностях, которые были подвергнуты действию боеприпасов с бедным ураниумом, в течение НАТО бомбардирования 1999 года. Образчики крови, земли, вегетации и корма собраны в течение 2003. года.

Результаты показывают, что овцы, происходящие с местностей, бомбардированных боеприпасами с бедным ураниумом имеют значительно более маленькое число эритроцитов ($p < 0.001$) и концентрацию гемоглобина ($p < 0.001$) словно и более низкую гематокритную стоимость ($p < 0.001$), чем у контрольной группы животных, которые не с этой подведомственной области. Сосчитанные гематологические индексы (*MCV* и *MCHC*) указывают, что овцы с испытыванной подведомственной области имеют макроцитную гипохромную анемию.

Коровы, происходящие с таких же локаций также имеют значительно более маленькое число эритроцитов ($p < 0.001$), концентрацию гемоглобина ($p < 0.05$) и значительно более низкую гематокритную стоимость ($p < 0.05$) от коров из контрольной группы, и на границе анемичного состояния. Сосчитанные гематологические индексы показывают, что эритроциты коров с этой подведомственной области нормальной величины и что нормально наполнены гемоглобином.

Во всех испытанных образчиках земли, вегетации и корма, содержание ^{235}U было ниже минимальной мерильной концентрации (*MDC*), пока измеренные концентрации остальных природных и произведённых радионуклидов (^{137}Cs) находились в объёме средних стоимостей, измеренных в образчиках земле в регионе, кроме значительно более низких концентраций 40К.

Ключевые слова: бедный ураниум, коровы, овцы, эритроциты, гемоглобин, гематологические индексы

**PRIMENA AMONIJUM HEKSACIJANOFERATA U ZAŠTITI
ŽIVOTINJA U SLUČAJU RADIOKONTAMINACIJE ^{137}Cs ***
*USE OF AMMONIUM HEXACYANOFERRATE IN ANIMAL PROTECTION
IN CASE OF ^{137}Cs RADIOCONTAMINATION*

Gordana Vitorović, Branislava Slavata**

Usled relativno dugog trajanja vremena poluraspada i visokog faktora prelaska u hranu, radioizotopi cezijuma oslobođeni u atmosferu posle nesreća na nuklearnim postrojenjima, značajno doprinose radijacionom riziku stanovništva izloženom falloutu. Oko 80 posto radiocezijuma unetog preko biljne hrane apsorbuje se u organima za varenje preživara, odakle se prenosi u sva meka tkiva, mleko, urin i feces. Glavni cilj zaštite usmeren je na smanjenje sadržaja ^{137}Cs u hrani životinjskog porekla. Kao najefikasnije sredstvo u vezivanju radiocezijuma u digestivnom traktu domaćih životinja i sprečavanju njegove distribucije u tkiva i organe, pokazao se amonijum heksacijanoferat, AFCF. U ovom radu dati su prikazi iz literature efekata primene AFCF u zaštiti domaćih i divljih životinja, kao i rezultati oglada sa brojerskim pilićima alimentarno kontaminisanih rastvorom ^{137}Cs . Ustanovljeno je da se primenom AFCF postiže visok stepen zaštite brojerskih pilića koja se ogledala u smanjenju deponovanja ^{137}Cs u mesu pilića za oko 97 posto u odnosu na grupe pilića koje nisu dobijale AFCF. Najbolji efekti zaštite ostvaruju se pri istovremenom davanju AFCF i ^{137}Cs .

Ključne reči: radiocezijum, AFCF, zaštita, brojerski pilići

Uvod / Introduction

Već više od 40 godina je poznato da jedinjenja heksacijanoferata selektivno apsorbuju jone cezijuma. Zato su se ova jedinjenja koristila kao skupljači fisionih proizvoda i kao efikasan antidot za smanjenje ugrađivanja radiocezijuma u meka tkiva životinja [1, 2].

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Gordana Vitorović, vanredni profesor, mr Branislava Slavata, asistent pripravnika, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

Černobilski akcident, aprila 1986. godine, rezultirao je širokom atmosferskom kontaminacijom lanca ishrane izotopima ^{134}Cs i ^{137}Cs . To je ukazalo na potrebu iznalaženja efikasnog sredstva za zaštitu, odnosno smanjenje apsorpcije radiocezijuma kako kod domaćih životinja, tako i kod ljudi na ugroženim područjima. Ustanovljeno je [3] da AFCF (NH_4FeHCF), može da bude efikasan antidot za smanjeno ugrađivanje radiocezijuma u organizmu domaćih životinja. Ovo jedinjenje smanjuje crevnu apsorpciju radiocezijuma i pokazuje najbolje rezultate prilikom istovremenog davanja sa kontaminisanom hranom. U digestivnom traktu AFCF gradi kompleks sa radiocezijumom koji se izbacije fecesom.

U Zapadnoj Evropi jedan od najvećih problema, kao posledica Černobilskog akcidenta, bile su divlje životinje i životinje koje se „slobodno” gaje. Primeenom AFCF, distribucija ^{137}Cs u mesu jagnjadi, ovaca, koza, teladi, krava i divljači, bila je smanjena za 75 do 95 posto [4]. Davanjem AFCF umešanog u hranu (2-3 g dnevno) muznih krava, teladi i svinja postižu se efekti zaštite od 85 do 95 posto [5, 6]. U Norveškoj su [7] proizvedeni originalni bolusi za zaštitu divljači. Oni su bili sastavljeni od mešavine 15% AFCF, 75% barita i 10 % pčelinjeg voska. Za manje rase ovaca i jagnjadi u Engleskoj razvijeni su manji bolusi sa 20 % AFCF [8]. Pored ovih načina davanja, neki autori [9] povećavali su dodavanje AFCF u silaži od 50 do 159 mg dnevno, što je doprinelo da se smanjila količina ^{134}Cs u mesu ovaca za 75 do 86 posto. Svi ovi rezultati su doprineli da je ovo jedinjenje zvanično dozvoljeno za upotrebu kao dodatak hrani domaćih životinja u Rusiji, Ukrajini, Belorusiji, Norveškoj, Nemačkoj i Austriji [10]. Evropska zajednica je dala preporuke da se on koristi kao aditiv u stočnoj hrani [11]. Zbog visoke cene uvoznog preparata AFCF, u Rusiji i Belorusiji je napravljena mešavina heksacijanoferata nazvana Ferocin, koja se komercijalno proizvodi radi zaštite životinja od kontaminacije radiocezijumom [12]. Daje se u prašakastom obliku (98 %), u obliku bolusa (15 % fericina) i slanah tabli (10 % ferocina).

Heksacijanoferati su našli primenu i kod ljudi [13]. Ustanovljeno je da jedan gram oralno datog HCF (heksacijanoferata) smanjuje apsorpciju ^{134}Cs na 5,6 do 6,4 posto. Biološko vreme poluraspada prethodno apsorbovanog ^{134}Cs smanjeno je od 106 na 44 dana.

Iako živina predstavlja vrstu životinja koja je najmanje izložena radioaktivnoj kontaminaciji, ipak je faktor rizika veliki ukoliko se u smeši za ishranu nalaze visoko kontaminisana hraniva kao, na primer, riblje brašno, lucerkino brašno i druga. Međunarodna atomska agencija [14]) navodi da je koeficijent prelaza ^{137}Cs iz hrane najveći ($K_p = 1$) baš za živinsko meso. Zato su ispitivanja efikasnosti AFCF jednim delom usmerena i na živinarsku proizvodnju [15,16].

Imajući sve navedeno u vidu cilj ovoga rada je bio da se pored literaturnog prikaza istraživanja efikasnosti AFCF u zaštiti životinja od kontaminacije radiocezijumom, ispita i njegova efikasnost u zavisnosti od različitog nivoa kontaminacije brojlera ^{137}Cs , kao i različitog vremena aplikacije radioprotektora AFCF.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Za ovo ispitivanje korišćeni su brojlerski pilići, linijskog hibrida *Hybro*, uzrasta 35 dana. Postavljena su dva eksperimenta. U oba eksperimenta vođeni rastvori ^{137}Cs i AFCF dati su pilićima peroralno, sandom. Prvi eksperiment je obuhvatio četiri grupe sa po pet pilića, dve kontrolne i dve ogledne, koje su dobijale različite nivoe ^{137}Cs (1250 i 5000 Bq, po piletu). Kontrolne grupe pilića nisu dobijale AFCF, a u oglednim grupama pilići su neposredno posle kontaminacije dobijali 200 mg AFCF, po piletu. Životinje su žrtvovane 24 časa posle kontaminacije.

U drugom eksperimentu, životinje su dobijale isti nivo aktivnosti ^{137}Cs (1250 Bq, po piletu) i istu koncentraciju AFCF (200 mg, po piletu). Pilići kontrolne grupe (grupa 1) nisu dobijali AFCF, a u oglednim grupama je bilo različito vreme davanja protektora: grupa 2 – prvo AFCF, a posle 24 časa ^{137}Cs , grupa 3 – prvo ^{137}Cs , a posle 24 časa AFCF, grupa 4 – istovremeno AFCF i ^{137}Cs . Žrtvovanje životinja je obavljano 24 časa, 7 dana i 14 dana posle kontaminacije ili zaštite. Uzorci mesa su homogenizovani. Metodom gamaspektrometrije u njima je određivan nivo aktivnosti ^{137}Cs , korišćenjem germanijumskog detektora (HPGe), rezolucije 1,85 KeV za Co-60E od 1,33 Me, relativne efikasnosti 28 posto.

Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion*

Rezultati ispitivanja efikasnosti heksacijanoferata (AFCF) u slučaju peroralne kontaminacije brojlerskih pilića ^{137}Cs , prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Nivo aktivnosti ^{137}Cs (Bq/kg) u mesu brojlerskih pilića /
Table 1. Level of activity of ^{137}Cs (Bq/kg) in meat of broiler chickens

Grupa / Group	AFCF, mg/pile / AFCF, mg/chick	^{137}Cs , Bq/pile / ^{137}Cs , Bq/chick	^{137}Cs u mesu, Bq/kg / ^{137}Cs in meat, Bq/kg
1. Kontrolna / <i>Control</i> 1. Ogledna / <i>Experimental</i>	- - - 200,00	1250,0 1250,0	574,0 ± 17,80 15,4 ± 1,50
2. Kontrolna / <i>Control</i> 2. Ogledna / <i>Experimental</i>	- - - 200,00	5000,0 5000,0	2597,0 ± 308,40 78,8 ± 18,3

Srednje vrednosti ± Standardne devijacije / Means ± Standard deviations

Rezultati iz tabele 1 ukazuju na visok zaštitni efekat AFCF kod pilića alimentarno kontaminisanih različitim nivoom aktivnosti ^{137}Cs . On se ogleda u značajnom smanjenju deponovanja ^{137}Cs u mesu pilića koji su dobijali AFCF. Izraženo u procentima smanjenja u odnosu na kontrolne grupe, efikasnost zaštite upotrebom AFCF je bila u intervalu od 97 do 98 posto, a što je u skladu sa navodima drugih autora [3, 4, 17].

U tabeli 2 prikazani su efekti zaštite pilića kontaminisanih ^{137}Cs , u zavisnosti od vremena davanja AFCF.

Tabela 2. Aktivnost ^{137}Cs (Bq/kg) u mesu brojlera 1, 7. i 14. dana posle kontaminacije /
Table 2. ^{137}Cs activity (Bq/kg) in broiler meat, 1, 7 and 14 days after contamination

Grupa / Group	Vreme posle kontaminacije (dani) / Time after contamination (days)		
	1.	7.	14.
	^{137}Cs (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)	^{137}Cs (Bq/kg)
1.	$575,4 \pm 21,50$	$363,6 \pm 21,30$	$217,8 \pm 12,50$
2.	$407,3 \pm 18,40$	$184,0 \pm 18,30$	$130,3 \pm 11,20$
3.	$419,7 \pm 42,10$	$229,3 \pm 23,10$	$14,9 \pm 8,50$
4.	$15,3 \pm 2,7$	$9,0 \pm 3,20$	$7,0 \pm 7,4$

Srednje vrednosti $\pm$ Standardne devijacije / Means $\pm$ Standard deviations

Rezultati prikazani u tabeli 2 ukazuju da se u mesu pilića 1. grupe (kontrolna), koja je dobijala samo ^{137}Cs , zadržava visoka aktivnost ^{137}Cs i 14 dana posle kontaminacije, sa trendom blagog opadanja. Slična tendencija ispoljava se i kod 2. i 3. ogledne grupe, koje su pored ^{137}Cs , dobijale i AFCF samo u različito vreme (24 časa pre – 2. grupa, i 24 časa posle ^{137}Cs – 3. grupa). Postignuti efekat zaštite, u odnosu na kontrolnu grupu bio je 27-50 posto. Međutim, davanjem protektora AFCF neposredno posle kontaminacije (4. ogledna grupa), ostvaruje se visok stepen zaštite, a što je u skladu sa navodima drugih autora [13]. U odnosu na kontrolnu grupu (1. grupa) postignuto je smanjenje deponovanja ^{137}Cs u meso pilića od 97 posto.

Zaključak / Conclusion

1. Upotrebom amonijum heksacijanoferata (AFCF) ostvaruje se značajno smanjenje deponovanja ^{137}Cs u meso pilića alimentarno kontaminisanih različitim nivoima ^{137}Cs .

2. Najveći efekat zaštite, u intervalu od 97 do 98 posto, postiže se pri davanju AFCF pilićima neposredno posle alimentarne kontaminacije ^{137}Cs .

Rad je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije

Literatura / References

1. Nigrović V.: Enhancement of the excretion of radiocesium in rats by ferric cyanoferrate (II). Int.J.Rad.Biol., 7, 307-309, 1963. - 2. Havlicek F.: Die wirkung von cyanoferraten auf die ausscheidung von radioaesium bei ratten und zeigen. Strahentherapie, 134, 123 -129, 1967. - 3. Giese W.: Countermeasures for reducing of radiocesium to animal derived food. The Sci.of Total Envir., 85, 317-326,1989. - 4. Voight G.: Chemical methods to reduce the radioactive contamination of animals and their products in agricultural ecosystems. The Sci. of Total Envir., 137, 205-225, 1993. - 5. Bailer B.: Zur beschleunigten Aussch-

leistung von radiocasium bei Schafen durch zufutterung von amonium-eisen-hexacyanoferrat. Inugural Disertation, hanover, 1988. - 6. Margenthal A.: Futterungsversuch zur erprobung von amonium-eisen.hexacyanoferrat fur die dekorporation von radiocasium bei moorschuncken. Inaugural Disertation, Hanover, 1988. - 7. Hansen H., Hove K., Barvik K. : The effect of sustained release boli with ammonium (III)-hexacyanoferrate (II) on radiocesium accumulatin in sheep grazing contaminated pasture. Health Physics, 71, 705-712, 1996. - 8. Beresford N., Hove K., Barnett C., Fawcett R., Dodd A., Mayers R. : The development and testing of an intraruminal slow-release bolus designed to limit radiocesium absorption by small lambs grazing contaminated pastures. Small ruminant Res., 33, 109, 115, 1999a. - 9. Passikallio A., Sormunen-Kristian R., Jaakola S., Kaikkonen M.: The effect of ammonium ferric hexacyaniferrate on reducing radiocesium transfer from grass silage to sheep. Agric. and Food Sci. In Finland, 9, 135-147, 2000. - 10. IAEA Proceeding of Symposium on environmental impact of radioactive releases, 644-649, 1995. - 11. Commision of the European Community Directive 96/66/EC. Council Directive 70/524/EEC concernig additives in feedingstuffs. Official Journal of the European Communities, 272, 32-35, 1996. - 12. Ratnikov A., Vasilev A., Krasanova E., Pasternak A., Howard B., Hove K., Strand P.: The use of the hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocesium contamination of animal products in Russia. The Sci. of the Total Envir., 223, 167-176, 1998. - 13. Dresow B., Fischer R., Pfau A., Nielsen P.: In vivo binding and decorporation of radiocesium by hexacyanoferrates (ii). Biomarkers and Environment, 4, Suppl., 2001. - 14. IAEA. Handbook of parameter valuaes for the prediction of radionuclide transfer in temporate environments, 1994. - 15. Vitorović G., Draganović B., Pantelić G., Vukićević O., Dumić M., Vitorović D. : Effectiveness of cesium binders in reducing Cs-137 transfer into broiler chickens. Acta Veterinaria, 47, 159 -164, 1997. - 16. Vitorović G., Slavata B., Stošić K., Mladenović V., Vitorović D.: The effect of clinoptilolite on ¹³⁷Cs binding in broiler chickens. Agric. and Food. Sci. In Finland, 11, 137-141, 2002.

ENGLISH

USE OF AMMONIUM HEXACYANOFERRATE IN ANIMAL PROTECTION IN CASE OF ¹³⁷Cs RADIOCONTAMINATION

Gordana Vitorovic, Branislava Slavata

Due to its relatively long half-life and high factor in its transfer to feedstuffs, cesium radioisotopes released into the atmosphere following nuclear disasters significantly contribute to the irradiation risk of the population exposed to the fallout. About 80% of radiocesium taken in through plant feedstuffs is absorbed in the digestive organs of ruminants, from where it is transported to all soft tissues, milk, urine and feces. The main objective of protection is aimed at reducing ¹³⁷Cs content in food of animal origin. Ammonium hexacyanoferrate AFCF has been shown as the most efficient means in binding radiocesium in the digestive tract of domestic animals and preventing its distribution to tissues and organs. This paper gives a literature survey of the effects of AFCF application in the protection of domestic and wild animals, as well as results of experiments with broiler chickens alimentarily contaminated with a solution of ¹³⁷Cs. It has been established that the application of AFCF provides a high level of protection of broiler chickens, which was reflected in the reduction of ¹³⁷Cs deposits in chicken meat by about 97% in comparison with the groups

which were not administered AFCF. The best effect of protection is achieved with the simultaneous application of both AFCF and ^{137}Cs .

Key words: radiocesium, AFCF, protection, broiler chickens.

РУССКИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ АМОНИЙ ГЕКСАЦИАНОФЕРАТА В ЗАЩИТЕ ЖИВОТНЫХ В СЛУЧАЕ РАДИОКОНТАМИНАЦИИ ^{137}Cs

Гордана Виторович, Бранислава Славата

Вследствие релятивно долгого времени полураспада и высокого фактора перехода в корм, радиоизотопы цезия освобождены в атмосферу после несчастий на ядерных оборудованьях, значительно содействуют радиационном риске населения подвергнутому основному излучению (*fallout-y*). Около 80% радиоцезия внесёного через растительный корм абсорбируется в органах для варения жвачных животных, откуда транспортируется во все мягкие ткани, молоко, мочу и помёт. Главная цель защиты направлена на уменьшение содержания ^{137}Cs в корме животного происхождения. Как самое эффективное средство в связывании радиоцезия в пищеварительном тркте домашних животных и предупреждении их дистрибуции ткани и органы,показался амоний гексацианоферат, АХЦФ в защите домашних и диких животных словно и результаты опыта с бройлерными цыплятами алиментарно загрязнённым с раствором ^{137}Cs . Установлено, что применение АХЦФ показывает высокую степень защиты бройлерных цыплят, которая осматрелась в уменьшении депонирования ^{137}Cs в мясе цыплят за около 97% в отношении групп, которые не получали АХЦФ. Самые хорошие эффекты защиты осуществляются при одновременном давании АХЦФ и ^{137}Cs .

Ключевые слова: радиоцезий, АХЦФ, защита, бройлерные цыплята

**EFIKASNOST AFCF DATOG PUTEM HRANE POSLE
JEDNOKRATNE KONTAMINACIJE FAZANA ^{137}Cs ***
*EFFICIENCY OF AFCF MIXED IN FEED IN CASE OF SINGLE
CONTAMINATION OF PHEASANTS WITH ^{137}CS*

M. Vićentijević, R. Mitrović, Gordana Vitorović, Suzana Manić**

Imajući u vidu da su dosadašnja istraživanja bila usmerena ka zaštiti domaćih životinja od alimentarne kontaminacije cezijumom, naš cilj je bio da se istraže radioprotektorske mogućnosti amonijum-gvožđe (III) heksacijanoferata (II) – AFCF. Kao eksperimentalne životinje koristili smo fazane iz reda Phasianus colchicus. Ukupno je bilo 20 fazana u eksperimentu, uzrasta od dva meseca. Fazanke su bile podeležene u četiri grupe sa po pet ptica u grupi. Svi fazani su istovremeno dobijali vodeni rastvor sa 750 Bq ^{137}Cs i radioprotektor AFCF (0,2 g) umešan u hranu u obliku peleta. Nivo kontaminacije određen je gama spektrometrijski u svetlom mesu, tamnom mesu, jetri i mišićnom želucu. Bolji efekat zaštite postignut je (49-83%) u tamnom, svetlom mesu i jetri, nego u mišićnom želucu (8-47%).

Ključne reči: radiocezijum, AFCF, zaštita, fazani, meso, unutrašnji organi

Uvod / Introduction

Od velikog broja zagađivača biosfere, [3] radioaktivne materije predstavljaju značajnu komponentu, jer kumulacija prirodnih i proizvedenih radionuklida u pojedinim ekosistemima može da dovede do poremećaja biološke ravnoteže, sa značajnim radijaciono-biološkim posledicama. Sve ovo je veoma značajno, ako se uzme u obzir činjenica da se radioaktivne materije brzo uključuju u metaboličke procese u flori i fauni, i preko domaćih životinja i lovne divljači, lancem ishrane brzo dostevaju do krajnjeg potrošača – čoveka [8, 9].

Za razliku od domaćih životinja, divlje životinje su mnogo više izložene dejstvu radioaktivnog zračenja, jer ceo životni vek provode slobodno u prirodi. Zbog toga divljač predstavlja bioindikatore zagađenosti životne sredine.

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Mr Mihajlo Vićentijević, dr Radosav Mitrović, naučni savetnik, mr Suzana Manić, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Novi Beograd; dr Gordana Vitorović, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

Dobijanje proizvoda ispravnih radijaciono-higijenski predstavlja ozbiljan problem u slučaju akcidenata širokih razmera. Efikasan način rešenja ovog problema predstavlja upotreba radioprotekcionih sredstava. Do sada je ispitivan veliki broj radioprotektora sa ciljem da se u slučaju alimentarne kontaminacije domaćih životinja ^{137}Cs , dobiju proizvodi životinjskog porekla koji se bez radijacionog rizika mogu da koriste za ishranu ljudi.

Prve zapažene rezultate zaštite domaćih životinja od alimentarne radiokontaminacije ^{137}Cs posle Černobilskog akcidenta postigla je grupa istraživača [1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12], upotrebom amonijum - gvožđe (III) heksacijanoferata (II) - AFCF. Međutim, ova istraživanja nisu rađena kod divljih životinja. Da bi se potvrdila njegova efikasnost neophodno je da se urade ova ispitivanja i kod divljih životinja.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Planom eksperimenta obuhvaćeni su fazani, roda *Phasianus*, a vrste *Phasianus colchicus*, uzrasta od dva meseca, koji su uzeti iz fazanerije kod Padinske Skele „Široka greda”. Posle preuzimanja iz fazanerije životinje su smeštene u kaveze, po pet u svaki kavez. Ukupno je obuhvaćeno dvadeset fazana ogledom koji je trajao deset dana. Ishrana i napajanje životinja bili su po volji. Za ishranu je korišćena potpuna krmna smeša sa 20 posto proteina.

Fazani su jednokratno kontaminisani vodenim rastvorom ^{137}Cs , čija je aktivnost bila 750 Bq, po životinji. Istovremeno, alimentarnom kontaminacijom (direktna aplikacija ^{137}Cs u voljku fazana – sondom) dat je AFCF (0,2 g dnevno) umešan u koncentrovanoj smeši za ishranu fazana u vidu peleta (dva časa pre aplikacije ^{137}Cs). Životinje su žrtvovane u određenim vremenskim intervalima 2, 4, 8, 24 časa od aplikovanja vodenog rastvora ^{137}Cs .

Za merenje gama zračenja korišćen je vertikalni čist germanijumski detektor (HPGe - *high purity germanium*). Efikasnost detektora je 22–30 posto. Nivo specifične aktivnosti ^{137}Cs određen je gama-spektrometrijski u: *tamnom i svetlom mesu* i unutrašnjim organima – *jetri i mišićnom želucu*. Svi uzorci su usitnjeni i homogenizovani. Uzorci tamnog i belog mesa bili su prosečne mase od 100 do 200 g, a prosečna masa unutrašnjih organa jetre i mišićnog želuca 10 do 30 grama.

Rezultati rada / *Results*

Rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u mesu i unutrašnjim organima fazana u jednokratnom eksperimentu prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Aktivnost ^{137}Cs u mesu i unutrašnjim organima fazana posle jednokratne alimentarne kontaminacije i protekcije sa AFCF (Bq/kg)
Table 1. Activity of ^{137}Cs in meat and interval organs of pheasant following alimentary contamination and protection with AFCF

Redni broj / Number	Organi / Organs	2 časa / 2 hours	4 časa / 4 hours	8 časova / 8 hours	24 časa / 24 hours
1	Tamno meso / Dark meat	30,0 ± 3,23	99,4 ± 16,05	95,0 ± 8,13	83,5 ± 4,97
2	Svetlo meso / Light meat	15,3 ± 3,13	41,0 ± 3,38	33,5 ± 4,24	51,0 ± 6,51
3	Jetra / Liver	710,8 ± 95,42	634,3 ± 93,65	320,4 ± 37,08	263,3 ± 31,72
4	Mišićni želudac / Gizzard	1034,2 ± 198,04	1237,4 ± 249,96	1130,2 ± 266,94	524,8 ± 93,19

Na osnovu dobijenih vrednosti specifični nivo aktivnosti ^{137}Cs u mišićima (tamnom i svetlom mesu) povećava se od 2 do 24 časa od kontaminacije i zaštite, dok kod unutrašnjih organa (jetra i mišićni želudac) aktivnost postepeno opada.

Najniža aktivnost ^{137}Cs izmerena je u svetlom mesu u rasponu od 15,3 do 51,0 Bq/kg. Nešto veća aktivnost dobijena je kod tamnog mesa i iznosila je od 30,0 do 99,4 Bq/kg. Najveća aktivnost ^{137}Cs bila je kod mišićnog želuca (524,8 - 1237,4 Bq/kg), a nešto manja u jetri od 263,3 do 710,8 Bq/kg.

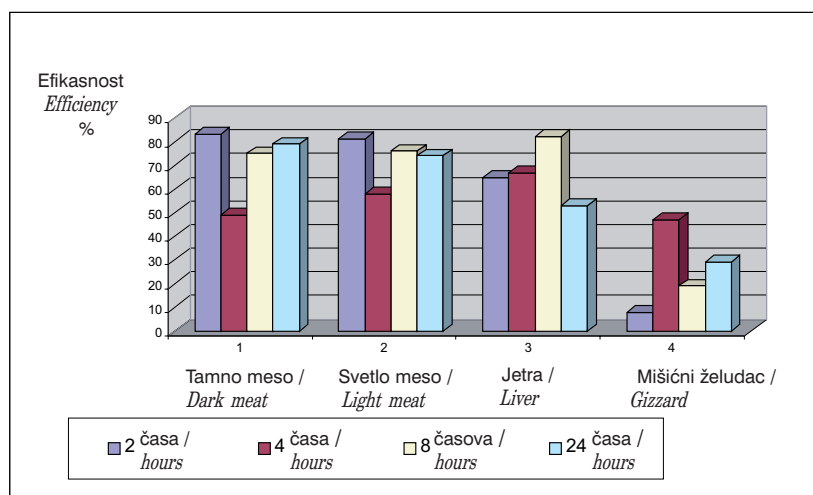
U tabeli 2 prikazano je za koliko procenata je smanjeno deponovanje ^{137}Cs u mišićima i unutrašnjim organima primenom AFCF umešanog u hranu. Grafički prikaz ovih rezultata dat je na grafikonu 1.

Tabela 2. Efikasnost AFCF umešanog u hranu u smanjenju deponovanja ^{137}Cs u mišićima i unutrašnjim organima fazana posle jednokratne alimentarne kontaminacije i zaštite (% od 100 % aktivnosti ^{137}Cs u odnosu na kontrolnu grupu bez protektora)
Table 2. Efficiency of AFCF mixed in feed in reducing ^{137}Cs deposits in muscles and interval organs of pheasant after single alimentary contamination and protection (% of 100% activity of ^{137}Cs against protector-free control group)

Grupa / Group	Organi / Organs	Vreme žrtvovanja posle kontaminacije (sati) / Sacrificed hours after contamination			
		2	4	8	24
1	Tamno meso / Dark meat	83,0	49,0	75,0	79,0
2	Svetlo meso / Light meat	81,0	58,0	76,0	74,0
3	Jetra / Liver	65,0	67,0	82,0	53,0
4	Mišićni želudac / Gizzard	8,0	47,0	19,0	29,0

Prva grupa (tamno meso) koja je dobila jednokratnu aplikaciju ^{137}Cs i radioprotektor (AFCF-hrana) imala je zaštitni efekat koji je bio od 49 posto do 83 posto. Najveći procenat zaštite bio je drugog časa posle kontaminacije i zaštite, a najmanji 4 časa, da bi se u poslednja dva merenja efekat zaštite zadržao na oko 80 posto. Za drugu grupu (svetlo meso) postaje skoro identične vrednosti, tj. efekat zaštite je bio od 58 posto do 81 posto. Na osnovu podataka iz literature [1, 2] gde je za radijacionu zaštitu mlečnih krava dato 3 g AFCF, efekat smanjenja ^{137}Cs u mesu bio je 75 posto. Kod jagnjadi sa jednim gramom ovoga protektora deponovanje ^{137}Cs u mesu manje je za 87 posto. Primena radioprotektora (AFCF umešan u hrani), dala je očekivane rezultate kod tamnog i svetlog mesa, što se podudara i sa podacima iz literature pomenutih autora.

Vrednosti kod treće grupe su u granicama vrednosti koje su bile za prvu i drugu grupu (mišićni organi). Procenat skinute aktivnosti u jetri bio je 53 do 82 posto, stim što je najveći procenat dobijen 8 časova posle kontaminacije i zaštite. Prema podacima [10, 11] primena AFCF neposredno posle kontaminacije daje najbolje rezultate i u unutrašnjim organima. Nivo aktivnosti ^{137}Cs u ogleđnoj grupi u odnosu na unetu aktivnost opada i do 20 puta.



Grafikon 1. Efikasnost AFCF umešanog u hranu /
Graph 1. Efficiency of AFCF mixed in feed

Najslabiji rezultati, odnosno najmanji procenat zaštite bio je u eksperimentu sa mišićnim želucem. Stepenn smanjenja aktivnosti kretao se od oko 8 posto – 2 časa pa do 47 posto 4 časa posle žrtvovanja. U mišićnom želucu izmerena aktivnost bila je skoro identična unetoj tako da primena radioprotektora (AFCF - hrana), ovde nije imala velikog uticaja na eliminaciju unete aktivnosti. To

može da bude indikator dobrog vezivanja ^{137}Cs AFCF u protektoru i njegovog zadržavanja u mišićnom želucu.

Zaključak / Conclusion

Najveći efekat zaštite prilikom *jednokratne* alimentarne kontaminacije fazana vodenim rastvorom ^{137}Cs i istovremenom zaštitom sa AFCF umešanog u hrani dobijen je kod tamnog, svetlog mesa i jetre (49 - 83 %), dok je kod mišićnog želuca bio najmanji 8 do 47 posto što može da bude posledica neskidanja mišićne opne i zadržavanja hrane. Faktor stresa pri manipulaciji sa životinjama i simuliranju ambijentalnih uslova imao je odlučujući negativni efekat na potrošnju potrebnih količina hrane u kojoj se nalazio radioprotektor, a time i na dobijanje još boljih pozitivnih rezultata.

Literatura / References

1. Bailer B.: Zur beschleunigten Ausscheidung von Radiocasium bei Schafen durch Zufütterung von Amonium-Eisen-Hexacyanoferrat. Inagural Dissertation-Hannover, 1988. - 2. Giese W.: Countermeasures for reducing of radiocesium to animal derived food. The Sci. of the Total Envir. 85, 317-327, 1989. - 3. Holm J.: Erkennung regionales Schadmetallbelastungen uber Bioindikatoren am Beispiel von Rindern, Wild und Fischen, Fleischwirtschaft, 62, 3, 364-368, 1982. - 4. Hove K., Hansen H. S.: Reduction of radiocesium transfer to animal products using sustained release boli with ammoniumiron(III)hexacyanoferrate (II). Acta Vet. Scand. 34, 3, 287-297, 1993. - 5. Hove K.: Chemical methods for reduction of the transfer of radionuclides to farm animals in semi-natural environments. Sci. Total Environ. 137, 235-248, 1993. - 6. Mergenthal Angelika: Fütterungsversuch zur erprobung von ammonium-eisen-hexacyanoferrat fur die dekorporation von radiocasium bei moorschnucken. Inagural Dissertation-Hannover, 1988. - 7. Poschl M., Balas J.: Reduction of radiocesium transfer to broiler chicken meat bny a clinoptilolite modified with hexacyanoferrate. Radiat. Environ. Biophys., 38, 2, 117-124, 1999. - 8. Pantelić Gordana, Brnović Radmila: Interna kontaminacija cezijumom-137 putem ishrane za stanovništvo Srbije u periodu 1986-1990. godine. XVI jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, 103-105, 1991. - 9. Petrović B., Đurić Gordana: Elementi radioekologije u stočarskoj proizvodnji, Skripta za posle diplomске studije, Veterinarski fakultet, Beograd, 1984. - 10. Vitorović Gordana: Primena amonijum-gvožđe (III) heksacijanoferata (II) u zaštiti pilećeg mesa od kontaminacije radiocezijumom. Doktorska disertacija, Veterinarski fakultet, Beograd, 1992. - 11. Vitorović Gordana: The application of ammonium ferric (III) hexacyanoferrate (II) in protection of chicken meat from contamination with radiocesium, Acta Vet. 5-6, 351-357, 1993. - 12. Vitorović Gordana, Brankica Slavata, Stošić Katarina, Mladenović Verica, Vitorović Duško: The effect of clinoptilolite on ^{137}Cs binding in broiler chithens. Agricultural and foodsience in Finland. 11, 137-141, 2002.

ENGLISH

EFFICIENCY OF AFCF MIXED IN FEED IN CASE OF SINGLE CONTAMINATION OF PHEASANTS WITH ^{137}Cs

M. Vićentijević, R. Mitrović, Gordana Vitorović, Suzana Manić

Having in mind that so far research work concerned alimentary Cs-contamination of domestic animals, our aim was to investigate the radioprotector possibilities of ammonium – ferric (III) cyan – ferrite (II) - AFCF. As experimental animals we used pheasants from the species pheasant colchicus. The total number of 2 month old pheasants was 20. The pheasants were divided into 4 groups with 5 birds each. Every animal was simultaneously given a water solution of ^{137}Cs (750 Bq) and radioprotector AFCF (0,2 g) mixed in pheasant feed in the form of pellets. The level of contamination was determined by gamma - spectrometry in light meat, dark meat, liver and gizzard. A better effect of protection was achieved (49 - 83%) for dark, light meat and liver, than for gizzard (8 - 47%).

Key words: radiocontamination ^{137}Cs , radioprotection, AFCF, pheasants, meat, internal organs

РУССКИЙ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АХЦФ ДАННОГО ПУТЁМ КОРМА ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ФАЗАНОВ ^{137}Cs

М. Вичентиевич, Р. Митрович, Гордана Виторович, Сузана Манич

Имея в виду, что бывшие до сих пор исследования были направлены к защите домашних животных от алиментарной контаминации цезием, наша цель была исследовать радиопротекторные возможности амоний-железо (III) гексацианоферата (II) – АХЦФ. Как экспериментальные животные мы пользовали фазанов из ряда *Phasianus colchicus*. Совокупное число фазанов в эксперименте, старости 2 месяца было 20. Фазанихи были разделены в четырёх групп с по пяти птиц. Все фазаны получали одновременно водный раствор с 750 Bq ^{137}Cs и радиопротектор АХЦФ (0,2 г) вмешанного в корме в виде гранол (пелет). Уровень контаминации определен гамма-спектрометрически в светлом мясе, тёмном мясе, печени и мышечном желудке. Более хороший эффект защиты достигнут (49-83%) в тёмном, светлом мясе и печени чем у мышечного желудка (8-47%).

Ключевые слова: радиоцезий, АХЦФ, защита, фазаны, мясо, внутренние органы

^{40}K I ^{137}Cs U GLJIVAMA PLANINE MALJEN*
 ^{40}K AND ^{137}Cs IN MUSHROOMS OF MOUNT MALJEN

Gordana Vitorović, Branislava Slavata, D. Vitorović**

*Cilj rada je bilo ispitivanje nivoa aktivnosti ^{137}Cs kod različitih vrsta gljiva na području planine Maljen, sedamnaest godina posle nuklearne nesreće u Černobilu. Od septembra do novembra 2003. godine sakupljane su navedene vrste jestivih gljiva: *Leccinum scabrum*, *Lactarius deliciosus*, *Russula* sp, *Macrolepiota procera*, *Boletus* sp. i dve vrste nejestivih gljiva: *Lactarius* sp. i *Cortinarius* sp. Ustanovljeno je da aktivnost ^{137}Cs široko varira u zavisnosti od vrste gljiva. Visoke vrednosti aktivnosti ^{137}Cs izmerene u jestivim vrstama gljiva kao što su *Lactarius deliciosus* ($385,0 \text{ Bq/kg}^{-1}$), *Russula* sp ($213,2 \text{ Bq/kg}^{-1}$) kao i *Boletus* sp ($156,5 \text{ Bq/kg}^{-1}$), ukazuju na i dalje prisutnu potencijalnu direktnu opasnost po ljude potrošače šumskih plodova, gljiva.*

Ključne reči: ^{137}Cs , gljive, bioindikatori, Srbija

Uvod / Introduction

Najveći deo radiocezijuma, oslobođenog iz Černobila 1986. godine, još uvek može da se ustanovi u organskom sloju zemljišta planinskih, šumskih ekosistema. Za dugo zadržavanje radionuklida u organskom sloju zemljišta u velikoj meri je odgovorna aktivnost gljiva. One predstavljaju najveću živu biomasu u površinskom sloju zemljišta šumskih ekosistema. Veliki broj autora izveštava o visokoj koncentraciji ^{137}Cs u gljivama [1, 2, 3, 4]. Jedan od glavnih razloga za to je činjenica da gljive imaju sposobnost da akumuliraju teške metale, među kojima su i većina proizvedenih radionuklida. Većina gljiva ima visok afinitet prema radiocezijumu, apsorbujući ga preko micelijuma i deponujući ga u telu. Sposobnost za koncentrisanje velikih količina radiocezijuma u telu omogućava da ta koncentracija prevazilazi koncentraciju u okolnom zemljištu. U poređenju sa biljkama, sadržaj ^{137}Cs u telu gljiva znatno je veći, ali je sadržaj radiostroncijuma manji [5]. Razmnožavanjem, one su sposobne da rasprostru radiocezijum po velikoj površini prirodnog ekosistema [6]. Sve to ih čini dobrim bioindikatorima prisustva

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Gordana Vitorović, vanredni profesor, mr Branislava Slavata, asistent pripravnik, Fakultet veterinarske medicine, Beograd; dr Duško Vitorović, Poljoprivredni fakultet, Beograd

radiocezijuma u jednom ekositemu [7, 8]. Nivo aktivnosti ^{137}Cs u gljivama može široko da varira u zavisnosti od vrste gljiva [9]. Pored toga, gljive mogu da budu značajan prenosilac ^{137}Cs iz šumskog ekosistema do čoveka, bilo putem direktnog korišćenja, bilo indirektno preko jedenja mesa divljači koja u svojoj ishrani koristi veliku količinu gljiva [10].

Imajući u vidu da gljive imaju glavnu ulogu u radioekološkim ispitivanjima prirodnih ekosistema, cilj ovoga rada je bilo ispitivanje sadržaja ^{137}Cs kod različitih vrsta gljiva na području planine Maljen, sedamnaest godina posle nuklearne nesreće u Černobilu.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Ispitivana područja planine Maljen bila su na 900 do 1000 m nadmorske visine, na granici bukove i četinarske šume. Od septembra do novembra 2003. godine sakupljane su navedene vrste jestivih gljiva: *Leccinum scabrum* (brezovača), *Lactarius delicious* (rujnica), *Russula* sp. (golubica), *Macrolepiota procera* (prstenjača), *Boletus* sp. (vrganj) i dve vrste nejestivih gljiva: *Lactarius* sp. (mlečnica) i *Cortinarius* sp. (koprenka). Telo gljiva je očišćeno od zemlje i drugih nečistoća, zatim je sušeno na temperaturi od 80 °C do konstantne mase i usitnjavano. U svim uzorcima metodom spektrometrije gama zračenja određivan je nivo aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs .

Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion*

U tabeli 1 prikazane su vrednosti aktivnosti ^{40}K i ^{137}Cs izmerene u različitim vrstama gljiva, šumskog ekosistema planine Maljen.

Tabela 1. ^{40}K i ^{137}Cs u različitim vrstama gljiva (Bq/kg^{-1} sv.m) /
Table 1. ^{40}K and ^{137}Cs in different mushroom species (Bq/kg^{-1} dry wt)

Vrsta / <i>Species</i>	Aktivnost (Bq/kg^{-1} sv.m) / <i>Activity concentrations (Bq/kg^{-1} dry wt)</i>	
	^{40}K	^{137}Cs
Jestive / <i>Edible</i>		
<i>Leccinum scabrum</i>	$97,2 \pm 3,3$	$93,0 \pm 3,0$
<i>Lactarius delicious</i>	$105,5 \pm 3,5$	$385,0 \pm 11,0$
<i>Russula</i> sp.	$133,0 \pm 4,0$	$213,2 \pm 6,2$
<i>Macrolepiota procera</i>	$186,0 \pm 6,0$	$62,0 \pm 2,0$
<i>Boletus</i> sp.	$878,0 \pm 27,0$	$156,5 \pm 4,6$
Nejestive / <i>Non edible</i>		
<i>Lactarius</i> sp.	$118,4 \pm 3,8$	$294,0 \pm 8,5$
<i>Cortinarius</i> sp.	$138,9 \pm 4,9$	$114,0 \pm 3,4$

Kao što se iz tabele 1 može da vidi, aktivnost ^{40}K u jestivim gljivama, planine Maljen, kreće se u rasponu od 97,2 do 186 Bq/kg⁻¹ sv. m, uz izuzetak vrste *Boletus sp* (vrganj) kod koje je izmerena najveća aktivnost od 878 Bq/kg⁻¹ sv.m. U nejestivim vrstama gljiva, aktivnost ^{40}K je bila u intervalu 118,4 do 138,9 Bq/kg⁻¹ sv. m. Aktivnost ^{137}Cs široko varira u zavisnosti od vrste gljiva, od 62,0 Bq/kg⁻¹ sv. m (*Macrolepiota procera* – prstenjača) do 385,0 Bq/kg⁻¹ sv. m (*Lactarius deliciosus* – rujnica), a što je u skladu sa navodima drugih autora [7, 8, 9]. I posle sedamnaest godina od nuklearne nesreće u Černobilu, ^{137}Cs je u značajnoj meri prisutan u gljivama šumskog ekosistema planine Maljen. Visoke vrednosti aktivnosti ^{137}Cs izmerene u jestivim vrstama gljiva, kao što su *Lactarius deliciosus* (rujnica), *Russula* (golibica) i *Boletus sp* (vrganj), ukazuju na potencijalnu direktnu opasnost po ljude potrošače šumskih plodova, gljiva. Ova opasnost može da se poveća i indirektnim putem, preko jedenja mesa divljači koja koristi gljive u svojoj ishrani. Ovi rezultati, zajedno sa rezultatima drugih autora [1, 2, 3, 4], ukazuju na sposobnost gljiva za apsorpciju ^{137}Cs iz šumskog zemljišta i njegovo koncentrisanje u svom telu. Na taj način gljive se izdvajaju kao dobri bioindikator prisustva ^{137}Cs i nezaobilazan činilac radioekoloških ispitivanja šumskih ekosistema.

Zaključak / Conclusion

I posle sedamnaest godina od nuklearne nesreće u Černobilu, ^{137}Cs je u značajnoj meri prisutan u gljivama šumskog ekosistema planine Maljen. Aktivnost ^{137}Cs široko varira u zavisnosti od vrste gljiva. Sposobnost gljiva za apsorpciju ^{137}Cs iz šumskog zemljišta i njegovo koncentrisanje u njihovom telu izdvaja ih kao dobre bioindikatore prisustva ^{137}Cs i nezaobilazne činioce radioekoloških ispitivanja šumskih ekosistema.

Rad je finasiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije

Literatura / References

1. Gaso M., Segovia N., Herrera T., Perez-Silva E., Cervantes M., Quinteri E., Palacios J., Acosta E.: Radiocesium accumulation in edible mushrooms from coniferous forests around the Nuclear centre of Mexico. The Sci. of Total Envir., 223, 119 -129, 1998. - 2. Steiner M., Linkov I., Yoshida S.: The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. Journal of Environmental Radioactivity, 58, 217-241, 2002. - 3. Barnett C., Beresford N., Self P., Howard B., Franland J., Fulker M., Dodd B., Marriot J.: Radiocesium activity concentration in the fruit-bodies of macrofungi in Great Britain and an assessment of dietary intake habits. The Sci. of Total Envir. 231, 67-83, 1999. - 4. Gillett A., Crout M.: A review of Cs-137 transfer to fungi and consequences for modeling environmental transfer. Journal of Environmental Radioactivity, 48, 95-121, 2000. - 5. Yoshida S. Muramatsu Y.: Concentration of alkali earth elements in mushrooms and plants collected in a Japanese pine forest and their relationship with ^{137}Cs . Journal of Environmental Radioactivity, 41, 183-205, 1998. - 6. Nimis P.: Radiocesium in plants of forest ecosystems. Studia Geobotanica, 15, 3-49, 1996. - 7. Kalac P., Svoboda L.: A review of trace element concen-

tration in edible mushrooms. Food Chemistry, 69, 273-281, 2000. - 8. Calmet D., Boursier B., Bouisset P., Guiard A., Barker E.: Applied radiation and isotopes, 49, 19-28, 1998. - 9. Epik O., Yaprak G.: The mushrooms as bioindicators of radiocesium in forest ecosystem. Fifth general conference of the Balkan Physical Union, Vrnjačka Banja, 1517-1520, 2003. - 10. Bazca A., Guilen J., Paniagua J., Hernandez S., Martin J., Diez J., Manjon J., Moreno G.: Radiocesium and radiostrontium uptake by fruit bodies of *Pleurotus eryngii* via mycelium, soil and aerial absorption. Applied Radiation and Isotopes, 53, 455-462, 2000.

ENGLISH

^{40}K AND ^{137}Cs IN MUSHROOMS OF MOUNT MALJEN

Gordana Vitorovic, Branislava Slavata, D. Vitorovic

The objective of the paper was to examine the level of activity of ^{137}Cs in different mushroom species in the territory of Mount Maljen, seventeen years after the nuclear disaster in Chernobyl. In September and November 2003, the following species of edible mushrooms were collected: *Leccinum scabrum*, *Lactarius deliciosus*, *Russula* sp. *Macrolepiota procera*, *Boletus* sp., and two species of non-edible mushrooms: *Lactarius* sp. and *Cortinarius* sp. It was established that the activity of ^{137}Cs widely varied depending on the mushroom species. The high activity levels of ^{137}Cs measured in edible mushrooms, such as *Lactarius deliciosus* (385.0 Bq/kg^{-1}), *Russula* sp. (213.2 Bq/kg^{-1}) and *Boletus* sp. (156.5 Bq/kg^{-1}) indicate that fruits of the forest, mushrooms, still pose a potential direct threat to consumers.

Key words: ^{137}Cs , mushrooms, bioindicators.

РУССКИЙ

^{40}K И ^{137}Cs В ГРИБАХ ГОРЫ МАЛЕН

Гордана Виторович, Бранислава Славата, Д. Виторович

Цель работы была испытание уровня ктивности ^{137}Cs у различных видов грибов на подведомственной области горы Мален, семнадцать лет после ядерного несчастья в чернобиле. От сентября до ноября 2003 года собираются следующие виды съедобных грибов: *Leccinum scabrum*, *Lactarius deliciosus*, *Russula* sp, *Macrolepiota procera*, *Boletus* sp., и два вида несъедобных грибов: *Lactarius* sp. и *Cortinarius* sp. Установлено, что активность ^{137}Cs широко варьирует в зависимости от вида грибов. Высокие стоимости активности ^{137}Cs измерены в съедобных видах, как *Lactarius deliciosus* ($385,0 \text{ Bq/kg}^{-1}$), *Russula* sp. ($213,2 \text{ Bq/kg}^{-1}$) и *Boletus* sp. ($156,5 \text{ Bq/kg}^{-1}$), указывают на и далее присутствующую потенциальную прямую опасность за людьми потребителей лесных плодов, грибов.

Ключевые слова: ^{137}Cs , грибы, биоиндикаторы

**RADIJACIONO-HIGIJENSKA KONTROLA HRANE ZA
ŽIVOTINJE I SIROVINA ZA PROIZVODNJU HRANE ZA
ŽIVOTINJE******RADIATION-HYGENE CONTROL OF FEEDSTUFFS AND RAW
MATERIAL FOR FEEDSTUFFS*****Branislava Slavata, Gordana Vitorović, Gordana Pantelić****

Prisustvo prirodnih i proizvedenih radionuklida u životnoj sredini kao i njihova neravnomerna distribucija zahtevaju sistematsku radijaciono-higijensku kontrolu namirnica biljnog i životinjskog porekla, kao i stočnih hraniva. Najčešći put unošenja radionuklida u ljudski organizam je ingestija (80 %), putem kontaminisane hrane i vode. Kako su namirnice životinjskog porekla zastupljene u velikoj količini u ishrani ljudi, kontrolom hrane za životinje i proizvoda životinjskog porekla bi se omogućila ishrana ljudi, bez rizika. U radu su prikazani rezultati dobijeni gamaspektrometrijskom analizom hrane za domaće životinje i sirovina iz naše proizvodnje, kao i iz uvoza, tokom 2003. godine. Nivoi aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida u hrani za životinje i sirovinama iz domaće proizvodnje predstavljaju etalone prilikom procene radijaciono-higijenske ispravnosti uvoznih hraniva. U većini ispitivanih hraniva nivo aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida je u skladu sa propisima (Sl. list SRJ, 9/99), dok je u premiksi za ishranu svinja iz uvoza nivo aktivnosti ^{238}U ($478,2 \pm 29,4 \text{ Bq/kg}$) na osnovu proračuna prema navedenom Službenom listu (Sl. list, 9/99) bio iznad dozvoljenog nivoa.

Ključne reči: prirodni i proizvedeni radionuklidi, hrana za životinje

Uvod / Introduction

Radioaktivnost i jonizujuće zračenje su stalna i prirodna odlika životne sredine. U savremenoj životnoj sredini radionuklidi mogu da budu prirodnog geološko-geohemijskog porekla i antropogenog (proizvedenog porekla). Široko ras-

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Mr Branislava Slavata, asistent pripravnik, dr Gordana Vitorović, vanr. profesor, Fakultet veterinarske medicine, Beograd; mr Gordana Pantelić, dipl. fizičar, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Karajović“, Beograd

prostranjeno korišćenje nuklearne energije, primena nuklearnog oružja, sagorevanje uglja, proizvodnja i primena fosfornih đubriva, prerade ruda, obrazovanje deponija radioaktivnog otpada, kao i nuklearni akcidenti, doprinose neravnomernoj raspodeli radioaktivnosti.

Posle Černobilskog akcidenta ^{137}Cs je bio najviše prisutan u životnoj sredini. Zbog toga je neophodna sistematska kontrola namirnica biljnog i životinjskog porekla, sa područja u kojima je njegov nivo bio iznad maksimalno dozvoljenog, uz preduzimanje različitih mera radijacione zaštite [3]. Pored ^{137}Cs neophodno je da se kontrolišu i ostale prirodni i proizvedeni radionuklidi, čije prisustvo u namirnicama za ishranu ljudi i hrani za životinje ne sme da bude iznad maksimalno dozvoljenih granica.

Životne namirnice (biljnog i životinjskog porekla), kao i hrana za životinje iz uvoza moraju da ispune određene radijaciono-higijenske uslove. Granice radioaktivne kontaminacije vode za napajanje životinja, hrane za životinje i sirovina za izradu smeša za ishranu životinja jednake su granicama radioaktivne kontaminacije propisanim za namirnice za ishranu ljudi (Sl. List SRJ 9/99).

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Gamaspektrometrijskom analizom obuhvaćeni su prirodni i proizvedeni radionuklidi u hrani i sirovinama za proizvodnju hrane za domaće životinje. Prikazani rezultati su dobijeni i obrađeni tokom 2003. godine.

U Laboratoriji za radijacionu higijenu, Fakulteta veterinarske medicine u Beogradu, tokom 2003. godine obavljena je gamaspektrometrijska analiza 81 uzorka i sirovina za proizvodnju hrane za životinje iz domaće proizvodnje i 34 iz uvoza [6].

Za merenje gama zračenja korišćen je vertikalni čist germanijumski detektor (HPGe – high purity germanium) firme Ortec. Efikasnost detektora je 30,3 posto i omogućava detekciju svih radionuklida od interesa iznad propisane donje granice detekcije.

Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion*

U tabeli 1 prikazani su rezultati dobijeni analizom hrane i sirovina za proizvodnju hrane za životinje iz domaće proizvodnje, koji predstavljaju i kriterijum, odnosno etalone za procenu radijaciono-higijenske ispravnosti uzorka iz uvoza. Nivo radioaktivne kontaminacije hrane za životinje i sirovina za proizvodnju hrane za životinje ne sme da bude veći od utvrđenog nivoa radioaktivne kontaminacije odgovarajućih domaćih proizvoda [1].

Tabela 1. Prirodni i proizvedeni radionuklidi (Bq/kg sv. uz.) u hrani za životinje i sirovinama za proizvodnju hrane za životinje iz domaće proizvodnje
Table 1. Natural and produced radionuclides (Bq/kg fresh sample) in feedstuffs and raw material for domestic feedstuff production

Vrsta uzorka / Type of sample	Broj uzoraka / Number of samples	⁴⁰ K (Bq/kg)	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	²³⁸ U (Bq/kg)	²³⁵ U (Bq/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	²³² Th (Bq/kg)
Potpuna smeša za ćurke / Complete turkey mix	7	397 ± 12	0,2 ± 0,1	47,3 ± 8,6	2,5 ± 2,7	19,0 ± 1,7	< 0,4
Hrana za tov pilića od 0 do 21. dana / Feed for fattening chicks aged 0-21 days	7	319,8 ± 9,8	< 0,1	18,6 ± 2,1	0,3 ± 0,1	8,2 ± 0,9	0,4 ± 0,1
Hrana za tov pilića od 22 do 35 dana / Feed for fattening chicks aged 22-35 days	9	320,5 ± 9,8	< 0,1	13,2 ± 1,3	< 0,5	9,6 ± 0,9	< 0,4
Vitaminsko-mineralne predsmеше za nosilje / Vitamin-mineral premix for laying hens	10	231 ± 15	< 0,5	< 12	< 0,8	4,4 ± 2,7	< 1,5
Potpuna smeša za nosilje, jaja za potrošnju - 1 / Complete mix for laying hens, consumer eggs I	8	2157 ± 7	< 0,08	25,9 ± 2,1	1,7 ± 0,4	15,4 ± 1,3	< 0,3
Hrana za golubove / Pigeon feed	7	226 ± 7	0,25 ± 0,07	21,2 ± 1,8	0,9 ± 0,2	12,4 ± 1,2	< 0,3
Vitaminsko-mineralna predsmеша za prasad / Vitamin-mineral premix for piglets	8	172,2 ± 5,5	0,14 ± 0,05	18,7 ± 1,5	0,8 ± 0,2	12,9 ± 1,2	0,5 ± 0,1
Starter za prasad - putpuna smeša za prasad do 15 kg / Starter for piglets - complete mix for piglets weighing up to 15 kg	10	285 ± 10	0,2 ± 0,1	19,4 ± 6,6	< 1,2	12,4 ± 2,2	0,7 ± 0,3
Vitaminsko-mineralna predsmеша za svinje u porastu i tovu / Vitamin-mineral premix for growing and fattening pigs	7	187,9 ± 6,2	< 0,1	10,6 ± 2,1	< 0,2	4,5 ± 0,7	< 0,3
Vitaminsko-mineralna predsmеша za suprasne krmače i nazimice / Vitamin-mineral premix for pregnant sows and gilts	8	201,5 ± 6,1	< 0,2	< 1,5	< 0,4	< 1,7	< 0,3

Rezultati merenja radioaktivnosti u navedenim uzorcima pokazuju da nije registrovano prisustvo radionuklida iznad propisanih granica i da može da se koristi u ishrani životinja bez ograničenja [1, 8, 9].

Primarni nivoi aktivnosti prirodnih i proizvedenih radionuklida, merenih u laboratoriji za radijacionu higijenu Fakulteta veterinarske medicine u Beogradu u saglasnosti sa podacima iz literature laboratorije za medicinu rada i radio-lošku zaštitu „Dr Dragomir Karajović“, koji za Srbiju rade monitoring namirnica i stočne hrane [9].

Kako je ingestija glavni put radiokontaminacije, nivo aktivnosti kod životinja zavisi od životinjske vrste, težine, starosti, količine dnevne potrošnje hrane i svarljivosti hrane. Stepenn prelaza radionuklida iz digestivnog trakta različit je u zavisnosti od vrste životinja, što nadalje može da se sagleda preko koeficijenta prelaza (K_p) (tabela 2). Koeficijent prelaza se definiše kao udeo dnevnog unošenja radionuklida koji pređe u 1 kg proizvoda životinjskog porekla, u uslovima ravnotežnog dnevnog unošenja radionuklida [2]. Koeficijente prelaza za prirodne i proizvedene radionuklide objavila je 1994. godine Medunarodna atomska agencija i mora da se uzmu u obzir pri proceni radijaciono-higijenske ispravnosti stočnih hraniva (tabela 2).

Tabela 2. Koeficijent prelaza za ^{238}U u različitim proizvodima životinjskog porekla (d/kg)
Table 2. Transfer coefficient for ^{238}U in different products of animal origin (d/kg)
(IAEA, 1994)

Proizvod / Product	^{238}U
	očekivano / expected
Kravlje mleko / Cow's milk	$4,0 \times 10^{-4}$
Juneće meso / Beef	$3,0 \times 10^{-4}$
Svinjsko meso / Pork	$6,2 \times 10^{-2}$
Živina / Poultry	1
Jaja / Eggs	1

Za pravilno donošenje mišljenja o upotrebljivosti namirnica i hrane za životinje neophodno je da se zna kolika je količina hrane koju prema godišnjim statističkim podacima stanovništvo unese u toku godinu dana, odnosno količina hrane koju životinja pojede dnevno, kao i granice godišnjeg unošenja radionuklida ingestijom [1].

$$IK_n = \frac{GGU_{ing}}{M}$$

gde su: GGU_{ing} – granice godišnjeg unošenja radionuklida ingestijom za stanovništvo;
 M (kg) – količina hrane (kg) koju pojedinac unese za godinu dana.

Podaci o količini hrane koju čovek unese za godinu dana prikazani su u izveštaju Saveznog zavoda za statistiku [7]. Kada su u pitanju životinje ne postoje statistički podaci o količini hrane koju pojedu godišnje, već je neophodno da se zna kakve su specifičnosti metabolizma i ishrana domaćih životinja, dužina tova, procentualno učešće superkoncentrata i premiksa.

U tabeli 3 prikazan je rezultat dobijen gamaspektrometrijskom analizom uzorka iz uvoza koji nije bio radijaciono-higijenski ispravan, pa je samim tim bio i zabranjen uvoz ovog uzorka. Ukoliko se utvrdi da uzorak nije radijaciono-higijenski ispravan potrebno je da se ponovi merenje istog uzorka barem tri puta.

Tabela 3. Prirodni i proizvedeni radionuklidi (Bq/kg sv. uz.) u premiksi za svinje koji nije bio radijaciono-higijenski ispravan

Table 3. Natural and produced radionuclides (Bq/kg fresh sample) in pig premix which was not safe from aspect of radiation-hygiene

Vrsta uzorka / Type of sample	40K (Bq/kg)	¹³⁹ Cs (Bq/kg)	²³⁸ U / (Bq/kg)	²³⁵ U (Bq/kg)	²²⁶ Ra (Bq/kg)	MDK za ²³⁸ U / MDC for ²³⁸ U
Premiks za svinje	18,0±2,9	<0,6	478,2±29,4	29,0±3,8	280,0±21,0	U-238=164 Bq/kg

Predsmeše ili premiksi za ishranu životinja mogu da budu sastavljeni od: jedne komponente (vitaminske ili mineralne), dve komponente (vitaminske i mineralne) ili više komponenti (vitaminske i mineralne sa dodatkom, na primer antibiotika) [5]. Premiksi se dodaju dopunskim ili potpunim smešama u količini od 0,5 do 1,5 posto.

Analizom premiksa za tov svinja iz uvoza utvrđeno je da je nivo aktivnosti urana iznosio 478,2 Bq/kg. Prilikom donošenja mišljenja o upotrebljivosti ovog hraniva uzeti su u obzir navedeni podaci, stim što se uvek uzimaju gornje granice, jer se ne zna za koje svinje će se koristiti ispitano hranivo:

- tov svinja traje od 100 do 180 dana (računato je da traje 180 dana);
- dnevna količina hrane koju svinja u tovu pojede dnevno zavisi od telesne mase svinja i kreće se od 1,0 do 4,0 kg (računato je da svinja dnevno jede 4 kg);
- premiksi se dodaju u hranu za svinje u količini od 0,5 do 1,5 posto na 1 kg hrane (računato je da se dodaje u količini od 1,5 posto);
- Kp za svinjsko meso za ²³⁸U je 0,006 [4].

Na osnovu važećih propisa [1], kao i preporuka koje je dala Međunarodna atomska agencija (Kp = 0,006 za svinjsko meso), MDK za ²³⁸U u ispitanoj hrani iznosi 332 Bq/kg, pa je stoga bio zabranjen uvoz ovog hraniva.

Zaključak / Conclusion

Na osnovu ovoga može da se zaključi da je za radijaciono-higijensku kontrolu namirnica biljnog i životinjskog porekla, kao i hrane za životinje neophodna saradnja veterinarskih stručnjaka iz oblasti radijacione higijene i drugih

stručnjaka koji se bave ovom problematikom. Radijaciono-higijenska zaštita životinja, kao i dobijanje ispravnih namirnica životinjskog porekla su najbolji način zaštite humane populacije od radioaktivne kontaminacije.

Literatura / References

1. Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije, Službeni list SRJ, br. 9/1999. - 2. IAEA: Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments. Technical reports series No. 364. Vienna, 1994. - 3. Vitorović Gordana, Grubić G., Sinovec Z.: Organizacija rada veterinara i mere zaštite na radioaktivno-kontaminiranom području. Praktikum iz radijacione higijene. Beograd, 1997. - 4. Cramp T. J., Cuff Y. S., Davis A., Morgan J. E.. Review of Data for Uranium, Nickel and Cobalt, Rep. 2150-RI, Associated Nuclear Services Ltd, Epsom, 1990. - 5. Ševković N., Pribičević S., Rajić I.: Ishrana domaćih životinja, Naučna knjiga, Beograd, 1987. - 6. Rešenje o određivanju Fakulteta veterinarske medicine Univerziteta u Beogradu, Katedra za ekologiju i radijacionu higijenu za obavljanje poslova u oblasti zaštite od jonizujućih zračenja, Službeni list SRJ, br. 70/2002. - 7. Statistički godišnjak Saveznog zavoda za statistiku, 2001. - 8. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji, 1990-2000. - 9. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji, 2002.

ENGLISH

RADIATION-HYGIENE CONTROL OF FEEDSTUFFS AND RAW MATERIAL FOR FEEDSTUFFS

Branislava Slavata, Gordana Vitorovic, Gordana Pantelic

The presence of natural and produced radionuclides in the environment, as well as their unequal distribution, require systematic radiation-hygiene control of articles of plant or animal origin, as well as feedstuffs. The most frequent pathway of radionuclide uptake by the human organism is ingestion (80%) through contaminated food and water. Since feedstuffs of animal origin are largely represented in the human diet, control of feedstuffs and animal products would enable a risk-free human diet. The paper presents results obtained by gamma spectrophotometric analysis of feedstuffs and raw materials for domestic production, as well as imported ones, in the course of 2003. The activity levels of natural and produced radionuclides in feedstuffs and raw materials for domestic production present the basic parameters in the evaluation of the radiation-hygiene safety of imported feedstuffs. In most examined feedstuffs, the activity levels of natural and produced radionuclides are in keeping with the valid regulations (FRY Official Gazette 9/99), but the level of activity of ^{238}U (478.2 29.4 Bq/kg) in one pig diet premix was above the permitted level, as calculated according to the provisions of the listed Official Gazette.

Key words: natural and produced radionuclides, feedstuffs

**РАДИАЦИОННО ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОРМА ДЛЯ ЖИВОТНЫХ И
СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМА ДЛЯ ЖИВОТНЫХ**

Бранислава Славата, Гордана Виторович, Гордана Пантелич

Присутствие природных и произведённых радионуклидов в жизненной среде словно и их не равномерная дистрибуция требуют систематический радиационно гигиенический контроль пищевых продуктов растительного и анимального происхождения словно и кормов для скота. Самый частый путь внесения радионуклидов в человеческий организм ингестия (80%), путём контаминированного корма и воды. Как пищевые продукты анимального происхождения представлены в большом количестве в питании людей контролем корма для животных и анимальных продуктов бы дало возможность питание людей без риска. В работе показаны результаты, полученные гаммаспектрометрическим анализом корма для домашних животных и сырья из нашего производства, словно и из ввоза, в течение 2003. года. Уровни активности природных и произведённых радионуклидов в корме для животных и сырья из домашнего производства представляют собой эталоны при оценке радиационно гигиенической исправности ввозных кормов. В большинстве испытываемых кормов уровень активности природных и произведённых радионуклидов в соответствии с правилами (Сл. лист СРЮ, 9/99), пока в премиксе для кормления свиней из ввоза уровень активности ^{238}U (478,2 29,4 Bq/kg) на основе сметы по приведённому Служебному листу (Сл. лист, 9/99) была сверх разрешенного уровня.

Ключевые слова: природные и произведённые радионуклиды, корм для животных

**MODIFIKOVANI ZEOLIT – POTENCIJALNI ADSORBENT
URANIL JONA******MODIFIED ZEOLITE – POTENTIAL ADSORBENT OF URANYL ION***

S. Matijašević, Mirjana Stojanović, Aleksandra Daković,
Ana Radosavljević-Mihajlović, Dragana Potpara,
Magdalena Tomašević-Čanović**

U radu su prikazani rezultati adsorpcije uranil jona na modificovanim prirodnim zeolitima: HZ – zeolitu koji je modificovan hidronijum jonima i OHZ – zeolitu čija je površina modificovana primarnim aminom – stearyl aminom. U odnosu na prirodni zeolit, oba modificovana zeolita pokazuju visok indeks adsorpcije uranil jona. Dobijeni rezultati su ukazali da pri masenom odnosu adsorbent : uranil jon 1000:1, indeks adsorpcije uranil jona na uzorku HZ iznosi 95.3 posto, a na uzorku OHZ 99.9 posto. Smanjenje masenog odnosa adsorbent : uranil jon, dovodi do opadanja indeksa adsorpcije uranil jona kod oba modificovana zeolita. Tako, pri masenom odnosu adsorbent : uranil jon 50:1, dobijeni su indeksi adsorpcije: HZ – 42 posto, OHZ – 56.5 posto.

Ključne reči: uranil jon, adsorpcija, zeolit, organozeolit

Uvod / Introduction

Radioaktivnost i jonizujuće zračenje su stalna i prirodna odlika životne sredine. U savremenoj životnoj sredini radionuklidi mogu da budu prirodnog, geološkog-geohemijskog i antropogenog porekla. Termoelektrane na ugalj, deponije pepela i šljake, kao i primena fosfatnih đubriva takođe su izvori jonizujućeg zračenja.

U prirodnim uslovima obrazuju se i egzistiraju jedinjenja četvorovalentnog i šestovalentnog urana. Sa stanovišta zaštite životne sredine četvorovalentan jon je manje opasan, jer je nerastvoran i nemobilan i kao takav ne uključuje se u lanac ishrane, dok je $(\text{UO}_2)^{2+}$ jon rastvoran, gradi komplekse koji se lako

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Srđan Matijašević, Mirjana Stojanović, Aleksandra Daković, Ana Radosavljević-Mihajlović, Dragana Potpara, Magdalena Tomašević-Čanović, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd

transportuju zemljišnim rastvorima i tako ugrađuje u biološke sisteme. Uran se akumulira u vegetativnim, a ne u generativnim organima biljke, i pri tom se najveći deo urana zadržava u korenovom sistemu, a manji deo dospeva u nadzemne organe [1].

Radionuklidi, uključujući i uran slede iste metaboličke i biohemijske puteve, kao i njihovi stabilni hemijski analozi, što je bitno za mehanizme transportovanja, raspodele i nagomilavanja u pojedinim fazama sistema biljka-zemljište. Uran se u prirodi najčešće ugrađuje u kristalne rešetke minerala zamenom kalcijumovim jonima, pa može da se tvrdi da je kalcijum metabolički analog uranu. Kako je najrasprostranjeniji mineral urana autunit – $\text{Ca}(\text{UO}_2)(\text{PO}_4)_2$, pretpostavlja se da se najveći deo uranil jona taloži u korenu biljke u vidu autunita ili nekog organofosfatnog kompleksa. Manji deo uranil jona obogaćuje nadzemne delove biljke kao proteinski kompleks. Za smanjenje akumulacije urana značajan je udeo izmenljivog kalcijuma u zemljištu, pa je jedan od načina da se smanji sadržaj urana primena odgovarajućih agrotehničkih mera, kao što je kalcifikacija.

Usvajanje urana korenovim sistemom zavisi od biljne vrste, fizičko-hemijskih osobina zemljišta i mikroklimatskih uslova [5]. Pravilnim izborom biljne vrste i sorte, sa manjom sposobnošću akumulacije urana iz zemljišta, moguće je da se ublaži kontaminacija biljaka uranom, čime se smanjuje stepen njegovog iznošenja iz zemljišta i uključivanje u lanac ishrane ili se svesno mogu da izaberu biljne vrste sa velikim stepenom akumulacije urana radi dekontaminacije zemljišta [2].

Adsorpcija radionuklida prirodnim mineralima – bentoniti, kvarc, zeoliti, getiti i drugih praktičan je pristup uklanjanja radionuklida iz zemljišnih rastvora, čime se sprečava njihova migracija u životnu sredinu [7, 8, 9]. Poznato je da adsorpcija uranil jona na adsorbentima zavisi kako od pH sredine, koncentracije uranil jona, jonske jačine rastvora, tako i od osobina minerala (hemijski sastav, specifična površina, kapacitet katjonske izmene). Prikryl i saradnici [10], pokazali su da adsorpcija uranil jona na klinoptilolitu, kvarcu, kao i kombinaciji klinoptilolita i kvarca dostiže maksimum na neutralnom pH. U našim prethodnim radovima, ukazano je da je adsorpcija uranil jona, na pH 7, pri masenom odnosu adsorbent uranil : jon 1000:1, na prirodnom klinoptilolitskom tufu 35 posto, dok na kalijumskom obliku klinoptilolita indeks adsorpcije iznosi 50 posto [6, 3].

U ovom radu prikazani su rezultati adsorpcije uranil jona na modifikovanim zeolitima: H-obliku zeolita dobijenom jonskom izmenom sa hidronijum jonom, kao i na organozeolitu čija je površina modifikovana primarnim aminom, pri različitim masenim odnosima adsorbent : uranil jon.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

U eksperimentima adsorpcije uranil jona (UO_2)²⁺ korišćeni su modifikovani klinoptiloliti: HZ – H-oblik zeolita i organozeolit OHZ.

Kao polazni uzorak korišćen je prirodni klinoptilolitski tuf ležišta Beočin sa sadržajem klinoptilolita od 80 posto i pratećim mineralima: kvarc, feldspat, liskun i karbonat. Ukupan kapacitet katjonske izmene u klinoptilolitskom tufu iznosi 166 mmolM⁺/100 g. Dominantan jon u izmenljivom položaju je jon kalcijuma (114 mmolM⁺/100 g), dok su magnezijum (7.6 mmolM⁺/100 g), zatim natrijum (9.6 mmolM⁺/100 g) i kalijum (35.4 mmolM⁺/100 g) prisutni u manjim količinama [4]. Uzorak je označen kao Z.

Uzorak HZ – H-oblik zeolita dobijen tretiranjem 5% suspenzije polaznog klinoptilolita sa 1M HCl, 24 časa, uz kontinualno mešanje pri temperaturi od 60°C. Posle reakcionog vremena dobijen H-zeolit ispran je do negativne reakcije na hloride i osušen na temperaturi od 80°C.

Uzorak OHZ – organozeolit, dobijen tretiranjem 5% suspenzije H-zeolita sa primarnim aminom – stearyl aminom (10 mmolM⁺/100g). Suspenzija je mešana na turbo mešalici pri brzini 5000 o/min, u vremenskom intervalu 30 minuta, na temperaturi od 60°C. Dobijeni organozeolit je profiltriran, ispran od viška organske komponente i osušen na temperturi od 80°C.

Za eksperimente adsorpcije uranil jona na adsorbentima korišćen je standardni rastvor uranil nitrata sa koncentracijom uranil jona 50 mg/l. pH rastvora tokom eksperimenta je bio 6.7. Adsorpcija uranil jona na modifikovanim adsorbentima je rađena pri različitim masenim odnosima adsorbent : uranil jon - 1000:1, 400:1, 200:1, 100:1, 50:1. Eksperimenti su rađeni na sledeći način: tačno određena količina adsorbenta (2.5 g, 1 g, 500 mg, 250 mg i 125 mg) dodavala se određenoj zapremini (50 ml) uranil nitrata. Posle isteka reakcionog vremena (2 h) suspenzije su profiltrovane i u filtratu je određena količina neadsorbovanog uranil jona. Sadržaj uranil jona u početnom rastvoru, kao i sadržaj neadsorbovanog uranil jona u filtratu određen je fluorimetrijskom metodom na aparatu Jarrel Ash 26-000, nakon ekstrakcije urana sinergističkom smešom, tri-n-oktilfosfin oksid u etil acetatu. Sadržaj adsorbovanog uranil jona je određen iz razlike između polazne i neadsorbovane količine. Indeks adsorpcije uranil jona je određen kao odnos adsorbovane i polazne količine i izražen je u procentima.

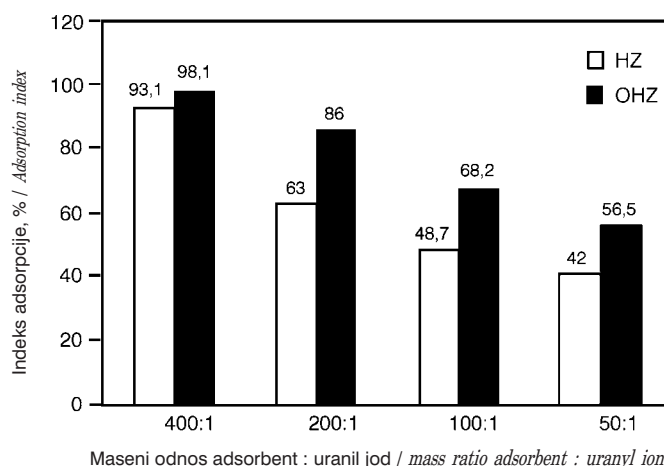
Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion*

Pri masenom odnosu 1000:1, indeks adsorpcije uranil jona na polaznom zeolitskom tufu – Z iznosi 35 posto [6, 3], a na modifikovanim zeolitima HZ – 95.3 posto i OHZ – 99.9 posto. Iz ovih rezultata može da se zaključi da, u odnosu na nemodifikovani zeolitski tuf na kome je adsorpcija uranil jona niska, modifikacija klinoptilolita hidronijum jonom, kao i površinska modifikacija klinoptilolita

dugolančanim primarnim aminom uzrokuje značajno povećanje adsorpcije uranil jona.

Rezultati adsorpcije uranil jona na modifikovanim klinoptilolitima HZ i OHZ, pri masenim odnosima adsorbent : uranil jon 400:1, 200:1, 100:1 i 50:1 prikazani su na slici 1.

Na osnovu rezultata prikazanih na slici 1 može da se uoči da, pri masenom odnosu 400:1, indeks adsorpcije uranil jona na H-obliku zeolita iznosi 93.1 posto, dok je na organozeolitu OHZ indeks adsorpcije 98.1 posto. Smanjenjem masenog odnosa adsorbent : uranil jon, dolazi do opadanja adsorpcije uranil jona, kako na klinoptilolitu modifikovanom hidronijum jonom, tako i na organozeolitu čija je površina modifikovana primarnim aminom. Pri masenom odnosu adsorbent : uranil jon 200:1, indeks adsorpcije uranil jona na HZ iznosi 63 posto, a na OHZ – 86 posto. Pri masenom odnosu 100:1 indeks adsorpcije uranil jona na uzorku HZ iznosi 48.7 posto, dok je na uzorku OHZ 68.2 posto. Dalje smanjenje masenog odnosa adsorbent uranil jon na 50:1, uzrokuje dalje opadanje adsorpcije uranil jona, na oba modifikovana adsorbenta. Indeks adsorpcije na uzorku HZ, pri ovim uslovima, iznosi 42%, a na uzorku OHZ je 56.5 posto.



Slika 1. Indeks adsorpcije uranil jona na modifikovanim zeolitima HZ i OHZ pri različitim masenim odnosima adsorbent : uranil jon /

Figure 1. Adsorption index of uranyl ion on modified zeolites HZ and OHZ at different mass ratio adsorbent : uranyl ion

Na osnovu prikazanih rezultata može da se zaključi da organozeolit OHZ, dobijen površinskom modifikacijom H-zeolita sa primarnim aminom, pokazuje više vrednosti indeksa adsorpcije uranil jona.

Pa ipak, i sa klinoptilolitom modifikovanim hidronijum jonom - HZ i sa organozeolitom – OHZ, čija je površina modifikovana primarnim aminom moguće je da se postigne blokiranje uranil jona.

Zaključak / Conclusion

Za razliku od niske vrednosti indeksa adsorpcije uranil jona (35%) postignutom prirodnim zeolitom – klinoptilolitom, pri masenom odnosu adsorbent : uranil jon 1000:1, modifikacijom klinoptilolita hidronijum jonom (HZ), kao i primarnim aminom (OHZ) postignuto je značajno povećanje indeksa adsorpcije uranil jona (90%). Smanjenje masenog odnosa adsorbent : uranil jon dovodi do smanjenja indeksa adsorpcije uranil jona, kod oba modifikovana zeolita. Na osnovu rezultata prikazanih u ovom radu, modifikovani zeoliti mogu da se preporuča za „*in situ*” i „*ex situ*” fizičko-hemijski tretman zemljišta.

Literatura / References

1. Stojanović M.: Utvrđivanje zavisnosti između sadržaja fosfora i urana u različitim zemljištima Srbije. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1999. -
2. Dushenkov S., Vasudev D., Kapulnik Y., Gleba D., Fleisher D; Ting K. C., Ensley B.: Removal of uranium from water using terrestrial plants., Environ. Sci. Technol. 31, 12, 3468-3474, 1997. -
3. Grubišić M., Stojanović M., Ileš D., Matijašević S., Daković A.: Efikasnost fitoremedijacije prirodnog i modifikovanog zeolita u adsorpciji urana prisutnog u ekosistemu, XXII simpozijum JDZZ, Petrovac, 367-371, 2003. -
4. Radosavljević-Mihajlović A., Daković A., Tomašević-Čanović M.: Acid treatment of zeolitic tuffs: Influence of acid concentration on structural and acid stability., Journal of Mining and Metallurgy 38, 1-4, A, 2002. -
5. Kastori R.: Zagađivanje zemljišta radionuklidima i poljoprivredna proizvodnja; Hrana i razvoj, Beograd, 527-533, 1987. -
6. Matijašević S., Stojanović M., Radosavljević-Mihajlović A., Potpara D., Đuričić M., Tomašević-Čanović M.: Mogućnost blokiranja urana dostupnog u biljkama, 18. jugoslovenski simpozijum o pripremi mineralnih sirovina, sa međunarodnim učešćem, Banja Vrujci, 329-323, 2002. -
7. Chisholm-Brause C. J., Berg J. M., Matzner R. A., Morris D. E.: Uranium (VI) sorption complexes on montmorillonite as a function of solution chemistry. Journal of colloid and interface science 233, 38-49, 2001. -
8. Boulton K. A., Cowper M. M., Heath T. G., Sato H., Shibutani T., Yui M.: Towards an understanding of the sorption of U(VI) and Se(IV) on sodium bentonite. Journal of contaminant hydrology 35, 141-150, 1998. -
9. Sylwester E. R., Hudson E. A., Allen P. G.: The structure of uranium (VI) sorption complexes on silica, alumina, and montmorillonite. Geochimica et Cosmochimica Acta, 64, 14, 2431-2438, 2000. -
10. Prikryl J. D., Jain A., Turner D. R., Pabalan R. T.: Uranium^{VI} sorption behavior on silicate mineral mixtures. Journal of Contaminant Hydrology 47, 241-253, 2001.

ENGLISH

MODIFIED ZEOLITE – POTENTIAL ADSORBENT OF URANYL ION

**S. Matijašević, Mirjana Stojanović, Aleksandra Daković,
Ana Radosavljević-Mihajlović, Dragana Potpara, Magdalena Tomašević-Čanović**

The results of adsorption of uranyl ion on modified natural zeolites: HZ – zeolite modified with hydronium ions and OHZ – zeolite whose surface was modified with primary ammine, are presented in this paper. Compared to unmodified zeolite, both modified

samples showed high uranyl ion adsorption indexes. The obtained results showed that, at mass ratio adsorbent : uranyl ion 1000:1, the uranyl ion adsorption index was 95.3% on sample HZ and 99.9% on sample OHZ. On both modified zeolites, a general trend of decreasing uranyl ion adsorption with decreasing the mass ratio adsorbent : uranyl ion can be observed. At mass ratio adsorbent : uranyl ion 50:1, the following adsorption indexes were obtained: 42% on sample HZ and 52% on sample OHZ.

Key words: uranyl ion, adsorption, zeolite, organozeolite

РУССКИЙ

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЗЕОЛИТ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ АДСОРБЕНТ УРАНИЛ ИОНА

**С. Матияшевич, Миряна Стоянович, Александра Дакович,
Анна Радосавлевич-Михайлович, Драгана Потпара,
Магдалена Томашевич-Чанович**

В работе показаны результаты адсорбции уранил йона на модифицированных природных zeолитах: ХЗ - zeолиту модифицированном с гидроний йонами и ОХЗ - zeолиту чья поверхность модифицирована с первичным амином-стеарил амином. В отношении природного zeолита, оба модифицированных zeолита показывают высокий индекс адсорбции уранил йона. Полученные результаты показали, что при отношении массы адсорбент: уранил йон 1000:1, индекс адсорбции уранил йона на образчике ХЗ составляет (в сумме) 95,3%, а на образчике ОХЗ 99.9%. Уменьшение отношения массы адсорбент: уранил йон, приводит до опадения индекса адсорбции уранил йона у обоих модифицированных zeолита. Так, при отношении массы адсорбент: уранил йон 50:1, получены следующие индексы адсорбции: ХЗ - 42%, ОХЗ - 56,5%

Ключевые слова: уранил йон, адсорбция, zeолит, органozeолит

ULOGA I ZNAČAJ FITOREMEDIJACIJE U ZAŠTITI ŽIVOTNE SREDINE*

ROLE AND SIGNIFICANCE OF THE PHYTOREMEDIATION IN ENVIRONMENTAL OF PROTECTION

V. Andrić, Lj. Jovanović, Đ. Čokeša, Mirjana Marković, Svjetlana Cupać**

Razvoj ljudskog društva uslovio je i tehnološki razvoj koji je često zanemarivao zaštitu životne sredine, što je rezultovalo zagađenjem velikog broja lokacija različitim organskim i neorganskim polutantima uključujući teške metale i radionuklide. Uvođenje strogih ekoloških normi povećalo je potrebu za izučavanjima novih procesa razgradnje, prerade i uklanjanja industrijskog otpada. Ranije su korišćene klasične metode čišćenja: uklanjanje, prerada i odlaganje velikih količina zagađenog zemljišta ili vode uz ogromne troškove i narušavanje ekološke ravnoteže. Poslednjih decenija uloženo je dosta sredstava u proučavanje alternativnih metoda čišćenja zagađenih područja. Još od 1963. godine poznato je da neke biljke usvajaju velike količine teških metala i pri tome se normalno razvijaju i razmnožavaju. Ideja je bila da se biljke koje usvajaju teške metale koriste za čišćenje zemljišta zagađenih različitim polutantima. Ova metoda je nazvana fitoremedijacija i podrazumeva usvajanje i fiksiranje teških metala u biomasi i enzimske i mikrobiološku degradaciju organskih polutanata u samom zemljištu. Biljke koje akumuliraju metale više od 1 posto u suvoj masi nazivaju se superakumulatori i do sada je pronađeno oko 400 vrsta biljaka superakumulatora. Biljke superakumulatori imaju malu biomasu, pa su istraživane i one biljne vrste koje proizvode veću biomasu i na taj način iz zemljišta izvlače veće količine teških metala i radionuklida, bez obzira na nizak stepen akumulacije. U ovom radu su navedeni osnovni postupci u procesu fitoremedijacije, kao i rezultati laboratorijskih eksperimenata sa usvajanjem uranijuma koje se odvija u industrijskim biljnim kulturama.

Ključne reči: uran, fitoremedijacija, industrijske biljke

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Velibor Andrić, Institut za nuklearne nauke „Vinča”, Beograd; dr Ljubinko Jovanović, Centar za pesticide i zaštitu životne sredine, Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija”, Beograd; Đuro Čokeša, Institut za nuklearne nauke „Vinča”, Beograd; dr Mirjana Marković, Centar za pesticide i zaštitu životne sredine, Institut za istraživanja u poljoprivredi „Srbija”, Beograd; mr Svjetlana Cupać, Poljoprivredni fakultet, Zemun

Uvod / Introduction

Sam proces fitoremedijacije obuhvata određeni niz aktivnosti potrebnih da bi se proces uspešno izveo. Moguće je da se obavi određeno grupisanje tih aktivnosti u određene segmente na navedeni način:

Izbor lokacije / Choice of location, obuhvata ispitivanje tipa i stepena zagađenja od čega zavise sledeći postupci. Lokacije se dele na one koje su kontaminisane malim ili velikim brojem polutanata, dok stepen kontaminacije najčešće zavisi od načina prethodnog korišćenja te lokacije (napuštena industrijska postrojenja, deponije i sl). Istovremeno, potrebno je da se obavi i karakterizacija tipa zemljišta i odrede svi parametri koji utiču na proces fitoremedijacije (pH, sadržaj gline i humusa, vlažnost i slično).

Izbor tehnološkog postupka / Choice of technological procedure, fitoekstrakcije u stvari predstavlja odabir biljne vrste koja u zadatim uslovima može da postigne najbolje rezultate. Model fitoremedijacije industrijskog zemljišta „bilj-kama hiperakumulatorima” prvi put je testiran u Engleskoj na zemljištu kontaminisanom cinkom (Zn). Najveću količinu Zn usvojila je *Thlaspi careulescens* 40 kg/ha⁻¹god⁻¹, ali su problem predstavljale mala biomasa i teškoće pri njenom prikupljanju. Istraživanja usvajanja cinka iz vodenih rastvora koje se odvija u hibridu topole (*Populus* sp) u laboratorijskim uslovima pokazalo je velike mogućnosti i dobre rezultate i potvrdilo neke podatke dobijene na terenu. Korišćenje stablastih biljnih vrsta povećava dubinu slojeva zemljišta do kojih se obavlja fitoremedijacija, jer su njihovi koreni sistemi razgranati i površinski i dubinski više nego kod „superakumulatorskih biljnih vrsta”. Detektovane koncentracije cinka u lišću topole na kraju eksperimenta iznosile su 2250 mg/kg⁻¹, u stablu 900 mg/kg⁻¹, dok je u korenu iznosila i do 38055 mg/kg⁻¹. Pri tome, nisu uočene neke bitne fitotoksične posledice prisustva polutanta u biljnom sistemu, iako je uočeno da je smanjen stepen transpiracije.

Dostupnost teških metala / Availability of heavy metals, može da se poveća dodavanjem u zemljište kompleksirajućih agenasa koji sa njima grade rastvorne komplekse, čime se povećava i mobilnost metalnih jona u zemljištu. Neke od ovih kompleksirajućih agenasa izlučuje i sam koreni sistem (limunska i sirćetna kiselina) da bi pospešio dostupnost metala neophodnih za rast i razvoj. Moguće je dodavanje i nekih veštačkih supstancija kao što su EDTA, EGTA i druge koje imaju istu funkciju kao i neka prirodna jedinjenja. Biljka ima sposobnost da raskida vezu metal-kompleks i na taj način da usvaja metal, a kompleksirajući agens vraća u zemljište. Treba voditi računa o mogućim pratećim hemijskim reakcijama tih kompleksirajućih jedinjenja sa ostalim hemijskim vrstama prisutnim u zemljištu, zato što može da dođe do kontraefekata, tj. formiranja nekih nerastvornih jedinjenja (na primer, nastajanje uranijumtrioksida iz kompleksa U-citrat).

Prikupljanje biljne mase / *Collection of plant mass* zavisi od vrste biljke i teži se ka što lakšim već poznatim postupcima. Prikupljanje korenog sistema biljke predstavlja jedan od problema kojem se posvećuje posebna pažnja. Dobijena biljna masa se najčešće spaljuje u pećima pri čemu nastaje veliko smanjenje obima materijala. Dalji postupak zavisi od toga da li će se obaviti ekstrakcija metala iz tog praha (ako postoji komercijalna osnova ili potreba) ili će se on deponovati kao otpad. To znači da je pored ekološke koristi za društvo moguć i ekonomski dobitak kroz toplotnu energiju i reciklažu nekih retkih i skupih metala.

Ocena procesa fitoremedijacije / *Evaluation of phytoremediation process* uključuje i njegovu optimizaciju i dokumentovanje da bi se stečena iskustva mogla da iskoriste i na nekim drugim lokacijama sa sličnim karakteristikama. Takođe, cilj ove faze može da bude i komercijalizacija proverenog postupka i patentom zaštićenog postupka, odnosno tehnologije fitoremedijacije.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Pored do sada pomenutih biljnih vrsta u procesima fitoremedijacije su korišćene i industrijske kulture (kukuruz, soja i suncokret) koje imaju široki spektar genotipova različitih osobina, daju relativno veliku biljnu masu i čija je tehnologija uzgoja već dobro poznata. Laboratorijski eksperimenti u kojima su biljne kulture testirane za usvajanje uranijuma pokazali su da te biljne vrste akumuliraju uranijum uglavnom u korenom sistemu, dok je njegova koncentracija u nadzemnim delovima skoro zanemarljiva. Sadržaj uranijuma u uzorcima je određen EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) spektrometrijom na poluprovodničkom Si(Li) detektoru sa ^{241}Am kao ekscitacionim izvorom. Prednost ove metode je laka i jeftina priprema uzoraka (sušenje i mlevenje), mogućnost određivanja širokog opsega koncentracija, kao i mala količina potrebnog uzorka (od 20 do 400 mg suve mase). Biljke starosti od dve nedelje tretirane su uranilnitratom koji je dodan u hranljivi rastvor (po Rid Jorku) i čija je koncentracija u rastvoru bila 35 mg/kg^{-1} . U toku trajanja eksperimenta nije se dodavao hranljivi rastvor u kontejnere sa biljkama. Praćenje usvajanja uranijuma je posmatrano u toku vremenskog intervala koji je trajao 100 časova nakon čega je fitotoksično dejstvo već bilo izraženo u znatnoj meri i čiji se intenzitet može da korelira sa količinom usvojenog uranijuma koja se odvija u biljnoj vrsti. Takođe je praćena i koncentracija urana u hranljivom rastvoru koja se u toku eksperimenta nije bitnije menjala usled velike količine rastvora. Slični eksperimenti su izvedeni i sa segmentima korena istih biljnih vrsta (2 cm dugi korenčići, starosti 4 dana), koji su tretirani vodenim rastvorima urana u određenim vremenskim intervalima, posle čega je određivan sadržaj uranijuma u njima istom analitičkom metodom.

Rezultati rada i diskusija / Results and discussion

Detektovane koncentracije uranijuma u korenu kretale su se i do 30000 mg uranijuma po kg suve mase, dok je sadržaj uranijuma u nadzemnim delovima biljke bio daleko manji od onog u korenom sistemu (tabele 1 i 2). Uočava se da je brzina usvajanja kod suncokreta najveća, ali je takođe uočeno i najjače štetno dejstvo uranijuma na toj biljnoj kulturi posle 100 časova eksperimenta. Vrednosti sadržaja uranijuma za soju i suncokret u zadnjoj tački eksperimenta skoro se ne razlikuju. Pojava maksimuma sadržaja uranijuma kod korena kukuruza upućuje na to da bi eksperimente sa tom kulturom trebalo ponoviti, jer je moguće da nastaje određeno zasićenje korenog sistema, odnosno moguće štetno dejstvo na koren čime se sprečava dalje usvajanje uranijuma.

Tabela 1. Sadržaj uranijuma u korenu biljaka posle vremena provedenog u rastvoru uranil nitrata /

Table 1. Uranium content in root of plant soaked in uranyl nitrate solution

Vreme provedeno u rastvoru (časovi) / Soaking time (hours)	Sadržaj U u korenu (mg/kg ⁻¹ suve mase) / U content in root mg/kg ⁻¹ dry mass		
	kukuruz / corn	soja / soybean	suncokret / sunflower
3	8104 ± 37	4601 ± 27	6712 ± 32
6	10489 ± 40	10705 ± 40	11257 ± 41
12	17817 ± 51	13943 ± 46	13575 ± 321
24	17187 ± 50	13434 ± 45	17659 ± 51
48	16199 ± 49	16891 ± 50	25375 ± 64
100	14510 ± 46	28034 ± 64	27690 ± 64

Tabela 2. Sadržaj uranijuma u listovima biljaka posle vremena provedenog u rastvoru uranilnitrata /

Table 2. Uranium content in leaf of plant soaked uranyl nitrate solution

Vreme provedeno u rastvoru (časovi) / Soaking time (hours)	Sadržaj U u listu (mg/kg ⁻¹ suve mase) / U content in leaf mg/kg ⁻¹ dry mass		
	kukuruz / corn	soja / soybean	suncokret / sunflower
24	13,2 ± 2,6	11,4 ± 2,6	< 2,6
48	11,0 ± 2,6	10,3 ± 2,6	4,9 ± 2,6
100	15,8 ± 2,6	61,5 ± 2,9	< 2,6

Segmenti korenčića su takođe pokazali veliki stepen akumulacije uranijuma koji ide i do 15000 mg/kg⁻¹ suve mase, što pokazuje da se proces usvajanja verovatno odvija putem proste difuzije, jer u njima još ne postoje klasični

transportni mehanizmi kao kod formiranih biljaka i njihovih korenih sistema. Neki od rezultata su prikazani u tabeli 3.

Tabela 3. Sadržaj uranijuma u segmentima korena posle vremena provedenog u rastvoru uranijuma koncentracije 150 mg/kg^{-1} /
Table 3. Uranium content in root segments soaked in 150 mg kg^{-1} concentration of uranium solution

Sadržaj U u segmentima korena (mg kg^{-1} suve mase) / <i>U content in root segments mg kg^{-1} dry mass</i>			
Vreme (min.) / <i>Time (min)</i>	Kukuruz / <i>Corn</i>	Soja / <i>Soybean</i>	Suncokret / <i>Sunflower</i>
2	1810 ± 158	4274 ± 106	5958 ± 106
5	2338 ± 78	5606 ± 130	6175 ± 143
10	3315 ± 156	4803 ± 111	9650 ± 193
15	2843 ± 134	5632 ± 124	12003 ± 189
20	3651 ± 186	8369 ± 151	10124 ± 183
30	3818 ± 150	8538 ± 198	12407 ± 218
45	4770 ± 202	9088 ± 162	12101 ± 216
75	5891 ± 197	9243 ± 214	13979 ± 192

Zaključak / Conclusion

Podaci navedeni u ovom radu daju samo sažet prikaz inače obimne naučne oblasti koja pokriva procese fitoremedijacije. Iz njega mogu da se uoče pravci u koje treba usmeriti buduća istraživanja. Potrebno je istaći da se istraživanja te vrste sprovode i u našoj zemlji uz podršku nadležnih ministarstava (Projekat MNTR br. 537). Rezultati naših istraživanja koja se odvijaju u okviru tog projekta su pokazali određene rezultate, ali je za konačno razumevanje procesa potrebno da se nastave istraživanja sa većim brojem različitih parametara (druge vrste biljaka, ostali teški metali, eksperimenti u realnim uslovima na zemljištu i sl). Preliminarni rezultati su pokazali da suncokret (i biljka i segmenti korena) karakteriše najveća brzina usvajanja, a da zatim slede soja i kukuruz. Takođe se pokazalo i da je stepen oštećenja usled dejstva uranijuma najizraženiji kod suncokreta, a zatim kod kukuruza i soje. Ovakva istraživanja su u razvijenom svetu vrlo profitabilna tematika, jer olakšavaju funkcionisanje industrije u daleko strožim ekološkim standardima. Svako sledeće istraživanje u ovoj oblasti vrlo lako može da nađe svoju primenu na velikom broju lokacija u našoj zemlji zagađenim različitim vrstama polutanata.

Literatura / References

1. Phytoaccumulation of Cr, U i Pu in Plant Systems, Literature review, Amarillo National Resource Center for Plutonium, Texas Tech University, May 1998. - 2. Hinchman R. R., Negri M. C., Gatliff E. G.: Phytoremediation: Using Green Plants To Clean Up Contaminated Soil, Groundwater and Wastewater, preuzeto sa web sajta <http://www.ipd.anl.gov/biotech/publications/phyto/phyto1.html>. - 3. Jovanovic Lj., Markovic M., Cupac S., Janjic V., Santric Lj., Saric M., Cokesa Dj., Andric V.: Phytoremediation of the Environment Polluted by Heavy Metals: How Metal-accumulating Plants Can Help Us? Environmental Recovery of Yugoslavia (ENRY) Monograph, Edts. Dragoljub P. Antić and Jasmina Lj. Vujić, VINCA Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, 548-552, 2002. - 4. Jovanovic Lj., Cupac S., Janjic V., Markovic M., Cokesa D. J., Andric V.: Uptake and distribution of uranyl nitrate in soybean, sunflower and maize plants. SEB Annual Meeting, *Journal of Experimental Botany, Supplement, Plant and Cell Biology abstracts*, 52, 3, 2001. - 5. Ebbs S. D., Brady D. J., Kochian L. V.: Role of Uranium Speciation in the Uptake and Translocation of Uranium by Plants, *Journal of Experimental Botany*. - 6. Sun B., Zhao F. J., Lombi E., McGrath S. P.: Leaching of heavy metals in contaminated soils using EDTA. *Environmental Pollution*, 113, 111-120, 2001. - 7. Chaney L.R., Malik M, Yin M Li, Brown L. S., Brewer P. E., Angle J. S., Baker A.J.M.: Phytoremediation of soil metals (Review article). *Current Opinion in Biotechnology*, 8: 279-284, 1997. - 8. Baker A.J.M., Brooks R. R.: Terrestrial higher plants which accumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1, 81-126, 1989. - 9. Brooks R. R., Chambers F. M., Nicks J. L., Robinson H. B.: Phytomining (Perspectives). *Trends in Plant Science*, 3, 9, 359-362, 1998.

ENGLISH

ROLE AND SIGNIFICANCE OF THE PHYTOREMEDIATION IN ENVIRONMENTAL OF PROTECTION

V. Andrić, Lj. Jovanović, Đ. Čokeša, Mirjana Marković, Svjetlana Cupać

In this paper phytoremediation is introduced as one of the existing methods for the clean up of polluted soils and groundwaters by using wild and crop plants for absorption and/or degradation of different pollutants. It is an effective and low cost method which is not environmentally destructive. Authors described several activities in the phytoremediation process especially regarding the importance of the proper choice of the plant species for the accumulation of a certain heavy metal or radionuclide. Some results of the experiments with uranium absorption and uptake in crop plants and root segments are also presented.

Key words: phytoremediation, uranium, uptake, crop plants, EDXRF spectrometry

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ В ОХРАНЕ ЖИЗНЕННОЙ СРЕДЫ

В. Андрич, Лю. Йованович, Дж. Чокеша, Миряна Маркович, Свѣтлана Цупач

Развитие человеческого общества обусловило и технологическое развитие, которое часто забрасывало охрану жизненной среды, что явилось результатом загрязнением большого числа локаций различными органическими и неорганическими метисами, включая тяжѣлые металлы и радионуклиды. Введение строгих экологических норм увеличило нужду для изучений новых процессов разгораживания, переработки и убирания промышленного отпадения. Раньше пользованы классические методы чистки: убирание, переработка и откладывание больших количеств згрязнённой земли или воды при огромных расходов и нарушение экологического равновесия. Последних десятилетий вложено достаточно средств в изучение альтернативных методов чистки загрязнённых подведомственных областей. Ещё от 1963 г. изветно, что некоторые растения усваивают большие количества тяжѣлых металлов и при этом нормально развиваются и размножаются. Идея была, что растения, усваиваемые тяжѣлые металлы пользуются для чистки земли, загрязнённой различными метисами. Этот метод назван фиторемедиацией и подразумевает усваивание и фиксирование тяжѣлых металлов в биомассе и энзимную и микробиологическую деградацию органических метисов в самой земле. Растения, аккумулирующие металлы больше от 1% в сухой массе называются супераккумуляторов. Растения супераккумуляторы имеют маленькую биомассу, да исслатованы и те растительные виды, производящие более большую биомассу и таким образом из земли извлекают более большие количества тяжѣлых металлов и радионуклидов несмотря на низкую степень аккумуляции. В этой работе приведены основные поступки в процессе фиторемедиации словно и результаты лабораторных экспериментов с усваиванием ураниума со строны промышленных растительных культур.

Ключевые слова: уран, фиторемедиация, промышленные риски

**AKTIVNOST ^{137}Cs U UZORCIMA IZ ŽIVOTNE SREDINE
REGIONA UŽICA*** **^{137}CS ACTIVITY IN SAMPLES TAKEN FROM THE ENVIRONMENT
OF THE UZICE REGION**

Gordana Pantelić, Irena Tanasković, Ljiljana Javorina, Gordana Vitorović,
Vedrana Vuletić**

Sistematsko ispitivanje sadržaja radionuklida u različitim uzorcima iz životne sredine sprovodi se na osnovu zakonskih propisa kroz monitoring program na teritoriji Republike Srbije. Prikazane su minimalne, srednje i maksimalne godišnje vrednosti specifične aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima padavina, zemljišta, ljudskoj i stočnoj hrani u regionu Užica, posle nesreće u Černobilu. Ove aktivnosti su mnogo veće u regionu Užica u odnosu na ostale regione u Srbiji, zbog toga što je aktivnost ^{137}Cs u padavinama 1986. godine u regionu Užica bila najveća.

Ključne reči: cezijum, životna sredina, zemljište

Cezijum u životnoj sredini / Cesium in environment

Cezijum je alkalni metal koji se u prirodi nalazi u malim količinama, kao stabilni izotop ^{133}Cs . Osnovni izvor stabilnog cezijuma su stene i zemljište. Radioaktivni izotop ^{137}Cs je dospeo u životnu sredinu putem fall-outa, nakon nuklearnih proba šezdesetih godina i posle nesreće u Černobilu 1986. godine. Visoka pokretljivost cezijuma u biološkim sistemima je zbog hemijske sličnosti sa kalijumom. Zbog dugog perioda poluraspada ^{137}Cs (30 godina) prati se njegova aktivnost u svim uzorcima iz životne sredine.

Monitoring radioaktivnosti u životnoj sredini obuhvata analizu vazduha, padavina, zemljišta, vode za piće i rečnih voda, ljudske i stočne hrane. Sistematsko ispitivanje ovih uzoraka obavlja se na određenim mestima na teritoriji Republike Srbije i u određenim vremenskim intervalima (svakodnevno, deseto-dnevno, mesečno, tromesečno i polugodišnje) po metodama koje su određene propisima [1, 2].

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Gordana Pantelić, Irena Tanasković, Ljiljana Javorina, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Karajović”, Beograd; dr Gordana Vitorović, profesor, Fakultet veterinarske medicine, Beograd; Vedrana Vuletić, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Karajović”, Beograd

Glavni putevi delovanja na čoveka ispoljavaju se kroz spoljašnje ozračivanje od radionuklida deponovanih na tlu i unutrašnjeg ozračivanja kada se pojede kontaminisana hrana.

Prikazani su rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u regionu Užica u padavinama, zemljištu, ljudskoj i stočnoj hrani od 1986. do 2003. godine. Ovi podaci su prikupljeni kroz monitoring program koji se obavlja na teritoriji Republike Srbije više od četiri decenije u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Karajović” [3]. Pored redovnih obavljenih su i povremena istraživanja u ovom regionu (Fakultet veterinarske medicine).

Metode sakupljanja i merenja /

Methods of sampling and measurements

Uzorci čvrstih i tečnih padavina sakupljaju se u sudu površine 0.1 m^2 koji je postavljen na 1 m od površine tla. Gamaspektrometrijska analiza se obavlja na mesečnom uzorku, a rezultati se izražavaju u Bq/m^2 .

Uzorci neobrađivog zemljišta u sloju 0 do 5 cm sakupljeni su dva puta godišnje (proleće i jesen). Prikupljeni uzorci zemljišta čiste se od biljnog materijala i kamenja. Suše se na temperaturi od 105°C do 110°C do konstantne mase 24 do 48 časova. Posle toga uzorci se melju, prosejavaju i prenose u posude za merenje. Prisustvo gama emitera u uzorcima zemljišta određuju se metodom visokorezolucione gamaspektrometrije.

Ispitivanje kontaminacije radioaktivnim materijama hrane za ljude obavljeno je u namirnicama koje su karakteristične za ishranu stanovništva (meso, mleko, proizvodi od mleka, žitarice, povrće i voće). Ovi uzorkci su sakupljeni prema dozrevanju žitarica, voća i povrća, a uzorci mesa dva puta godišnje. Od uzoraka stočne hrane najviše su ispitivani trava, lucerka i seno.

U navedenim uzorcima određivana je aktivnost ^{137}Cs , koji zbog dugog vremena poluraspada i svoje radiotoksičnosti ima poseban značaj u prehrambenom ciklusu sa radijaciono-higijenskog stanovišta.

Gamaspektrometrijska merenja obavljena su na HP Ge detektorima, rezolucije 1.95 keV, odnosno 1.85 keV, relativne efikasnosti 25 posto, na 1.33 MeV firme ORTEC (relativna greška pripreme uzoraka i merenja je $\pm 10\%$). Energetska kalibracija, kao i kalibracija efikasnosti detektora, obavlja se pomoću radioaktivnog standarda Amersham. Vreme merenja jednog uzorka je od 10 000 s do 600 000 s. Osnovno zračenje se meri 250 000 s.

Rezultati rada i diskusija / Results and discussion

Rezultati merenja aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima čvrstih i tečnih padavina (Zlatibor), zemljišta (Zlatibor), ljudske i stočne hrane (Zlatibor, Užice, Požega) dati su u tabelama 1 do 4, retrospektivno.

Tabela 1. Specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorcima čvrstih i tečnih padavina (Zlatibor)
Table 1. Specific activity of ^{137}Cs in samples of solid and liquid precipitation (Mount Zlatibor)

Godina / Year	Minimalna vrednost / Minimal value (Bq/m ²)	Srednja vrednost / Mean value (Bq/m ²)	Maksimalna vrednost / Maximum value (Bq/m ²)
1987.	1.5	7.3	21.9
1988.	1.7	24.4	56.1
1989.	4.6	12.1	29.8
1990.	0.6	5.1	12.8
1991.	0.1	3.3	14.8
1992.	<0.2	1.3	1.9
1993.	0.2	1.3	2.4
1994.	0.5	0.9	1.8
1995.	0.5	0.8	1.3
1996.	<0.2	1.0	2.3

Zbog postepenog spiranja stratosfere i troposfere, specifična aktivnost ^{137}Cs u padavinama je i nekoliko godina posle akcidenta bila značajna (tabela 1). Od 1992. godine ova aktivnost je u stalnom opadanju. Od 1997. godine do danas srednje godišnje vrednosti aktivnosti ^{137}Cs u padavinama su manje od 1.2 Bq/m².

Zbog dugog vremena poluraspada, specifična aktivnost ^{137}Cs u zemljištu još uvek je visoka (tabela 2). U zavisnosti od vrste zemljišta, transfer ^{137}Cs u mleko, kod krava koje pasu na livadama, može da varira nekoliko stotina puta. Hrana koja se proizvodi od životinja koje pasu na divljim pašnjacima, šumama i planinama, kao i nekultivisane biljke (bobice, pečurke), u narednom periodu može da dovede do povećanja unutrašnje doze od ^{137}Cs kod populacije u regionu Užica.

Kod kultivisanih biljaka (povrće, voće i žitarice) zbog niskih koeficijenata prelaska ovog radionuklida iz zemljišta u biljke [4], aktivnost u biljnim kulturama je veoma niska u poslednjih petnaestak godina (tabela 3). U 1986. godini aktivnost ^{137}Cs u ovim biljnim kulturama bila je najveća u Užičkom regionu u odnosu na druge regione u Srbiji [5, 6].

Tabela 2. Specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorcima neobrađivog zemljišta /
Table 2. Specific activity of ^{137}Cs in samples of untillable soil

Godina / Year	Minimalna vrednost / Minimum value (Bq/kg)	Srednja vrednost ± standardna devijacija / Mean value ± Standard deviation (Bq/kg)	Maksimalna vrednost / Maximum value (Bq/kg)
1987.	33	280 ± 190	436
1988.	27	112 ± 95	249
1989.	9.7	270 ± 370	859
1990.	413	840 ± 470	1540
1991.	30	300 ± 230	469
1992.	161	280 ± 200	509
1993.	54	140 ± 140	299
1994.	115	330 ± 340	722
1995.	61	137 ± 99	328
1996.	33	63 ± 38	123
1998.	32	160 ± 120	353
1999.	151	270 ± 180	398
2000.	130	150 ± 28	169
2001.	137	153 ± 21	177
2002.	98	109 ± 14	137
2003.	14	100 ± 100	339

Merenjem specifične aktivnosti ^{137}Cs u stočnoj hrani ustanovljene su izuzetno visoke vrednosti u 1986. godini, koje su posledica spoljašnje kontaminacije, preko padavina, trave, lucerke, a samim tim i sena. Od 1987. godine, specifična aktivnost ^{137}Cs u padavinama značajno je niža, tako da specifična aktivnost u travi, lucerki i drugim biljnim kulturama koje se koriste za ishranu stoke zavisi samo od aktivnosti ovog radionuklida u zemljištu.

Tabela 3. *Specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorcima ljudske hrane (srednje godišnje vrednosti)*

Table 3. *Specific activity of ^{137}Cs in samples of food for human consumption (mean annual values)*

Godina / Year	Povrće / Vegetables (Bq/kg)	Voće / Fruit (Bq/kg)	Meso / Meat (Bq/kg)	Žitarice / Cereals (Bq/kg)	Proizvodi od mleka / Milk products (Bq/kg)
1986.	299	—	84	141	140
1987.	10.9	32.5	4.3	17	9.4
1988.	0.52	—	1.9	—	27.0
1989.	1.4	4.2	0.15	—	21.2
1990.	1.5	1.9	1.3	0.89	4.8
1991.	0.48	2.6	0.88	—	0.89
1992.	1.3	1.8	0.58	0.09	2.6
1993.	0.95	—	0.78	—	1.6
1994.	—	—	0.26	—	1.2
1995.	—	—	0.39	—	2.0
1996.	—	—	0.43	—	2.2
1998.	0.51	0.27	0.32	0.20	2.3
1999.	< 0.16	0.14	0.73	< 0.05	0.31
2000.	—	—	1.0	—	0.59
2001.	—	—	0.28	—	0.95
2002.	0.15	< 0.05	0.32	< 0.06	0.37
2003.	0.32	< 0.04	0.57	< 0.06	1.0

Tabela 4. *Specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorcima stočne hrane (srednje godišnje vrednosti)*

Table 4. *Specific activity of ^{137}Cs in fodder samples (mean annual values)*

Godina / Year	Trava / Grass (Bq/kg)	Seno / Hay (Bq/kg)	Lucerka / Lucerne (Bq/kg)	Ostalo / Other (Bq/kg)
1986.	4560	2440	2690	—
1987.	183	—	—	1.7
1988.	44.2	—	—	—
1989.	18.4	71.3	—	18
1990.	12.4	22.6	—	12
1991.	66.0	38.9	2.8	3.2
1992.	4.9	8.7	1.6	2.5

nastavak tabele 4.				
1993.	4.0	14.7	1.0	0.6
1994.	2.2	19.3	2.1	0.3
1995.	–	18.4	–	–
1996.	–	7.7	0.8	0.2
1998.	2.2	40.8	–	0.4
1999.	0.4	7.5	–	< 0.2
2000.	–	72	–	0.5
2001.	–	4.0	–	–
2002.	0.4	35.5	0.4	–
2003.	–	0.9	0.5	–

Zaključak / Conclusion

Rezultati merenja pokazuju da je u prvim godinama posle akcidenta bila povećana aktivnost ^{137}Cs u svim uzorcima u životnoj sredini. Ova aktivnost se već u toku nekoliko prvih godina višestruko smanjila u uzorcima padavina, hrane za ljude i stočne hrane, dok je u zemljištu još uvek značajna.

Poređenjem sa aktivnošću ^{137}Cs u istim uzorcima u drugim regionim Srbije uočava se da je region Užica bio najviše kontaminisan i da ga zbog toga treba i dalje kontrolisati.

Literatura / References

1. Zakon o zaštiti od jonizujućih zračenja, Službeni list SRJ, br. 46/96.
2. Pravilnik o sistematskom ispitivanju sadržaja radionuklida u redovnim uslovima, Službeni list SRJ, br. 45/97.
3. Radioaktivnost životne sredine u Republici Srbiji, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu „Dr Dragomir Karajović”, Beograd, 1986, 1987, 2003.
4. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, Technical Report Series No. 364, IAEA, Vienna, 1994.
5. Pantelić G., Petrović I., Vitorović G., Draganović B., Spahić G.: ^{137}Cs activity in cattle feed and milk, after the Chernobyl accident, Acta Veterinaria, 49, 5-6, 371-378, 1999.
6. Pantelić G., Brnović R., Petrović I., Mijatović Lj.: Radioaktivnost u Srbiji posle akcidenta u Černobilu, Zbornik radova savetovanja „Černobil, 10 godina posle”, Budva, 57- 61, 1996.

ENGLISH

^{137}Cs ACTIVITY IN SAMPLES TAKEN FROM THE ENVIRONMENT OF THE UZICE REGION

Gordana Pantelić, Irena Tanasković, Ljiljana Javorina, Gordana Vitorović, Vedrana Vuletić

Systematic examinations of radionuclides in different samples taken from the environment are conducted on the grounds of legal regulations through a monitoring program in the territory of the Republic of Serbia. The paper shows the minimal, medium and maximum annual values for the specific activity of ^{137}Cs in samples of precipitation, soil, foodstuffs and feedstuffs in the region of Uzice, following the Chernobyl nuclear disaster. These activities are much higher in the region of Uzice than in the other regions of Serbia, because ^{137}Cs activity in precipitation was the highest in the region of Uzice in the year 1986.

Key words: cesium, environment, soil.

РУССКИЙ

АКТИВНОСТЬ ^{137}Cs В ОБРАЗЧИКАХ ИЗ ЖИЗНЕННОЙ СРЕДЫ РЕГИОНА УЖИЦА

Гордана Пантелич, Ирена Танаскович, Лиляна Яворина, Гордана Виторович, Ведрана Вулетич

Систематическое испытание содержания радионуклидов в различных образчиках из жизненной среды проводится на основе законных порядков через мониторинг программа на территории Республики Сербии. Показаны минимальные, средние и максимальные годовые стоимости специфической активности ^{137}Cs в образчиках осадков, земли, людской пище и корме для скота в регионе Ужица, после несчастья в Чернобиле. Эти активности очень большие в регионе Ужица в отношении остальных регионов в Сербии, вследствие этого, что активность ^{137}Cs в осадках 1986 года в регионе Ужица была самая большая.

Ключевые слова: цезий, жизненная среда, земля

**NIVOI AKTIVNOSTI RADIOCEZIJUM U GLJIVAMA SA
PODRUČJA BiH U PERIODU 2000–2002. GODINE***
*RADIOACTIVITY LEVELS OF RADIOCESIUM IN MUSHROOMS FROM
BOSNIA AND HERZEGOVINA DURING THE PERIOD 2000–2002*

N. Gradašćević, Lejla Saračević, A. Mihalj, D. Samek**

Gljive, kao biljna vrsta kod kojih je izrazit afinitet za apsorpciju radiocezijuma iz tla, predstavljaju bioindikator radioaktivnosti neophodan za procjenu radioaktivne kontaminacije određenog područja ovim radionuklidom. U našem radu prikazani su rezultati mjerenja nivoa aktivnosti radiocezijuma u gljivama sa područja Bosne i Hercegovine u periodu 2000–2002. godine.

Uzorci gljiva redovno su dostavljani u Laboratorij za kontrolu radioaktivnosti Veterinarskog fakulteta u Sarajevu kao svježi, zamrznuti, sušeni i salamureni uzorci.

Svaki ispitani uzorak predstavljao je reprezent šireg područja sa kojeg su sakupljani uzorci.

Za mjerenje nivoa aktivnosti $^{137}+^{134}\text{Cs}$ korištena je gamaspektrometrijska metoda pomoću scintilacionog (NaI) detektora povezanog sa višekanalnim analizatorom smještenim u PC kompatibilni kompjuter.

Dobijeni rezultati kretali su se u rasponu od 0.9 do 463.5 Bq/kg izvornog uzorka.

Visoka varijabilnost rezultata uzrokovana je razlikama u sadržaju vlage u ispitivanim uzorcima, različitim sadržajem $^{137}+^{134}\text{Cs}$ u tlu lokaliteta sa kojih su gljive ubirane, kao i različitim afinitetom za apsorpciju radiocezijuma iz tla kod različitih vrsta gljiva.

Ključne reči: ^{137}Cs , gljive, bioindikator, BiH

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Mr Nedžad Gradašćević, viši asistent, dr Lejla Saračević, vanredni profesor, mr Anto Mihalj, asistent-istraživač, dr Davorin Samek, vanredni profesor, Katedra za radiobiologiju i biofiziku, Veterinarski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Uvod / Introduction

U mnogobrojnim istraživanjima ponašanja radionuklida u životnoj sredini tokom proteklih godina značajno mjesto pripalo je proučavanjima bioloških indikatora. Biološki indikatori podrazumjevaju određene biljne i životinjske organizme koji u znatno većoj mjeri sorbiraju radionuklide, te se kao takvi mogu koristiti u procjeni stanja radioaktivne kontaminacije matične sredine. Sposobnost akumulacije radionuklida uglavnom je uzrokovana činjenicom da bioindikatori nemaju sposobnost razlikovanja specifičnosti između hemijski srodnih elemenata, što u uslovima radioaktivne kontaminacije dovodi do nakupljanja radionuklida u ovim organizmima.

Gljive se ubrajaju u najznačajnije bioindikatore prisustva radiocezijuma u kontinentalnom okolišu. Fiziološki visok afinitet za sorpciju kalija iz tla, kao i insuficijencija mehanizma razlikovanja specifičnosti između metabolički i hemijski sličnih elemenata kalija i cezija, razlogom su visokih aktivnosti radiocezijuma u gljivama u uslovima kontaminacije životne sredine.

Regulatorna komisija Evropske unije je nakon černobilskog akcidenta usvojila Pravilo br. 737/90 kojim su utvrđeni maksimalno dozvoljeni nivoi radiocezijuma u namirnicama prilikom uvoza iz takozvanih „trećih zemalja”. Prema navedenom pravilu maksimalno dozvoljeni nivoi radiocezijuma u namirnicama iznose 370 Bq/kg za mlijeko, proizvode od mlijeka i dječiju hranu i 600 Bq/kg za sve ostale namirnice [1]. Posljednjih nekoliko godina od primjene ovoga Pravila izuzete su mnoge namirnice za razliku od gljiva koje, zbog još uvijek visokih aktivnosti radiocezijuma, podliježu primjeni ovog Pravila.

U našem radu prikazani su rezultati radijaciono-higijenske kontrole gljiva sa područja Bosne i Hercegovine u periodu 2000 – 2002. godine.

Materijal i metode rada / Materials and methods

U okviru redovne radijaciono-higijenske kontrole gljiva namijenjenih izvozu u zemlje članice Evropske unije, u Laboratorij za kontrolu radioaktivnosti dostavljani su uzorci gljiva iz gotovo svih krajeva Bosne i Hercegovine. Svaki analizirani uzorak predstavljao je reprezentativni uzorak sa određenog područja BiH, odnosno zbirni uzorak iz svake pojedinačne pošiljke namijenjene izvozu. Gljive su analizirane u obliku u kome su bile namijenjene za izvoz, odnosno kao svježi, sušeni, zamrznuti i salamureni uzorci. Najčešće analizirane vrste gljiva bile su vrganj, lisičarka i smrčak.

Za mjerenje nivoa radioaktivnosti radiocezija korištena je gamaspektrometrijska metoda pomoću NaI detektora i višekanalnog analizatora sa pripadajućom elektronikom i softverskim programom za obračun aktivnosti.

Dobijeni rezultati izražavani su u Bq/kg svježeg, suhog, zamrznutog ili salamurenog uzorka odgovarajućih vrsta gljiva.

Rezultati rada i diskusija / Results and discussion

Tabela 1. Nivoi aktivnosti Cs-137 u uzorcima vrgnja (Bq/kg) /
Table 1. Activity levels of ¹³⁷Cs in common bolete samples (Bq/kg)

Vrsta i oblik gljive / Specie and form	Broj uzoraka / Number of samples	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Srednja / Mean
Vrganj svježi / Common bolete fresh	119	0.9	134.9	18.2
Vrganj sušeni / Common bolete dried	65	2.1	463.5	86.1
Vrganj salamureni / Common bolete blanched	37	1.2	15.9	6.0
Vrganj zamrznuti / Common bolete frozen	15	1.3	206.2	22.6

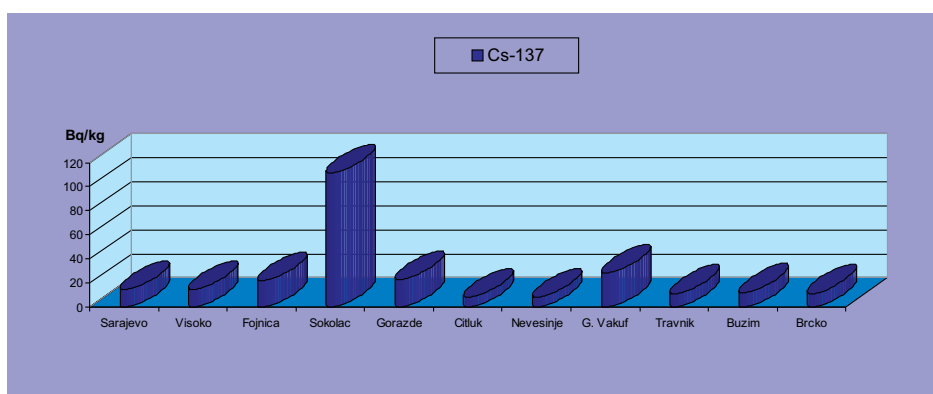
Tabela 2. Nivoi aktivnosti Cs-137 u uzorcima lisičarke (Bq/kg) /
Table 2. Activity levels of ¹³⁷Cs in common chanterelle samples (Bq/kg)

Vrsta i oblik gljive / Specie and form	Broj uzoraka / Number of samples	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Srednja / Mean
Lisičarka svježa / Chanterelle fresh	34	2.5	196.1	23.7
Lisičarka sušena / Chanterelle dried	4	81.8	157.9	113.8
Lisičarka salamurena / Chanterelle blanched	5	1.9	10.8	7.46

Tabela 3. Nivoi aktivnosti Cs-137 u uzorcima smrčka, ježevke i crne trube (Bq/kg) /
Table 3. Activity levels of ¹³⁷Cs in common yellow morel, hedgehog fungus and black chanterelle samples (Bq/kg)

Vrsta i oblik gljive / Specie and form	Broj uzoraka / Number of samples	Minimum / Minimum	Maksimum / Maximum	Srednja / Mean
Smrčak svježi / Yellow morel fresh	10	4.9	48.7	18.4
Smrčak sušeni / Yellow morel dried	8	16.0	319.3	142.5
Ježevka svježa / Hedgehog fungus fresh	5	8.1	371.8	125.3
Crna truba svježa / Black chanterelle fresh	3	4.9	115.1	66.0

Rezultati prikazani u tabelama 1,2 i 3 pokazuju da su najviši prosječni nivoi aktivnosti Cs-137 u svježim gljivama od 125.3 Bq/kg utvrđeni u uzorcima ježevke, dok su najviši prosječni nivoi u sušenim uzorcima od 142,5 Bq/kg zabilježeni u uzorcima smrčka (tabela 3). Maksimalan nivo aktivnosti Cs-137 u pojedinačnim uzorcima utvrđen je u uzorku sušenog vrgnja i iznosio je 463.5 Bq/kg (tabela1).



Grafikon 1. Prosječni nivoi aktivnosti Cs-137 u svježim gljivama sa različitih lokaliteta u Bosni i Hercegovini /

Graph 1. Average activity levels of ^{137}Cs in fresh mushrooms from different localities of Bosnia-Herzegovina

U grafikonu 1 dat je komparativni prikaz prosječnih nivoa Cs-137 u uzorcima svježih gljiva iz okoline nekih gradova i naselja u Bosni i Hercegovini. Iz grafikona je uočljivo da su najviši prosječni nivoi Cs-137 utvrđeni na području Sokolca (111.0 Bq/kg), a najniži na području Hercegovine, odnosno gradova Nevesinje i Čitluk (7.7 i 7.8 Bq/kg). Ovi nalazi su u saglasnosti sa rezultatima dobijenim u prethodnim istraživanjima [2, 3] kontaminacije okoliša u Bosni i Hercegovini. Nivoi aktivnosti Cs-137 u gljivama u zavisnosti su od stepena depozicije radionuklida nakon černobilskog akcidenta, odnosno nivoima aktivnosti Cs-137 u tlu sa odgovarajućih lokaliteta.

Visoka varijabilnost rezultata uzrokovana je razlikama u sadržaju vlage u ispitivanim uzorcima, različitim sadržajem $^{137}+^{134}\text{Cs}$ u tlu lokaliteta sa kojih su gljive ubirane, kao i različitim afinitetom za sorpciju radiocezijuma iz tla kod različitih vrsta gljiva.

Zaključak / Conclusion

1. Utvrđeni nivoi Cs-137 u uzorcima gljiva iz Bosne i Hercegovine su ispod maksimalno dozvoljenih nivoa ovog radionuklida u namirnicama namijenjenim izvozu u Evropsku uniju.

2. Najviši prosječni nivoi Cs-137 u odnosu na vrstu gljive zabilježeni su u uzorcima gljive ježevke.
3. Najviši nivoi Cs-137 u odnosu na lokalitet zabilježeni su na širem području Sokolca.
4. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa nivoima aktivnosti Cs-137 u tlu opserviranih lokaliteta.

Literatura / References

1. Council Regulation (EEC) No 737/90: On the Conditions Governing Imports of Agricultural Products Originating in Third Countries Following the Accident at the Chernobyl Nuclear Power-Station, 22 March 1990. - 2. Gradašćević Nedžad: Uticaj nivoa radioaktivnosti Cs-137 u stočnoj hrani na radijaciono-higijensku ispravnost mlijeka farmskih krava, Magistarski rad, Veterinarski fakultet, Sarajevo, 2002. - 3. Horšić Emilija, Kljajić R., Mirković G., Saračević Lejla, Herceg Z.: Prostorna raspodjela radiokontaminacije (Cs-137, Cs-134 i Ru-106) u tlu određenih proizvodnih područja u BiH osamnaest mjeseci nakon nuklearnog akcidenta u Černobilu, Veterinaria, 37, 4, 537-540, 1988.

ENGLISH

RADIOACTIVITY LEVELS OF RADIOCESIUM IN MUSHROOMS FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA DURING THE PERIOD 2000-2002

N. Gradašćević, Lejla Saračević, A. Mihalj, D. Samek

Mushrooms have the significant ability for absorption of radiocesium from the soil and, therefore represent the bioindicator of radioactivity which is necessary for an evaluation of radioactive contamination at the investigated area.

Samples were regularly delivered to the Laboratory for Radioactivity Control, at the Veterinary Faculty of Sarajevo as fresh, frozen, blanched and dried samples.

Every sample was representative of the wider area from which the samples were collected.

Measuring of radioactivity was performed by the gamma spectrometric method, with a scintillation detector (NaI) connected with the multichannel analyzer placed in a PC-compatible computer.

The obtained results were in a range of 0.9 - 463,5 Bq/kg of the original sample.

The high variability of the results was related to differences in water content in the analyzed samples, differences of radiocesium content in soil at which the mushroom were been collected and differences in ability for radioacesium absorption from soil in different species of mushrooms.

Key words: ^{137}Cs , mushrooms, bioindicator, BiH

**АКТИВНОСТИ РАДИОЦЕЗИЯ В ГРИБАХ С ПОДВЕДОМСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ
БиГ В ПЕРИОДЕ 2000-2002**

Н. Гардашевич, Лейла Сарачевич, А. Михаль, Д. Самек

Грибы как растительный вид с выразительным аффинитетом для абсорбции радиоцезия из почвы представляют собой биоиндикатор радиоактивности необходимый для оценки радиоактивной контаминации определённой подведомственной области этим радионуклидом. В нашей работе показаны результаты измерения уровня активности радиоцезия в грибах с подведомственной области Боснии и Герцеговины в периоде 2000-2002 год.

Образчики грибов регулярно доставлены в Лабораторию для контроля радиоактивности Ветеринарного факультета в Сараеве как свежие, замёрзшие, сушёные и рассолённые образчики.

Каждый испытанный образчик представлял собой представитель более широкой подведомственной области с которой собираются образчики.

Для измерения уровня активности $^{137+134}\text{Cs}$ использован гаммаспектрометрический метод с помощью сцинтиляционного (Нап) детектора, связанного с многоканальным анализатором помещённым в ПЦ совместимый компьютер.

Полученные результаты двигались в расстоянии от 0.9 до 463.5 Bq/kg оригинального образчика.

Высокая вариабильность результатов причинена разницей в содержании влаги в испытанных образчиках, различным содержанием $^{137+134}\text{Cs}$ в почве мест с которых грибы срываются словно и различным аффинитетом для абсорбции радиоцезия из почвы у различных видов грибов.

Ключевые слова: ^{137}Cs , грибы, биоиндикатор, БиГ

KONTROLA SADRŽAJA RADIONUKLIDA U VODI ZA PIĆE* *RADIONUCLIDE CONTENT CONTROL IN DRINKING WATER*

Ljiljana Janković, M. Mišović**

U radu su prikazani rezultati ukupne beta aktivnost i gama aktivnost u 21 uzorku vode za piće sa teritorije Srbije. Ukupna beta aktivnost određivana je na Low Level α / β brojaču Canberra, a gama aktivnost na HP Ge detektoru. Izmerene aktivnosti radionuklida u vodi za piće (izvori i bunari) u Srbiji u 2002. godini, zadovoljavaju zakonski kriterijum radiološke ispravnosti.

Ključne reči: voda, radionuklidi, beta i gama aktivnost

Uvod / Introduction

Voda predstavlja jednu od najvažnijih sirovina bez koje život na zemlji ne bi bio moguć. To je najpokretljivija sirovina sa velikom moći da primi i transportuje najraznovrsnije zagađivače, ali da ih teško oda. Zbog toga je globalni problem racionalnog korišćenja i zaštita voda u svetu sve izraženiji [1]. Od 1950. godine do danas količina vode za piće drastično je smanjena sa 17 000 na samo 7 500 litara vode po stanovniku.

Pod kontaminacijom prirodne vode podrazumeva se svaka veštački izazvana promena u prirodnom sastavu ili kvalitetu vode, koritima u slivu vodonosnika, štetne promene na objektima za vodu, koje se negativno odražavaju na kvalitet voda. Kontaminacijom mogu da budu obuhvaćena površinska, podzemna i atmosferska voda i sve vrste objekata za vodu.

Zavisno od vrste kontaminanta kontaminacija može da bude: fizička (mehanička), biološka, hemijska, radioaktivna i kombinovana.

Pri fizičkoj kontaminaciji nastaje smanjenje kvaliteta organoleptičkih osobina vode (povećanja mutnoće, obojenosti, raznih mirisa i neprijatnog ukusa). Ova vrsta kontaminacije predstavlja najblaži vid kontaminacije i najmanju opasnost za kvalitet vode u prirodi.

Pod biološkom kontaminacijom podrazumeva se postojanje patogenih mikroorganizama u vodi, što može da izazove manje ili veće epidemije.

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Ljiljana Janković, dr M. Mišović, Institut za medicinu rada ZPM VMA, Beograd

Pod hemijskom kontaminacijom podrazumeva se prisustvo različitih otrovnih materija (teški metali, pesticidi, deterdženti, fenoli, mineralna ulja, rastvarači, aditivi, pogonsko gorivo, razni sastojci otpadnih voda, a u ratnim uslovima i bojni otrovi) u vodi.

Pod radioaktivnom kontaminacijom podrazumeva se nepoželjno prisustvo radioaktivnih izotopa u vodi [2].

Svaka voda sadrži male, ali merljive količine radioaktivnih izotopa. Prirodni radioaktivni izotopi nalaze se u vodi od njenog postanka. Ovi izotopi nalaze se rasejani u sedimentima, kao i magmatskim i metamorfnim stenama. Voda koja cirkuliše preko i kroz njih obogaćuje se njima i postaje radioaktivna. Koncentracija radioaktivnih izotopa u vodi je vrlo različita i zavisi od porekla vode i lokacije izvorišta. Pored ovih prirodnih u vodi mogu da se nađu i veštački radioaktivni elementi, koji su nastali kao posledica nuklearnih akcidenata, eksperimenata i eksplozija.

Izvori radioaktivnog zagađenja vode su radioaktivne otpadne vode, radioaktivne padavine i radioaktivni efluenti. Sadržaj radioaktivnih supstancija u vodi zavisi: od udaljenosti od mesta ispuštanja radioaktivnih efluenta ili nuklearne eksplozije, vrste i količine vode (tekuća, stajaća), dubine i brzine protoka, konfiguracije zemljišta, dužine i veličine sliva, vremenskih prilika, karakteristika i aktivnosti radionuklida, i tako dalje.

Svi vodeni organizmi koji žive u vodi mogu da koncentrišu radioaktivne materije za odgovarajući faktor (rakovi oko 100, puževe 250, ribe 400). Brzina koncentrisanja radionuklida u vodenim organizmima zavisi od pH vode, temperature i količine vode, kretanja mulja i sedimenata, koncentracije mineralnih i organskih materija i drugog [3].

Cilj rada je da se utvrdi radiohemijski kvalitet vode za piće u Srbiji metodama ukupne beta aktivnosti i gamaspektrometrije.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Analiziran je 21 uzorak vode za piće (izvori i bunari) sa teritorije Srbije: Beograd, Niš, Čačak, Kragujevac, Smederevska Palanka, Paraćin, Ivanjica, Apatin, Valjevo i Slankamen.

Radiohemijski kvalitet vode određivan je merenjem ukupne beta aktivnosti i gamaspektrometrijski.

Za određivanje nivoa ukupne beta aktivnosti [4] uzorci vode od 61 litra uparavani su do mineralnog ostatka. Mineralni ostatak stavljen je u planšete Ø 48 mm, što odgovara masi od 1 g. Merenja su obavljena na gasnom protočnom brojaču Canberra Low Level α / β sistemu. Kalibracija je obavljena sa KCl mase 1 g, osnovni fon brojača je bio 1,5-2 imp/min. Vreme merenja je bilo od 6000 s.

Za određivanje gama aktivnosti uzorci vode od 30 do 40 L uparavani su do 1 L i mereni u Marineli posudi zapremine 1 L na poluprovodničkom HP Ge detektoru EG&G ORTEC rezolucije 1.85 keV na E=1332 keV za Co-60 i efikas-

nosti 30% [5]. Kalibracije (energetska i po efikasnosti) urađene su mešovitim standardom u Marineli geometriji zapremine 1 L, amersham. analize spektara urađene su na osnovu prisutnih gama linija uz korišćenje softverskog paketa firme EG&G ORTEC Maestro II. Vreme merenja bilo je od 100 000 do 300 000 s. Posebno je praćeno prisustvo radionuklida ^{40}K , ^{238}U , ^{134}Cs i ^{137}Cs .

Rezultati rada i diskusija / Results and discussion

^{238}U je prirodni radionuklid koji je u prirodi široko rasprostranjen u malim količinama. On je roditelj jednog uranovog niza i ima veliki broj potomaka. Ali, prirodna ravnoteža ovih radionuklida poremećena je primenom određenih tehnoloških postupaka (eksploatacija uranovih ruda i ruda teških metala, fosfatnih stena, naftnih bušotina, korišćenjem superfosfatnog đubriva, neodgovarajućeg skladištenja pepela iz termoelektrana), kao i pri ratnim dejstvima (upotreba različitog oružja). ^{238}U ima vreme poluraspada $4.47 \cdot 10^9$ godina, alfa-gama emiter, visoke toksičnosti, u organizmu se najviše nakuplja u bubregu (kritični organ) u kome se zadržava 0.05-12 posto unetog uranijuma sa biološkim vremenom polueliminacije od 6 do 1500 dana.

^{40}K je prirodni radioaktivni elemenat koji je veoma rasprostranjen u prirodi. Tipični bioelemenat jer ulazi u sastav svih živih organizama. Prirodni kalijum ima tri izotopa koji bez obzira gde se nalaze ima konstantan izotopski sastav ^{39}K ($93.08 \pm 0.09\%$), ^{40}K ($0.0119 \pm 0.0001\%$) i ^{41}K ($6.90 \pm 0.09\%$). Od ovih navedenih izotopa samo ^{40}K ($93.08 \pm 0.09\%$), ^{40}K ($0.0119 \pm 0.0001\%$) i ^{41}K ($6.90 \pm 0.09\%$). Od ovih navedenih izotopa samo ^{40}K je radioaktivan, a vreme poluraspada $1.31 \cdot 10^9$ godina, beta-gama emiter. U organizmu podleže homeostatskoj kontroli: u organizmu se nalazi određena koncentracija ukupnog kalijuma, a time i ^{40}K , u slučaju povećanog unosa kalijuma, organizam ga veoma brzo eliminiše i uspostavlja ravnotežno prvobitno stanje.

^{137}Cs i ^{134}Cs su fisioni radionuklidi koji su nastali kao posledica nuklearnih eksplozija (nad vodom i zemljom) i nuklearnih akcidenata. ^{137}Cs ima vreme poluraspada 30.17 godina, a ^{134}Cs 2.06 godina. U pogledu hemijskih karakteristika radionuklidi ^{137}Cs i ^{134}Cs ponašaju se identično, pa je njihovo metaboličko ponašanje u organizmu isto. Oni su beta-gama emiteri, organotropni radionuklidi (nemaju poseban kritični organ u kome se nakupljaju, već se nalaze u svakoj ćeliji organizma i izmenjuju se sa K u ćeliji), biološko vreme polueliminacije je od 10 do 110 dana [3].

U tabeli 1 su prikazani rezultati merenja ukupne beta aktivnosti (U_BA) i specifične aktivnosti radionuklida ^{238}U , ^{40}K , ^{134}Cs i ^{137}Cs u Bq/l.

Gamaspektrometrijski je analiziran 21 uzorak vode za piće u 10 mesta u Srbiji, 8 izvora i 13 bunara. Ukupna beta aktivnost kod svih uzoraka bila je manja od 1 Bq/l. Kod svih uzoraka dominantno je prisustvo prirodnog radionuklida ^{40}K .

Tabela 1. Specifična aktivnost radionuklida u uzorcima vode za piće u Sbjiji u toku 2002. godine u Bq/l /

Table 1. Specific activities of radionuclides in samples of drinking water in Serbia in the course of 2002 in Bq/l

Broj / Number	Uzorak / Sample	UbA	^{40}K	^{238}U	^{134}Cs	^{137}Cs
1.	Beograd I ₁	0,32	0,24±0,04	<0,22	<0,14	<0,01
2.	Beograd I ₂	0,25	0,19±0,03	<0,12	<0,02	<0,04
3.	Beograd B ₁	0,09	0,08±0,01	<0,54	<0,04	<0,07
4.	Beograd B ₂	0,22	0,18±0,06	<0,78	<0,04	<0,25
5.	Niš B ₁	0,05	0,04±0,01	<0,95	<0,02	<0,02
6.	Niš B ₂	0,92	0,84±0,04	<1,32	<0,04	<0,35
7.	Niš I ₁	0,96	0,87±0,07	<0,56	<0,06	<0,25
8.	Niš I ₂	0,68	0,58±0,09	<1,34	<0,10	<0,08
9.	Čačak B ₁	0,07	0,04±0,01	<3,34	<0,02	<0,03
10.	Kragujevac I ₁	0,94	0,83±0,05	<0,98	<0,03	<0,01
11.	Kragujevac B ₁	0,65	0,54±0,06	<0,34	<0,13	<0,33
12.	Smederevska Palanka B ₁	0,07	0,05±0,01	<0,54	<0,01	<0,02
13.	Smederevska Palanka I ₁	0,17	0,10±0,02	<0,67	<0,01	<0,07
14.	Paraćin B ₁	0,12	0,10±0,02	<1,43	<0,03	<0,07
15.	Paraćin B ₂	0,08	0,05±0,01	<2,54	<0,01	<0,02
16.	Paraćin I ₁	0,10	0,07±0,01	<5,32	<0,01	<0,01
17.	Ivanjica B ₁	0,08	0,05±0,01	<2,62	<0,02	<0,01
18.	Apatin B ₁	0,05	0,04±0,01	<2,43	<0,04	<0,03
19.	Apatin B ₂	0,13	0,10±0,02	<0,45	<0,04	<0,09
20.	Valjevo I ₁	0,08	0,05±0,01	<1,32	<0,06	<0,07
21.	Slankamen B ₁	0,33	0,27±0,03	0,62	<0,01	<0,10

Kod izvorskih voda najmanja UbA je 0,08 Bq/l kod uzorka 20 (Valjevo), a najveća 0,96 Bq/l kod uzorka 7 (Niš – izvor 1). Srednja Uba za sve izmerene izvorske vode je 0,44 Bq/l. Najmanja specifična aktivnost ^{40}K u izvorskim vodama je 0,05 Bq/l kod uzorka 20 (Valjevo), a najveća 0,87 Bq/l kod uzorka 7 (Niš – izvor 1). Srednja specifična aktivnost ^{40}K u izmerenim izvorskim vodama je 0,37 Bq/l. Najmanji udeo ^{40}K u UbA je 58,82% kod uzorka 13 (Smederevska Palanka), a najveći 90,62% kod uzorka 7 (Niš – izvor 1). Srednja vrednost udela ^{40}K u izmerenim bunarskim vodama je 81,10 posto.

Aktivnosti ostalih merenih radionuklida su ispod granice detekcije.

Radi preciznijeg određivanja porekla i odnosa radionuklida (alfa, beta i gama), potrebno je da se obave dodatna merenja, merenja ukupne alfa aktivnosti, alfaspektrometriju, radiohemijske separacije...

Zaključak / Conclusion

Izmerene aktivnosti radionuklida u 21 uzorku vode za piće (iz 10 mesta u Srbiji: 8 izvora i 13 bunara) u 2002. godini, zadovoljavaju zakonski kriterijum radiološke ispravnosti – (Sl. list SRJ 9/99).

Literatura / References

1. Komatina M.: Ekološke posledice rata na podzemne vode na teritoriji Republike Srpske, Ekologica, Ekološke posledice rata na životnu sredinu, 104, Teslić, 1997. -
2. Seman B.: Voda u opštenarodnoj odbrani, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd. -
3. Petrović B., Mitrović R.: Radijaciona higijena u biotehnologiji, Naučna knjiga, Beograd, 1991. -
4. ISO 9697 Water quality of gross beta activity in non-saline water. -
5. EG&G ORTEC OmnigamTM, Gamma-Ray Spectrym Analysis B30-BI Sotware Manual, 1991.

ENGLISH

RADIONUCLIDE CONTENT CONTROL IN DRINKING WATER

Ljiljana Jankovic, M. Misovic

The paper presents the results for total beta activity and gamma activity in 21 samples of drinking water from the territory of Serbia. The total beta activity was determined on a Low Level α/β Canberra counter, and the gamma activity on an HP Ge detector. The measured radionuclide activities in drinking water (springs and wells) in Serbia in the year 2002 meet the legal criteria for radionuclide safety.

Key words: water, radionuclides, beta and gamma activities

РУССКИЙ

КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Лиляна Янкович, М. Мишович

В работе показаны результаты совокупной бета активности и гамма активности в 23 образчика питьевой воды с территории Сербии. Совокупная бета активность определялась на Low Level α/β счётчике Canberra, а гамма активность на HPGe детекторе. Измеренные активности радионуклидов в питьевой воде (источники и колодцы) в Сербии в 2002 году находятся на уровне стоимости привычных для нашей подведомственной области.

Ключевые слова: вода, радионуклиды, бета и гамма активность

**JONIZUJUĆA ZRAČENJA I MEĐUNARODNI STANDARDI
BEZBEDNOSTI***
IONIZING RADIATION AND INTERNATIONAL SAFETY STANDARDS

R. Kljajić, R. Mitrović**

S obzirom na činjenicu da su jonizujuća zračenja prirodna i stalna odlika životne sredine, rizici povezani sa svim njihovim oblicima mogu da se ograniče, ali ne i potpuno da se eliminišu. Zbog toga je bitno da sve aktivnosti, koje uključuju izloženost zračenju, budu predmet određenih bezbednosnih standarda da bi se zaštitile osobe koje su izložene zračenju i da bi se sačuvala životna sredine. U tom smislu, većina razvijenih zemalja, u saradnji sa međunarodnim organizacijama pristupila je izgradnji integralnog sistema zaštite od zračenja i razvoju bezbednosnih standarda. U radu su razmatrani program i iskustva Evropske unije u ovoj oblasti.

Ključne reči: jonizujuća zračenja, standardi, bezbednost

Uvod / Introduction

Široka upotreba izvora jonizujućih zračenja u svim oblastima ljudske delatnosti nosi sa sobom i određeni rizik. Stoga, prihvatanje rizika od zračenja u društvu treba pravdati koristima koje pruža njegovo korišćenje. Međutim, ti rizici moraju da se ograniče. Potrebno je zaštititi se od njih primenom bezbednosnih standarda i njihovo usklađivanje na međunarodnom planu, odnosno izgraditi integralni sistem zaštite. Integralni sistem zaštite od zračenja podrazumeva izradu međunarodnih Osnovnih bezbednosnih standarda za zaštitu od jonizujućih zračenja i za bezbednost izvora zračenja sa ciljem da se utvrde osnovni zahtevi za zaštitu od rizika povezanog sa izlaganjem jonizujućim zračenjima i za bezbednost izvora zračenja, koji mogu da dovedu do te izloženosti.

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Rranko Kljajić, Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad; dr Radoslav Mitrović, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd

Osnove za izradu međunarodnih standarda /

Elements for creating international standards

Međunarodni standardi počivaju na informacijama izvedenim iz obimnog istraživanja i razvoja naučnih organizacija na nacionalnom i internacionalnom nivou, na dejstvu jonizujućih zračenja na zdravlje i tehnikama za bezbedan dizajn i funkcionisanje izvora zračenja i na iskustvu mnogih zemalja u korišćenju zračenja i nuklearnih tehnika. Naučni komitet za efekte atomske energije i zračenja pri Ujedinjenim nacijama (*UNSCEAR*), telo koje su UN osnovale 1955. godine, sastavlja, procenjuje i širi informacije o dejstvu zračenja na zdravlje i o nivou izloženosti zračenju iz različitih izvora. Navedene informacije služe kao osnova pri razvijanju Standarda bezbednosti.

Sledeći međunarodnu tradiciju, Standardi se, pre svega, zasnivaju na preporukama Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (*ICRP*). Osim toga, što se tiče bezbednosti, Standardi uzimaju u obzir principe koje preporučuje Međunarodna savetodavna grupa za nuklearnu bezbednost (*INSAG*), koja pod pokroviteljstvom Međunarodne agencije za atomsku energiju (*IAEA*) razvija koncepte za nuklearnu bezbednost od 1985. godine. Tako su, na primer, utvrđeni Osnovni bezbednosni principi za nuklearne elektrane, a mnogi od tih principa se odnose i na druge izvore zračenja i druge instalacije.

Kao izvorni materijal takođe su korišćeni Standardi, uputstva i preporuke drugih organizacija kao, na primer, oni koje je izdala zajednička *FAO/WHO Codex Alimentarius* komisija. Osim toga, u vezi sa nuklearnim elektranama i upravljanjem radioaktivnim otpadom Standardi su upućeni na *IAEA* Standarde za nuklearnu bezbednost (*NUSS*), kao i *IAEA* Standarde za upravljanje radioaktivnim otpadom (*RADVASS*).

Generalna politika i primena standarda /

General policy and implementation of standards

Generalna politika Standarda je da se specifikuju osnovni zahtevi za zaštitu ljudi i životne sredine od neprihvatljivog izlaganja zračenju, bez sprečavanja opravdanog korišćenja zračenja i nuklearnih tehnika. Sledeći ovu politiku, glavni cilj primene Standarda je da se spreče determinističke posledice zračenja i da se ograniči verovatnoća pojavljivanja stohastičkih posledica. To treba učiniti održavanjem očekivanih doza zračenja na nižem nivou od nivoa praga za determinističke posledice, ispod specifičnih limita doza i u svakom slučaju niske onoliko koliko se to razumno može da postigne pod uslovima koji u tom momentu vladaju, kao i ograničavanjem verovatnoće ozračenosti dozama jonizujućih zračenja usled potencijalne izloženosti do koje može, ali nije sigurno da će doći.

Čisto naučna razmatranja su, međutim, samo deo osnove za odluke u vezi sa zaštitom i bezbednošću, a Standardi implicitno podstiču donosiocima odluka da donose sudove zasnovane na ličnim merilima o relativnoj važnosti ra-

zličitih vrsta rizika i o ravnoteži rizika i koristi. Standardi ukazuju da je zračenje samo jedan od mnogih izvora rizika u životu i da rizike povezane sa zračenjem ne treba meriti samo u odnosu na korist, već ih posmatrati i u perspektivi sa rizicima iz drugih izvora.

Ljudske aktivnosti koje doprinose većoj izloženosti zračenju od one koju ljudi normalno primaju usled pozadinskog zračenja, ili povećavaju verovatnoću ozračivanja u Standardima nazivaju se „prakse ili postupci”, a ljudske aktivnosti koje traže da se smanji postojeća izloženost zračenju ili postojeća verovatnoća ozračivanja nazivaju se „intervencije”.

Standardi se primenjuju u početku i tokom postupaka koji sobom kao posledicu donose, ili bi mogli da donesu, izloženost zračenju, tako i za postojeće, de-fakto situacije, u kojima se izloženost zračenju ili njena verovatnoća mogu da smanje ili isključe pomoću neke intervencije.

Za „postupak”, mere za zaštitu od zračenja i bezbednost mogu da se donesu pre njegovog početka, a izloženost zračenju i njena verovatnoća mogu da se ograniče od početka.

U slučaju „intervencije”, okolnosti koje izazivaju izloženost zračenju ili njenu verovatnoću već postoje, a njihovo smanjenje može da se postigne samo posredstvom dodatnih ili zaštitnih akcija.

Postupci za koje su Standardi namenjeni uključuju aktivnosti koje obuhvataju korišćenje jonizujućih zračenja i radioaktivnih materija u istraživanju, industriji, medicini, poljoprivredi, proizvodnji električne energije preko nuklearne energije, uključujući i čitav niz delatnosti koje su s tim povezane, od iskopavanja radioaktivnih ruda do manipulacije nuklearnim reaktorima i objektima za nuklearno gorivo, kao i do upravljanja radioaktivnim otpadom, takođe aktivnosti kao što je iskopavanje uglja i fosfatnih i drugih minerala, koje može da poveća izloženost radioaktivnim materijama koje se prirodno javljaju.

Situacije koje mogu da zahtevaju intervenciju uključuju: hroničnu izloženost prirodnim izvorima zračenja, kao što je radon u prebivalištim, i radioaktivnim ostacima od prošlih aktivnosti i događaja, privremenu izloženost koja može da potiče od akcidenata ili nedostatka bezbednosti kod postojećih instalacija.

Praktično je izvesno da će do nekih izloženosti zračenju doći usled izvođenja „postupaka” i da će njihove magnitude biti predvidljive, čak i ako će do izvesnog stepena biti neizvesne: Standardi upućuju na te očekivane izloženosti kao na „normalne izloženosti”.

Takođe, mogu da se pretpostave scenariji izloženosti kod kojih je izloženost zračenju potencijalna i nije sigurno da će zaista do nje i da dođe. Takve neočekivane, ali moguće izloženosti nazivaju se „potencijalne izloženosti”.

Potencijalne izloženosti mogu da postanu stvarne izloženosti ako dođe do neočekivane situacije. To može da se desi kao posledica kvara na opremi, konstrukcionih ili operativnih grešaka ili nepredviđenih promena uslova životne sredine na mestu za odlaganje radioaktivnog otpada. Ako može da se

predvidi pojavljivanje tih događaja, može da se proceni verovatnoća njihovog pojavljivanja, kao i izloženost zračenju koja odatle proizlazi.

Mere koje Standardi preporučuju za kontrolu normalne izloženosti je restrikcija doza koje se oslobađaju. Mera za kontrolu potencijalne izloženosti je, pre svega, dobar projekat instalacija, opreme i operativnih postupaka. Te mere imaju za cilj da ograniče verovatnoću pojavljivanja događaja koji bi mogli da dovedu do neplanirane izloženosti i da redukuju magnitude izloženosti do koje može da dođe, ako bi se takvi događaji javili.

Za pojedince, relevantna izloženost zračenju koju pokrivaju Standardi obuhvata izloženost radnika na poslu, pacijenata pri medicinskom tretmanu i dijagnostici, kao i populacije u celini. Izloženosti se, prema tome, dele na tri tipa:

- „profesionalne izloženosti”, do kojih dolazi na poslu, i pre svega, kao rezultat rada,
- „medicinske izloženosti”, koje su u osnovi izloženosti pacijenata pri dijagnostici i tretmanu,
- „javne izloženosti”, koje uključuju sve ostale izloženosti.

Namera Standarda je da obuhvata sve ljude koji mogu da budu izloženi zračenju, uključujući i one iz budućih generacija na koje bi mogli štetno da deluju današnji postupci ili intervencije.

I ako su Standardi razvijeni samo za zaštitu ljudi, podrazumeva se da će standardi za zaštitu, koji su adekvatni za tu svrhu, obezbediti da nijedna druga vrsta ne bude ugrožena kao ni populacija u celini, čak ako pojedini primerici unutar vrste budu ozračeni.

Osnovni principi standarda / *Basic principles of standards*

Principi zaštite od zračenja i bezbednosti, na kojima su bazirani Standardi, su oni principi koje su razvili *ICRP* i *INSAG*:

1. Sigurno društvo treba da zna da reguliše stavove i ponašanje u skladu sa zaštitom i bezbednošću svih pojedinaca i organizacija koji su u kontaktu sa izvorima zračenja.

2. Lice legalno ovlašćeno da se angažuje u postupku koji uključuje izvor zračenja treba da snosi primarnu odgovornost za zaštitu i bezbednost. Ta osoba naročito treba da snosi primarnu odgovornost za ispunjavanje zahteva svih relevantnih standarda za zaštitu i bezbednost.

3. Postupak koji zahteva ili bi mogao da zahteva izloženost zračenju trebalo bi usvojiti jedino onda ako donosi dovoljno koristi izloženim pojedincima ili društvu da bi bio važniji od šteta koje prouzrokuje ili bi moglo da prouzrokuje zračenje, odnosno taj postupak mora da bude opravdan.

4. Pojedinačne doze usled kombinacije svih relevantnih postupaka ne bi trebalo da pređu specifikovane limite doza.

5. Izvore zračenja i instalacije treba opremiti najboljom mogućom zaštitom i merama bezbednosti u postojećim okolnostima, tako da magnitude i verovatnoća izloženosti i broja izloženih pojedinaca budu što manji i da se socijalni faktori uzmu u obzir i budu u granicama specifikovanih doza i rizika, odnosno zaštitu i bezbednost treba optimizovati.

6. Temeljne zaštitne mere treba ugraditi u projektne i operativne postupke za izvore zračenja da nadoknade potencijalne greške kod mera zaštite ili bezbednosti.

7. Zaštita i bezbednost treba da budu osigurani ispravnim rukovođenjem i inženjeringom, obezbeđivanjem kvaliteta, usavršavanjem i kvalifikovanjem osoblja, obuhvatnom procenom bezbednosti i saznanjima iz iskustva i istraživanja.

8. Izloženost zračenju usled izvora zračenja koji nisu deo „postupka” treba smanjiti intervencijom kada je to opravdano, a intervencione mere treba optimizovati. Moguće mere intervencije treba planirati u odnosu prema svim postupcima koji povećavaju potencijalni rizik od izloženosti koje bi mogle da zahtevaju intervenciju.

Neodvojiv deo ovih principa je generalni princip da postupci treba da sačuvaju prirodno stanje životne sredine.

Iako je najveći deo zahteva koje postavljaju Standardi kvalitativne prirode, Standardi takođe određuju kvantitativna ograničenja i preporučljive nivoe doza zračenja i specifičnih nivoa aktivnosti radionuklida. Ukupan uticaj izloženosti zračenju usled određenog postupka ili izvora zavisi od broja izloženih pojedinaca i doze koju prime. Kolektivna doza, koja se definiše kao zbir posledica prosečnih doza kod različitih grupa izloženih ljudi i broja pojedinaca u grupi, koristi se za karakterizaciju uticaja zračenja nekog postupka ili izvora.

Državni propisi i infrastruktura / *Review of major international regulatio*

Standardi imaju za cilj da postave zahteve licima koja su legalno ovlašćena da vode postupke koji dovode do izloženosti zračenju ili da intervenišu da se smanji postojeća izloženost. Te osobe snose primarnu odgovornost za primenu Standarda.

Vlada i državni organi, međutim, imaju odgovornost za uvođenje Standarda u praksu, najčešće preko regulatornog sistema koji uključuje i nadzorni sistem vlasti. Osim toga, vlade uglavnom obezbeđuju određene neophodne predušlove i infrastrukturne podloge za bezbednost od zračenja, kao i intervencije koje premašuju ili treba da dopune sposobnosti legalno ovlašćenih lica za vođenje postupaka.

Zbog toga se Standardi baziraju na pretpostavci da je nacionalna infrastruktura takva da ispunjava državnu odgovornost za zaštitu od zračenja i bezbednost.

Neophodni delovi nacionalne infrastrukture za zaštitu su:

- zakonodavstvo i propisi,
- nadzorna vlast ovlašćena da nadgleda i kontroliše regulisane aktivnosti i da primenjuje zakone i propise,
- dovoljno resursa i adekvatan broj obučenog osoblja.

U okviru nacionalne infrastrukture, odgovorne osobe, moraju da prave adekvatne aranžmane za obrazovanje i usavršavanje stručnjaka za zaštitu od zračenja i bezbednost, kao i za razmenu informacija između stručnjaka.

Slična odgovornost je i odgovarajući način informisanja javnosti, njenih predstavnika i informativnih medija o zdravstvenim i bezbedonosnim aspektima aktivnosti koje uključuju izloženost zračenju, kao i o regulativnim postupcima.

To obezbeđuje informaciju za politički proces postavljanja nacionalnih prioriteta i lociranje resursa za zaštitu i bezbednost, a takođe pomaže da se regulacioni proces učini razumljivijim.

Nacionalna infrastruktura treba takođe da obezbedi uređaje i usluge, koji su neophodni za odgovarajuću zaštitu od zračenja i bezbednost. Uređaji i usluge obuhvataju sredstva:

- potrebna za intervenciju,
- za ličnu dozimetriju i monitoring životne sredine,
- za kalibraciju i međusobno poređenje opreme za merenje zračenja.

Usluge mogu da obuhvate i obezbeđivanje centralnih registara evidencije profesionalne izloženosti, kao i informacije o pouzdanosti opreme. Obezbeđivanje takvih usluga na nacionalnom nivou ne umanjuje krajnju odgovornost za bezbednost od zračenja koju snose osobe ovlašćene da vode postupke.

Potpuno i tačno sprovođenje Standarda zahteva da nacionalne vlade odrede **NADZORNI ORGAN KOJI REGULIŠE UVOĐENJE I VOĐENJE SVIH POSTUPAKA KOJI UKLJUČUJU IZVORE ZRAČENJA.**

Takav nadzorni organ treba da poseduje:

- dovoljno ovlašćenja i resursa za efikasno regulisanje zaštite,
- njegove odluke treba da budu nezavisne od svih vladinih ministarstava i društava koji su odgovorni za uvođenje i razvoj postupaka koji se nadziru.

Nadzorna vlast-organ, takođe treba da bude nezavisna:

- od onih koji obavljaju registraciju,
- onih koji imaju odobrenja vlasti,
- kao i od projekatara i konstruktora izvora zračenja koji se koriste u postupku.

Razdvajanje odgovornosti između nadzorne vlasti i svih drugih strana treba da je jasno, tako da lica koja obavljaju nadzor zadrže nezavisnost presude i odluke kao bezbednosne vlasti.

STANDARDI SU SASTAVLJENI SA PRETPOSTAVKOM DA JE JEDAN NADLEŽNI ORGAN ODGOVORAN ZA SVE ASPEKTE ZAŠTITE OD ZRAČENJA I BEZBEDNOSTI U ZEMLJI.

Tip nadzornog sistema prihvaćenog u nekoj zemlji zavisiće od obima, kompleksnosti i bezbednosnih implikacija postupka i izvora koji se nadziru, kao i od tradicije nadzora u zemlji.

Osnovne funkcije nadzornih organa uključuju:

- procenu molbi za dozvolu za vođenje postupaka koji iziskuju ili bi mogli da iziskuju izlaganje zračenju,
- davanje dozvola za takve postupke i izvore povezane sa njima u zavisnosti od određenih specifičnih uslova,
- periodičnu inspekciju za saglasnost sa uslovima,
- primenu svih neophodnih akcija za obezbeđivanje saglasnosti sa propisima i standardima.

U tu svrhu, potrebni su mehanizmi za notifikaciju, registraciju i licenciranje izvora unutar postupka, sa odredbom za isključenje ili oslobađanje izvora ili postupaka od nadzornih zahteva pod određenim okolnostima.

Odredba je takođe potrebna za nadgledanje, monitoring, pregled, verifikaciju i inspekciju izvora, kao i za obezbeđivanje postojanja adekvatnih planova za akcidentalne situacije izazvane zračenjem i obavljanje hitnih intervencija. Trebalo bi proceniti efikasnost mera za zaštitu od zračenja i bezbednost za svaki odobren izvor, kao i ukupni potencijalni uticaj svih odobrenih izvora na zdravlje i životnu sredinu.

Ovlašćenja inspektora nadzorne vlasti treba da budu dobro definisana i treba sačuvati doslednost primene, sa mogućnošću žalbe onih koji su odgovorni za izvore. Direktive inspektorima i nadziranim licima treba da budu jasne. Nadzorne vlasti treba nekad da obezbede uputstva kako određeni nadzorni zahtevi treba da se ispune za različite postupke, na primer, u dokumentima nadzornih direktiva. Trebalo bi negovati otvorenost i kooperaciju između nadziranih lica i inspektora, što uključuje olakšavanje pristupa inspektorima do objekata i do informacija.

Dodatna odgovornost nadzorne vlasti je da na sve uključene strane prenese kulturu bezbednosti koja uključuje: individualno i kolektivno angažovanje radnika, rukovodstva i inspektora radi bezbednosti, odgovornost svih pojedinaca, za zaštitu i bezbednost, uključujući pojedince na korporativnom i upravljačkom nivou i mere koje podstiču postavljanje pitanja i izgradnju stavova, a odvrćaju od samozadovoljstva. Nadležna vlast i nadzirana lica treba da podnesu odgovarajući

izveštaj o generalnom iskustvu i novim kretanjima u zaštiti od zračenja i bezbednosti izvora.

Zaključak / Conclusion

Standardi podrazumevaju da osnovni zahtevi za zaštitu od zračenja i za bezbednost izvora zračenja budu sprovedeni u svim aktivnostima koje uključuju izloženost zračenju. Zahtevi imaju snagu koja je izvedena iz statutarne odredbe međunarodnih organizacija. Oni ne zahtevaju da države budu obavezne da usklade svoje zakonodavstvo sa njima, niti imaju nameru da zamene odredbe nacionalnih zakona ili propisa ili standarde koji su na snazi. Njihov cilj je da služe kao praktičan vodič za državnu vlast i službe, zaposlene radnike, lica za specijalizovanu zaštitu od zračenja, preduzeća i odbore za bezbednost i zdravlje.

Zahtevi sadržani u standardima postavljaju osnovne principe i ukazuju na različite aspekte koje treba da obuhvati efikasan program zaštite od zračenja. Oni ne moraju da se primenjuju takvi kakvi jesu u svim zemljama i područjima, ali ih treba interpretirati tako da se uzimaju u obzir lokalne situacije, tehnički resursi i uređaji, faktori koji će odrediti potencijal primene.

Standardi obuhvataju širok dijapazon postupaka i izvora koji izazivaju ili mogu da izazovu izloženost zračenju, i zbog toga su mnogi zahtevi formulisani opštim rečima. Sledi da se svaki zahtev može da ispunjava različito za različite tipove postupaka i izvora, prema prirodi operacija i potencijalu izloženosti. Neće svaki zahtev da važi za svaki postupak ili svaki izvor, i na odgovarajućoj nadzornoj vlasti je da odredi koji od zahteva je primenljiv u svakom pojedinačnom slučaju.

U cilju stvaranja uslova za unapređenje sistema zaštite od zračenja na nivou naše države i uključivanja u međunarodne tokove bilo bi neophodno osnovati Agenciju za zaštitu od zračenja i bezbednost izvora koja bi organizovala efikasan i jedinstven sistem uz doslednu primenu ovih međunarodnih standarda.

Pregled važnijih međunarodnih propisa / Review of major international regulations

a) Međunarodne konvencije / International conventions

1. The Vienna Convention (21 May 1963) on Civil Liability for Nuclear Damage and Joint Protocol on the Application of the Vienna Convention and of the Paris Convention.
2. Protocol on the Amendment of the Vienna Convention (1963) on Civil Liability for Nuclear Damage.
3. The Vienna Convention on Physical Protection of Nuclear Materials (1979).
4. Convention on Operative Information about Nuclear Accident (1986).
5. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management (signed on 30 September 1997).

6. Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage (signed on 30 September 1997).

b) Regulativa Evropske unije / *European Union regulation*

1. Radiation protection provisions of the Euratom Treaty

- Commission Recommendation of 26 July 1991 on the application of the third and fourth paragraphs of Article 33 of the Euratom Treaty.
- Commission Recommendation of 6 December 1999 on the application of Article 37 of the Euratom Treaty.
- Commission Recommendation of 8 June 2000 on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole.

2. Basic Safety Standards

- Council Directive of 15 July 1980 amending the Directives laying down the basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
- Council Directive of 3 September 1984 amending Directive 80/836/EURATOM as regards the basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
- Communication from the Commission concerning the implementation of Council Directives 80/836/EURATOM and 84/467/EURATOM of 3 September 1984 amending Directive 80/836/EURATOM.
- Council Directive of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
- Communication from the Commission concerning the implementation of Council Directive 96/29/Euratom.

3. Radiation Protection in the medical field

- Council Directive of 3 September 1984 laying down basic measures for the radiation protection of persons undergoing medical examination or treatment.
- Council Directive of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/EURATOM. (OJ L-180 of 09/07/97 page 22) ** repealed with effect from 13 May 2000 and replaced by Council Directive 97/43/Euratom

4. Radon

- Commission Recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon.

5. Information

- Council Decision of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency.
- Council Directive of 27 November 1989 on informing the general public about health protection measures to be applied and steps to be taken in the event of a radiological emergency.
- Commission Communication on the implementation of Council Directive 89/618/EURATOM.

6. Contamination of foodstuffs and feedingstuffs

6.1. Post-Chernobyl

- Council Regulation of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station.
- Council Regulation of 20 March 2000 amending Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
- Commission Regulation of 24 July 2000 establishing a list of products excluded from the application of Council Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
- Commission Regulation of 27 July 1999 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station.
- Commission Regulation of 24 July 2000 amending Regulation (EC) No 1661/1999 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.

6.2. Future accidents

- Council Regulation of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
- Council Regulation of 18 July 1989 amending Regulation 87/3954/EURATOM laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.

- Commission Regulation of 29 March 1990 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
- Commission Regulation of 12 April 1989 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination in minor foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
- Council Regulation of 18 July 1989 on the special conditions for exporting foodstuffs and feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.

ENGLISH

IONIZING RADIATION AND INTERNATIONAL SAFETY STANDARDS

R. Kljajic, R. Mitrovic

Having in mind the fact that ionizing radiation is a natural and constant characteristic of the environment, the connected risks in all their forms can be limited, but never quite eliminated. That is why it is necessary that all activities which include exposure to radiation be a subject of certain safety standards in order to protect persons exposed to radiation and to protect the environment. In that sense, most developed countries, in cooperation with international organizations, have started constructing an integral system of protection from radiation and developing safety standards. The paper considers the program and experience of the European Union in this area.

Key words: Ionizing radiation, standards, safety

РУССКИЙ

ЙОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРДТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Р. Кляич, Р. Митрович

Учитывая на факт, что йонизирующие излучения природные и постоянные отличия жизненной среды, риски, связанные со всеми их формами могут ограничиться, но не и вполне элиминировать. Вследствие этого существенно, что все активности, включающие подверженность излучению, будут предмет определённых безопасных стандартов, чтобы защитились особи, подвергнутые излучению и чтобы сохранились жизненная среда. В этом смысле большинство развитых стран в сотрудничестве с международными организациями приступило к стойке интегральной системы защиты от излучения и развитию безопасных стандартов. В работе рассмотрены программа и опыты Европейской Унии в этой области.

Ключевые слова: йонизирующие излучения, стандарты, безопасность

PRIMENA HACCP SISTEMA U RADIJACIONO-HIGIJENSKOM NADZORU BIOTEHNIČKE PROIZVODNJE*

IMPLEMENTATION OF HACCP SYSTEM IN RADIATION-HYGIENE SUPERVISION OF BIOTECHNICAL PRODUCTION

R. Mitrović, M. Vićentijević, R. Kljajić**

Prezentiran je instruktivno-informativni koncept sa odgovorima i objašnjenjima koja će biti od koristi širem krugu interesenata koji će se najdirektnije uključivati u aktivnosti uvođenja, ili uvida, HACCP sistema u radijaciono-higijenskoj kontroli biotehnologije. Pojmovi sadržani u ovom radu daju odgovore na osnovna pitanja: a) definicija HACCP sistema; b) radijacione HACCP definicije; i c) principi radijacionog HACCP sistema; d) analiza radijacione opasnosti; e) određivanje radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka; f) radijaciono kritične i operativne granice; g) nadzor radijaciono kritičnih granica; h) korektivne radijacione mere; i) sistem čuvanja radijacionih zapisa; j) verifikacija radijacionog HACCP sistema.

Ključne reči: radijacija, hrana, kvalitet, HACCP sistem

Uvod / Introduction

Relevantni subjekti SR Jugoslavije u oblasti radijacione zaštite biotehnologije podržali su 1994. godine stav da „**međugranično kretanje radioaktivnog otpada niskog nivoa radioaktivnosti spada u okvir Bazelske konvencije**”. Ovakav stav zasnovan je na činjenicama da su registrovani pokušaji da se kroz vid „*humanitarne pomoći*” u našu zemlju ubaci radioaktivni otpad kroz neke specifične proizvode kao što su: neprana vuna, mleko u prahu, riblje brašno i druge sekundarne sirovine životinjskog i biljnog porekla koje su namenjene za proizvodnju stočne hrane, zatim veštačka đubriva, građevinski materijali i drugi pred-

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Dr Radosav Mitrović, naučni savetnik, mr Mihajlo Vićentijević, istraživač saradnik, Naučni institut za veterinarstvo Srbije, Beograd; dr Ranko Kljajić, naučni savetnik, Naučni institut za veterinarstvo „Novi Sad”, Novi Sad

meti opšte upotrebe. Najverovatnije da će se takvim pokušajima, koji su obeležili poslednju deceniju prošlog veka (1990-2000) nastaviti i u budućnosti.

Na osnovu prethodno rečenog, imajući u vidu i osnovne postulate radijacione higijene i zaštite biotehnologije, moraju da se imaju u vidu sledeće nesumnjivosti:

- Ubacivanjem radioaktivnog otpada u vidu niskih nivoa aktivnosti biološki značajnih radionuklida fisionog porekla (^{134}Cs , ^{137}Cs i drugi), koji se unose u lanac hrane i stočarsku proizvodnju (kao dominantnu kariku lanca hrane), ugrožava se dozvoljeni nivo aktivnosti navedenih radionuklida u namirnicama životinjskog porekla (meso, mleko i njihovi proizvodi, kao i drugi predmeti veterinarsko-sanitarnog nadzora), što povećava radijacioni rizik potrošača, odnosno humane populacije u celini.

- Ne treba se saglasiti sa stavom IAEA (Međunarodna agencija za atomsku energiju), da „**zbog toga što su dobijeni individualni i kolektivni ekvivalenti efektivnih doza tako niski da ti nivoi nisu signifikantni za svrhu zaštite od jonizujućeg zračenja**”. Ovo neslaganje zasniva se na opštim principima radijacione biologije i zaštite, kao i na ALARA principu, a takva načela je upravo i donela IAEA. Šire elaboriranje ovog problema izlazi iz okvira koncepta na kojem je baziran ovaj rad.

Konačno, stav IAEA bi mogao i da se toleriše ako bi u jednoj poslovnoj godini postojao samo jedan slučaj radioaktivnih rezidua fisionog porekla u lancu hrane, ali ako su ti slučajevi neminovni zbog evidentnog prisustva proizvedenih radionuklida u biosferi, to već predstavlja ozbiljan radijacioni rizik za humanu populaciju.

- Neophodno je postojanje oštre radijacione kontrole u graničnom prometu da bi se sprečila mogućnost unošenja radioaktivnih rezidua fisionog porekla u lanac hrane preko predmeta veterinarsko-sanitarnog i fito-sanitarnog nadzora.

U svetu i kod nas urađene su mnogobrojne studije o radijaciono-higijenskom kvalitetu i zdravstvenoj ispravnosti namirnica u širem smislu reči i stepenu njihove radioaktivne kontaminacije u kojim su izučavani izvori i putevi transfera radionuklida, način njihovog dospevanja i migracije, kao i njihov sadržaj u proizvodima biotehnologije. Iz ovih izučavanja proizašle su mere radijacione higijene i zaštite biotehnologije koje treba preduzimati u procesu proizvodnje, maksimalno dozvoljene granice za pojedine radionuklide, postupci i metode praćenja radiokontaminata u pojedinim karikama, kao i osnovni elementi za zakonodavnu regulativu u oblasti ograničavanja ili zabrane upotrebe radijaciono-higijenski neodgovarajućih sirovina i postupaka u procesu proizvodnje hrane.

Početkom devedesetih godina prošlog veka u široku primenu je ušao preventivni radijaciono-higijenski prilaz koji se koristi u proizvodnji hrane, kao sistem osiguranja radijacionog kvaliteta i zdravstvene ispravnosti hrane. Ovaj koncept, poznat pod imenom **Sistem analize opasnosti i kritičnih kontrolnih tačaka**, razvijen je još 1959. godine za potrebe svemirskih istraživanja, a u

praktičnu primenu kao integrisani sistem u procesu proizvodnje namirnica od **polja i farme do trpeze** u većini zapadnih zemalja uvodi se od 1991. godine.

Definicija HACCP sistema / Definition of the HACCP system

Akronim HACCP predstavlja skraćenicu engleskih reči **Hazard Analysis and Critical Control Point**, koja može da se prevede kao **analiza opasnosti i kritične kontrolne tačke**.

Pojedinačna objašnjenja ovih engleskih reči su:

Hazard = *ugrožavanje, opasnost*.....po zdravlje,
Analysis = *analiza, ispitivanje*.....ugroženost,
Critical = *kritički, odlučujuće*.....za savlađivanje,
Control = *kontrola*.....uslova,
Point = *tačka, mesto, korak*..... tačka, mesto, korak.

Prema Zakonu o zdravstvenoj ispravnosti životnih namirnica i predmeta opšte upotrebe (*Sl. list SFRJ br. 53/91*) pod zdravstvenom ispravnošću se podrazumeva „*higijenska ispravnost namirnica i ispravnost njihovog sastava u pogledu energetske, gradivne i zaštitne materije koje imaju uticaj na biološku vrednost namirnica*”. Član 5. navedenog Zakona definiše u 8 tačaka slučajeve kada se smatra da su namirnice higijenski neispravne, odnosno tačkom 7 da su namirnice radijaciono-higijenski neispravne „**ako sadrže radionuklide iznad određene granice ili su ozračene iznad granice određene propisima**” [14].

Dakle, radi se o sistemu koji je baziran na preventivnom delovanju u cilju obezbeđenja proizvodnje i distribucije zdravstveno ispravnih namirnica. Preventivno delovanje se sastoji u proceni rizika od pojave opasnosti koje mogu da se pojave u hrani ili u njenom procesu proizvodnje i distribucije i definisanju mera prevencije pomoću kojih se taj rizik odražava u kontrolisanim uslovima [1].

Sa aspekta radijacione higijene i zaštite biotehnologije u HACCP sistemu se identifikuju i prate konkretne opasnosti od radionuklida koji su prisutni u prehrambenim proizvodima, a koji mogu da izazovu negativne posledice po zdravlje potrošača [12].

HACCP sistem u radijaciono-higijenskoj kontroli je specifičan kontrolni postupak u određenoj fazi nastajanja proizvoda koji ima za cilj garantovanje radijacione bezbednosti potrošača. To je zapravo sistem za radijacionu prevenciju, kao i uspostavljanje kontrolnih radijacionih merenja, baziranih na naučnim saznanjima o proizvodu i procesu. Ovaj sistem omogućava proizvođačima hrane da predvide potencijalne probleme vezane za radijacionu bezbednost hrane i da preduzmu potrebne mere pre nego što situacija izmakne kontroli i preraste u problem [13].

Primena HACCP definicija u radijaciono-higijenskoj kontroli /
Implementation of HACCP definitions in radiation-hygiene control

Radijaciono kritična kontrolna tačka – svaka tačka, faza ili postupak koji može radijaciono-higijenski da se kontroliše da bi se opasnost po radijacionu bezbednost hrane sprečila, eliminisala ili svela na prihvatljiv nivo.

Radijaciono kritična granica – maksimalna i/ili minimalna vrednost u kojoj se radijacioni parametri mogu da kontrolišu u *radijaciono kritičnoj kontrolnoj tački* u cilju eliminisanja ili smanjenja na prihvatljiv nivo moguće pojave radijacione opasnosti po zdravstvenu ispravnost hrane.

Radijacioni HACCP plan – pisani dokument zasnovan na principima HACCP-a koji opisuje procedure radijaciono-higijenske kontrole po kojima treba postupiti da bi se održao pod radijacionom kontrolom određeni postupak ili proces.

Radijaciona opasnost – predstavlja fizičko-hemijsku karakteristiku koja može da uzrokuje da hrana bude radijaciono nebezbedna za potrošnju, odnosno zdravstveno neispravna.

Radijaciono-higijenski nadzor – predstavlja sprovođenje planirane radijaciono-higijenske kontrole radi utvrđivanja *radijaciono kritičnih granica* da bi se ustanovilo da li je *radijaciono kritična kontrolna tačka* pod radijaciono-higijenskim nadzorom i da bi se napravio tačan zapis koji će da se koristi pri verifikaciji.

Radijaciono preventivna mera – predstavlja postupak kojim bi se kontrolisala identifikovana radijaciona opasnost po zdravlje, odnosno svaka akcija pomoću koje se izuzima, odstranjuje, eliminiše ili smanjuje radijacioni rizik i sprečava ponovno radijaciono zagađivanje primenom odgovarajućih efektivnih mera.

Radijaciona verifikacija – korišćenje metoda, postupaka i testova koji se dodatno upotrebljavaju za utvrđivanje da je primenjeni sistem HACCP usaglašen sa *radijacionim HACCP planom*.

Radijaciono odstupanje – predstavlja nepoštovanje *radijacionih kritičnih granica*.

Radijaciona korektivna mera – predstavlja akcije koje se sprovode kada se pojave *radijaciona odstupanja*.

Radijaciono prihvatljiv nivo – predstavlja prisustvo radijacione opasnosti kod koje ne postoji verovatnoća da će se izazvati neprihvatljiv radijacioni rizik za zdravlje.

Radijaciono kontrolna tačka – svaka tačka, faza ili postupak u kome mogu da se kontrolišu radionuklidi i njihov uticaj.

Radijacioni rizik - procenjena verovatnoća pojavljivanja *radijacione opasnosti*.

Kategorija radijacionog rizika – jedna od kategorija *radijacionog rizika* određena na osnovu radijaciono nebezbedne hrane.

Radijaciono osetljivi sastojak – svaki sastojak za koji se zna da uzrokuje ili doprinosi proizvodnji potencijalno radijaciono-higijenski opasne hrane.

Radijaciono-higijenska kontrola – upravljanje uslovima rada u cilju održavanja usaglašenosti sa uspostavljenim radijacionim kriterijumima, odnosno stanje u okviru koga se sprovode odgovarajući radijaciono-higijenski postupci i zadovoljavaju postavljeni radijacioni kriterijumi.

Stablo odlučivanja o radijacionim kritičnim kontrolnim tačkama – predstavlja niz pitanja pomoću kojih se utvrđuje da li je neka tačka radijaciono kontrolna tačka i radijaciono kritična kontrolna tačka.

Radijacioni HACCP tim – tim ljudi odgovornih za izradu radijacionog HACCP plana.

Radijacioni ciljni nivoi – radijacioni kriterijumi koji su mnogo strožiji od radijaciono kritičnih granica, koje koristi operater da smanji radijacioni rizik, odnosno radijaciono odstupanje.

Radijacioni HACCP sistem – rezultat primene radijacionog HACCP plana.

Analiza radijacione opasnosti – proces sakupljanja i evaluacija informacija o radijacionom riziku povezanim sa hranom radi određivanja njegove značajnosti i evidencije u radijacionom HACCP planu.

Životne namirnice – podrazumevaju sve što se upotrebljava za hranu ili piće u prerađenom ili neprerađenom stanju (*Sl. list SFRJ, br. 53/91*).

Radijaciono-higijenski neispravna namirnica – podrazumeva namirnice, odnosno predmete opšte upotrebe, koje sadrže radionuklide iznad određene granice ili su ozračene iznad granice određene propisima.

Upravljanje radijacionim rizikom – sistematska primena politike upravljanja, procedura i prakse za analizu, evaluaciju, kontrolu i izveštavanje o radijacionom riziku.

Principi HACCP sistema u radijaciono-higijenskoj kontroli / *Principles of HACCP system in radiation-hygiene control*

Radijacioni HACCP sistem je rezultat primene radijacionog HACCP plana koji omogućava identifikaciju specifične radijacione opasnosti i preventivne mere radijacione zaštite, što je zasnovano na sedam principa [4]:

1. princip – Identifikovati potencijalne radijacione opasnosti vezane za proizvodnju hrane u svim fazama, od njenog nastanka kao sirovine, prerađivanja, proizvodnje i distribucije, do njene potrošnje. Oceniti mogućnosti pojavljivanja radijacione opasnosti i identifikovati preventivne mere radijacione zaštite kroz stalni radijaciono-higijenski nadzor.

2. princip – Odrediti korake, tačke/postupke/operacije koji mogu da budu pod radijaciono-higijenskom kontrolom kako bi se eliminisala ili smanjila

moгуćnost uticaja – *radijaciono kritična kontrolna tačka*. **Korak** predstavlja neko stanje u procesu proizvodnje hrane i/ili proizvodnje uključujući sirovine, njihove recepture i/ili proizvodnju, žetvu, transportovanje, preradu, skladištenje i slično.

3. princip – Uspostaviti *radijacione ciljne nivoe* i tolerancije koje moraju da budu takve da osiguraju da su *radijaciono kritične kontrolne tačke* pod nadzorom.

4. princip – Uspostaviti sistem *radijaciono-higijenskog nadzora* kako bi se osigurale *radijaciono kritične kontrolne tačke* planiranim testiranjem postupkom radiometrije.

5. princip – Uspostaviti *radijacione korektivne mere* koje će se sprovesti kad *radijaciono-higijenska kontrola* pokaže da određena *radijaciono kritična kontrolna tačka* nije pod *radijaciono-higijenskim nadzorom*.

6. princip – Uspostaviti procedure za *radijacionu verifikaciju*, koje uključuju dodatne testove i procedure, kao potvrde da *radijacioni HACCP sistem* radi efektivno.

7. princip – Uspostaviti dokumentaciju, sve radijacione procedure i zapise koji se odnose na ove principe i njihovu primenu.

Komitet za higijenu hrane Sjedinjenih Američkih Država, u svom dokumentu „Codex Committee on Food Hygiene” - Aneks B, dao je principe HACCP-a i objašnjenja za njihovu primenu, ali i neophodnost obrazovanja i osposobljavanja radnog osoblja za primenu ovih principa kao važnog elementa HACCP sistema [2].

Dakle, veoma je važno da svaka organizacija napravi odgovarajuće programe i sprovede obuku, ne samo članova HACCP tima, nego i svih zaposlenih. Pri tome je pored interne obuke važno da se uključe i eksterni stručnjaci koji poznaju pojedinačne uzročnike zdravstvene neispravnosti namirnica (biološke, hemijske, fizičko-hemijske, higijenske i slično), naravno u domenu definisanih osnovnih principa HACCP-a za dati uzročnik kao što je, na primer, slučaj sa radijacionim HACCP sistemom, o čemu i govori ovaj rad [3].

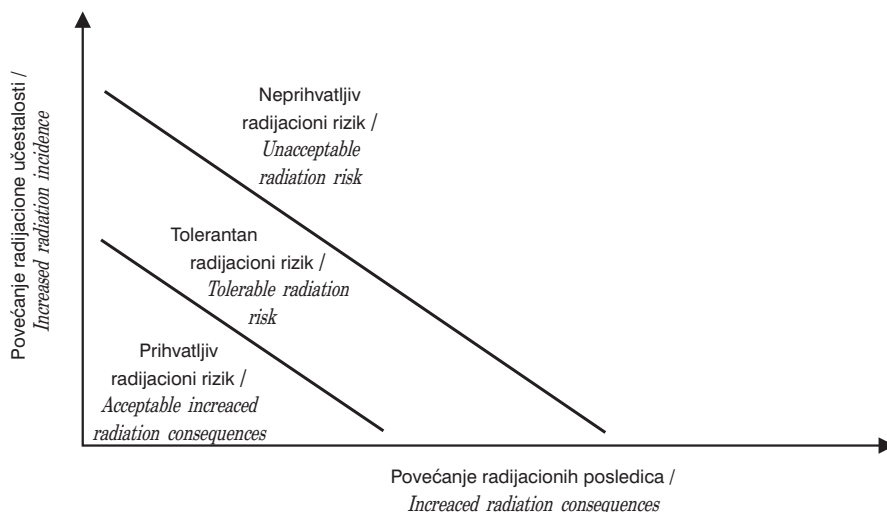
Analiza radijacione opasnosti / Analysis of radiation hazard

Po definiciji *radijaciona opasnost* predstavlja fizičko-hemijsku karakteristiku radionuklida koji zbog nedostatka radijaciono-higijenske kontrole mogu da uzrokuju da hrana bude radijaciono nebezbedna za potrošnju, odnosno zdravstveno neispravna, što može sa razumnom verovatnoćom da prouzrokuje radijacione bolesti ili povrede potrošača. Iz rečenog proizilazi da se radijaciona opasnost ograničava na radijacionu bezbednost hrane [15].

U ovoj analizi važno je da se napravi razlika između terminološke odrednice *radijaciona opasnost* i termina *radijacioni rizik*. Naime, po definiciji *radijacioni rizik* je procenjena verovatnoća pojave *radijacione opasnosti*, odnosno verovatnoću i jačinu nepovoljnih uticaja radijacione opasnosti u hrani po zdravlje

potrošača. Pri uspostavljanju *radijaciono-higijenske kontrole* hrane, važno je da se ima u vidu povezanost *radijacione opasnosti* i *radijacionog rizika*. Smanjenjem radijacione opasnosti u hrani smanjuje se nivo radijacionog rizika po zdravlje potrošača.

Radijaciona opasnost po radijacionu bezbednost hrane može samo u idealnim slučajevima da se eliminiše, dok se u stvarnosti sprečava ili svodi na *radijaciono prihvatljivi nivo*. Pri tome, nije definisan pojam *prihvatljiv radijacioni rizik*, bar ne za radijacionu opasnost, odnosno radijacionu bezbednost hrane, tako da to mora da uradi svaka organizacija za svoje proizvodne procese. Procena da li je uspostavljeni radijacioni rizik i prihvatljiv radijacioni rizik zavisi u mnogome od suda i iskustva tima za radijacioni HACCP sistem [11].



Slika 1. Prihvatanje radijacionog rizika u zavisnosti od učestalosti i posledica radijacionog rizika /

Figure 1. Acceptance of radiation risk depending on its incidence and consequences

Analiza radijacione opasnosti i identifikacija radijacionih kontrolnih mera ima tri cilja, a to su:

1. identifikacija radijacione opasnosti i radijacionih kontrolnih mera;
2. identifikacija potreba za izmenama proizvoda ili procesa kako bi se unapred osigurala ili poboljšala radijaciona sigurnost;
3. stvaranje osnove za određivanje *radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka* u drugom principu.

Analiza radijacione opasnosti mora da se uradi za sve postojeće i nove proizvode i tipove procesa, a preispita pri bilo kojoj izmeni sirovina, recep-

ture, pripreme, prerade, pakovanja, distribucije ili promene namene korišćenja proizvoda. Ovu analizu izvodi tim za radijacioni HACCP sistem [10].

Analiza radijacione opasnosti je ključ za pripremu efektivnog *radijacionog HACCP plana*. Ukoliko se ona ne uradi korektno i ako se radijaciona opasnost ne identifikuje kako treba, kasnije ne može da se uradi adekvatan *radijacioni HACCP plan*.

Sam proces analize radijacione opasnosti izvodi se u dva koraka, kao:

1. identifikacija radijacione opasnosti i
2. evaluacija radijacione opasnosti.

Određivanje kritičnih kontrolnih tačaka u radijaciono-higijenskoj kontroli / *Determination of critical control points in radiation-hygiene control*

Po definiciji *radijaciono kritična kontrolna tačka* je svaka tačka, faza ili postupak u procesu proizvodnje i distribucije hrane koji može radijaciono-higijenski da se kontroliše da bi se opasnost po radijacionu bezbednost hrane sprečila, eliminisala ili svela na prihvatljiv nivo. Izostanak određivanja kompletnih i tačnih *radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka* kao osnove za radijaciono-higijensku kontrolu hrane može da prouzrokuje neprihvatljiv zdravstveni rizik.

Radijaciono kritična kontrolna tačka može da se javi u svakoj tački ili fazi u procesu pripreme, proizvodnje i distribucije hrane, gde radijaciona opasnost po hranu mora da se smanji na *radijaciono prihvatljivi nivo*, otkloni ili spreči.

Pri određivanju *radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka* važno je da se zna da u procesima proizvodnje i distribucije hrane postoji niz *radijaciono kontrolnih tačaka* u kojima se kontrolišu radionuklidi, ali u kojima ne postoji opasnost po radijaciono-higijensku ispravnost hrane i te tačke nisu *radijaciono kritične kontrolne tačke*. Od svih tih *radijaciono kontrolnih tačaka* samo neke od njih su i *radijaciono kritične kontrolne tačke*.

Za određivanje *radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka* u praksi se najčešće koristi tehnika koja se zove *stablo odlučivanja* [9]. Pri korišćenju ove tehnike za postavljanje *stabla odlučivanja o radijacionim kritičnim kontrolnim tačkama* važno je pridržavati se navedenih preporuka:

1. Stablo odlučivanja o radijacionim kritičnim kontrolnim tačkama koristiti posle analize radijacione opasnosti;
2. Stablo odlučivanja o radijacionim kritičnim kontrolnim tačkama koristiti samo u koracima u procesima koji su identifikovani tokom analize radijacione opasnosti;
3. Odgovarajući korak u procesu može da bude mnogo efikasniji za radijaciono-higijensku kontrolu;
4. Za kontrolu radijacione opasnosti može da se uključi više koraka u procesu, a koji mogu da se obuhvate specifičnim radijacionim kontrolnim merama.

Kritične i operative granice u radijaciono-higijenskoj kontroli / *Critical and operative limits in radiation-hygiene control*

Po definiciji, *radijaciono kritična granica* je maksimalna i/ili minimalna vrednost u kojoj se radijacioni parametri mogu da kontrolišu u *radijaciono kritičnoj kontrolnoj tački* radi eliminisanja ili smanjenja na prihvatljiv nivo moguće pojave radijacione opasnosti po zdravstvenu ispravnost hrane.

Definisanje *radijaciono kritičnih granica* odvija se u dve faze, kao:

1. identifikacija kritičnih faktora koji su povezani sa datom *radijaciono kritičnom kontrolnom tačkom* i

2. utvrđivanje *radijaciono kritičnih granica* za identifikovane faktore.

Kritični faktori povezani sa *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama* su oni faktori čija nezadovoljavajuća radijaciono-higijenska kontrola može da dovede do radijacionog rizika po radijacionu bezbednost hrane. U jednoj *radijaciono kritičnoj kontrolnoj tački* može da bude više kritičnih faktora, tako da je važno da i međudejstvo ovih faktora bude pod radijacionom kontrolom. Da bi se odredilo ovo međudejstvo, potrebno je da se obavi matematičko modeliranje procesa, što je prilično složena tehnika.

Pri utvrđivanju kritičnih faktora preporučuje se korišćenje različitih izvora informacija kao, na primer, pomoć eksternih eksperata u oblasti radijacione higijene i zaštite i konsultanata za proces. Takođe je važno da se koristi naučna i stručna literatura, eksperimentalne studije, međunarodni i nacionalni propisi i preporuke i slično [8].

Pri definisanju radijaciono kritičnih granica potrebno je da se dobije odgovor na pitanje *pri kojoj vrednosti kritičnog faktora on predstavlja radijacioni rizik po radijacionu bezbednost hrane?* Da bi se dobio odgovor na ovo pitanje, potrebno je da se sakupe informacije iz sličnih izvora, kao i pri identifikovanju kritičnih faktora.

U praksi se postavljaju radijacione granice za kritične radijacione parametre koje je potrebno kontrolisati i reagovati pre nego što se probiju radijaciono kritične granice. Te radijacione granice se nazivaju *radne* ili *operative radijacione granice*.

Ovde je važno da se napomene da se *radijaciono kritične granice* često razlikuju od *operativnih radijacionih granica*. Stoga, stalno treba imati u vidu da je *radijaciono kritična granica*, granica izvan koje hrana postaje radijaciono rizična po zdravlje.

Operativne radijacione granice su često restriktivnije od *radijaciono kritičnih granica*, odnosno postavljaju se tako da se dostignu pre nego što se naruše *radijaciono kritične granice*.

U praksi je važno da se proces podesi kada se pređu *operative radijacione granice*. Takve operacije se zovu *podešavanje procesa*. Ovo podešavanje procesa je značajno da bi se sprečio gubitak radijacione kontrole nad procesom.

U slučaju da praćeni radijacioni parametri dostignu vrednost koja je izvan *radijaciono kritičnih granica*, takvo odstupanje se naziva *kritično radijaciono*

odstupanje i tada je potrebno da se utvrde uzroci i sprovedu *radijacione korektivne mere* (5. *princip* radijacionog HACCP sistema).

Nadzor kritičnih granica u radijaciono-higijenskoj kontroli / *Monitoring of critical limits in radiation-hygiene control*

Za termin *nadzor* (eng. monitoring) postoji više definicija, od kojih je najpogodnija definicija data za nadzor radijaciono kritičnih granica kao *planirani redosled posmatranja ili merenja radijacionih kritičnih granica osmišljen u cilju formiranja tačnih zapisa i osiguranja da radijaciono kritična granica sačuva radijacionu bezbednost proizvoda*. U okviru radijacionog HACCP sistema radijacioni nadzor je definisan kao *proveravanje da je proizvodnja ili postupak rukovanja u radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama pod radijaciono-higijenskom kontrolom*.

U procesu nadzora važno je odgovoriti na sledeća pitanja: *šta se nadzire?, zašto se nadzire?, kako se ostvaruje nadzor?, gde se obavlja nadzor?, ko obavlja nadzor?, i kada se obavlja nadzor* [5]?

Tri važna razloga nadzora radijacionih kritičnih granica su:

1. osiguranje proizvodnje radijaciono bezbedne hrane,
2. utvrđivanje da li je došlo do gubitka radijacione kontrole u *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama*, tj. da li je došlo do prekoračenja *radijacionih kritičnih granica*, i
3. osiguranje formiranja tačnih zapisa radi verifikacije *radijacionog HACCP plana*.

Na taj način radijaciono-higijenski nadzor omogućava da se preventivno deluje na smanjenje gubitaka zbog radijacionog odstupanja u procesu proizvodnje i distribucije hrane, a takođe da se utvrde koreni uzroka radijacionih problema pri gubitku kontrole nad *radijaciono kritičnim granicama*.

Pri radijaciono-higijenskom nadzoru radijaciono kritičnih granica potrebno je da se na adekvatan način sakupe podaci, tzv. tehnikom *sakupljanja podataka* koja se ubraja u grupu *sedam alata* za upravljanje radijacionim kvalitetom.

Sakupljeni podaci se koriste kasnije za analizu različitim statističkim tehnikama kao što su *pareto analiza, dijagram korelacije, kontrolne karte* i drugo.

Osnovni principi pri sakupljanju podataka glase:

1. Ne sakupljaj podatke bez uređenog beleženja,
2. Ne beleži podatke ako nećeš da ih analiziraš,
3. Ne analiziraj podatke ako nećeš da preduzmeš akciju.

Podaci treba da budu: *tačni, relevantni, ažurni i adekvatno prikazani*.

U postupku sakupljanja podataka potrebno je da se izvede više koraka i to: *identifikovati podatke, definisati frekvenciju sakupljanja podataka, kreirati formular za sakupljanje podataka, sakupiti podatke, popuniti formular za sakupljanje podataka, prikazati podatke na adekvatan način*.

Korektivne mere u radijaciono-higijenskoj kontroli /

Corrective measures in radiation-hygiene control

Radijacioni HACCP sistem je preventivni radijacioni sistem kome je osnovni cilj sprečavanje pojave radijacione opasnosti po radijacionu bezbednost hrane, odnosno sprečavanje pojava radijacionog odstupanja ili problema. Međutim, u praksi iz različitih razloga, a prvenstveno zbog nemogućnosti potpune radijaciono-higijenske kontrole radijaciono kritičnih tačaka, dolazi do pojavljivanja radijacionog odstupanja [6].

Osnovni cilj radijacionog HACCP sistema je da se što više smanji broj radijacionih odstupanja, a krajnji cilj je *nulta radijaciona greška (zero radiation defect)*.

Korektivna radijaciona mera je definisana kao *radijaciona mera za otklanjanje uzroka otkrivene radijacione neusaglašenosti*. Pri tome je radijaciona neusaglašenost definisana kao *neispunjenost radijacionog zahteva*. Korektivna radijaciona mera ili korektivna radijaciona akcija može da se definiše i kao *postupak koji sledi kada se dogodi radijaciono odstupanje*. Ovde je važno da se napravi razlika između korektivne radijacione mere i radijacione korekcije ili radijacione ispravke. Radijaciona korekcija je definisana kao *radijaciona mera preduzeta da bi se odstranila otkrivena radijaciona neusaglašenost*. Prema tome, razlika između radijacione korekcije i radijacione korektivne mere je u tome što se radijacionim korektivnim merama otklanja koren uzroka radijacionog problema, a radijacionim korekcijama se rešava radijacioni problem, ali se ne uklanja uzrok radijacionog problema. U smernicama za primenu radijacionog HACCP sistema, radijaciona korektivna mera je definisana kao *bilo koja radijaciona mera koju treba preduzeti kada rezultati radijaciono-higijenskog nadzora pokažu gubitak radijacione kontrole u radijaciono kritičnoj tački*. Ovaj gubitak radijacione kontrole je povezan sa radijacionim odstupanjem od radijaciono kritičnih kontrolnih granica u *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama*. Na taj način, pojam *radijaciona kontrolna mera* u radijacionom HACCP sistemu obuhvata i pojmove *radijaciona korekcija* i *radijaciona korektivna mera* koji su različito definisani u sistemu radijacionog kvaliteta. Pod pojmom *radijaciono odstupanje* u radijacionom HACCP sistemu se podrazumeva probijanje radijacionih kritičnih kontrolnih tačaka.

Za svako radijaciono odstupanje u praksi moraju da se preduzmu radijacione mere kojima se radijaciono neusaglašeni proizvod drži pod radijaciono-higijenskom kontrolom i kojima se koriguje uzrok radijacione neusaglašenosti.

U praksi, do pojave radijacione neusaglašenosti proizvoda, tj. proizvoda koji ne ispunjava specificirane radijaciono-higijenske zahteve u pogledu radijacione bezbednosti, dolazi iz dva razloga:

1. kada *radijaciono kritična kontrolna tačka* nije pod radijacionom kontrolom, tj. kada vrednosti radijacionih parametara procesa pređu radijaciono kritične granice i

2. kada su vrednosti radijacionih parametara procesa u definisanim radijaciono kritičnim granicama, ali pri tome radijacioni rizik po zdravlje potrošača nije sveden na prihvatljiv radijacioni nivo.

Postupak kontrole radijacionog odstupanja u *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama* sastoji se od tri faze i to:

1. identifikacija radijacionog odstupanja,
2. izolovanje radijaciono neusaglašenog proizvoda, tj. proizvoda koji je proizveden u uslovima probijanja radijaciono kritičnih kontrolnih granica,
3. evaluacija neusaglašenog proizvoda.

Proizvodi nastali u uslovima gubitka radijaciono-higijenske kontrole nad *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama* moraju da budu izolovani i jasno obeleženi. Za sve radijaciono neusaglašene proizvode radi se njihova evaluacija, tj. određuje se potencijalna radijaciona opasnost, što uključuje uzorkovanje i radijaciono-higijensko ispitivanje i donošenje odluka o daljem postupanju sa tim proizvodom. Pri tome treba naglasiti da radijaciono neusaglašen proizvod ne sme da bude pušten u dalji proces sve dok se ne utvrdi da ne postoje potencijalne radijacione opasnosti.

Sistem čuvanja zapisa u radijaciono-higijenskoj kontroli / *System of preserving records in radiation-hygiene control*

Prema definiciji *radijacioni zapis* je dokument kojim se iskazuje dobijeni radijacioni rezultat ili daju dokazi o izvršenim radijaciono-higijenskim aktivnostima.

Radijacione zapise je potrebno čuvati radi dokumentovanja radijacionog HACCP plana, s obzirom da on uključuje dokumentaciju vezanu za sve *radijaciono kritične kontrolne tačke*. Radijacioni zapisi moraju da budu dostupni kako inspekciji, tako i osoblju unutar organizacije, rukovodstvu, radijacionom HACCP timu, internim proverivačima i slično.

Važno je naglasiti da radijaciona sigurnost proizvoda, a time i zdravlje i radijaciona bezbednost potrošača zavise od ove dokumentacije, tako da je čuvanje i održavanje radijacionih zapisa važno kako za potrošača, tako i za samu organizaciju preko smanjenja odgovornosti za proizvod [7].

Radijacioni zapisi vezani za radijacioni HACCP sistem mogu da se podelu u četiri grupe, i to:

1. radijacioni zapisi o određivanju *radijaciono kritičnih kontrolnih tačaka*,
2. radijacioni zapisi o određivanju i nadzoru radijacionih kritičnih granica i radijacionim korektivnim merama, i
3. radijacioni zapisi o vrednovanju i izmeni radijacionih HACCP planova.

Čuvanje radijacionih zapisa je mehanizam koji omogućuje da se prati istorijat performansi radijacione opreme, kao i preduzimanje radijacionih korektivnih mera u slučaju odstupanja od radijacionih kritičnih granica.

Verifikacija HACCP sistema u radijaciono-higijenskoj kontroli / *Verification of the radiation system HACCP in radiation-hygiene control*

Termin verifikacija je definisan kao *potvrđivanje pružanjem objektivnog dokaza da su ispunjeni specifični radijacioni zahtevi*, pri čemu je objektivni dokaz definisan kao *podaci koji potvrđuju postojanje ili istinitost nečega*. U smernicama radijacionog kodeksa, verifikacija je definisana kao *primena radijacionih metoda, procedura, ispitivanja i drugih evaluacija kao dodatak radijaciono-higijenskom nadzoru radi određivanja radijacione usaglašenosti sa radijacionim HACCP planom*. Verifikacija i metode provere, procedure i ispitivanja, uključujući i slučajno uzorkovanje i analize, mogu da se koriste radi utvrđivanja korektnosti funkcionisanja radijacionog HACCP sistema.

Sama verifikacija radijacionog HACCP sistema sastoji se od četiri postupka, a to su:

1. validacija radijacionog HACCP plana,
2. interne provere (audit) radijacionog HACCP sistema,
3. kalibracija radiometrijske opreme, i
4. ciljno uzorkovanje i radijaciono-higijensko ispitivanje uzoraka proizvoda.

Verifikacija radijacionog HACCP sistema se izvodi prema prethodno definisanom rasporedu radijacionog HACCP plana ili kada postoje pokazatelji da se radijaciona bezbednost proizvoda može da promeni. Ti pokazatelji mogu da uključuje:

1. zapažanje da *radijaciono kritične kontrolne tačke* nisu unutar *kritičnih granica*,
2. radijacioni zapis o nekonzistentnom radijacionom nadzoru nad *radijaciono kritičnim kontrolnim tačkama*,
3. reklamacije potrošača ili vraćanje proizvoda,
4. nova naučna saznanja iz oblasti radijacione higijene i zaštite biotehnologije.

Učestalost verifikacije radijacionog HACCP sistema može da se menja zavisno od radijacionih pokazatelja o tome da li je proces pod stalnom radijaciono-higijenskom kontrolom ili ne.

Zapisi o verifikaciji radijacionog HACCP sistema treba da budu dokumentovani u radijacionom HACCP planu, pri čemu treba imati u vidu da on obuhvati, između ostalog, radiometrijske metode, podatke, odgovornosti i preduzete radijacione mere ili njihove rezultate.

Zaključak / Conclusion

Na početku novog milenijuma široko je prisutna svest da radijaciona opasnost po zdravlje humane populacije dolazi putem lanca ishrane, u kome na različite i mnogostruke načine postoji mogućnost radioaktivne kontaminacije koja može da se prenese i na konačan proizvod. Očigledno je da se radijacioni rizik po zdravlje može najefikasnije da smanji ako su tačke radijacione opasnosti identifikovane i ako je radijacioni rizik u svakoj od njih smanjen primenom adekvatnih mera radijaciono-higijenske kontrole i zaštite.

Nova filozofija u inspekciji hrane koja se razvija u Evropskoj uniji zasniva se na samokontroli. Prihvaćeno je da je u najboljem interesu proizvođača hrane da preduzme i primeni sve neophodne mere za obezbeđenje zdravstvene ispravnosti i kvaliteta hrane do nivoa potrošača. Stoga, imajući u vidu uvodno izlaganje, od samih proizvođača se očekuje da obrate posebnu pažnju na problem *radijacione higijene i zaštite* i koristeći proaktivnu, u ovom radu izloženu, sistematsku radijacionu metodologiju obezbede da gotov proizvod bude pouzdanog prethodno utvrđenog radijaciono-higijenskog kvaliteta i nivoa zdravstvene ispravnosti.

Primenom radijacionog HACCP sistema obezbediće se da se u proizvodnom sistemu sve akcije odvijaju na transparentno jasan i dokumentovan način, čime se obezbeđuje sticanje poverenja potrošača, i ono što je posebno i najvažnije mogućnost dobijanja zvaničnog radijacionog sertifikata o radijaciono-higijenskim uslovima proizvodnje i gotovog proizvoda.

Literatura / References

1. Aćamović N., Kljajić R.: Razvoj sistema analize opasnosti i kritične kontrolne tačke (HACCP) u proizvodnji hrane. Monografija, Naučni institut za veterinarstvo, Novi Sad, 2003. - 2. Codex Alimentarius Food Hygiene Basic Text – Food and Agricultural Organization of the United Nations – World Health Organization, Rome, 1997. - 3. Commission of the European Communities: *White paper on food safety*, COM (1999) 719 final. Brussels, 12 January 2000. - 4. Food Safety Issues: *HACCP - Introducing the Hazard Analysis and Critical Control Point System*. Food Safety Unit - Programme of Food Safety and Food Aid, WHO/FSF/FOS/97.2, World Health Organization, 1997. - 5. Kljajić R., Mašić Z., Katić V., Stojanović L.: *Primena analize rizika u kontroli namirnica životinjskog porekla*. 12. savetovanje veterinara Srbije, Vrnjačka Banja, 2000., Zbornik radova i kratkih sadržaja, 169-178, Urednik Z. Aleksić, Srpsko veterinarsko društvo, Beograd, 2000. - 6. Kljajić R.: Međunarodni standardi i bezbednost hrane. Zdrastvenao bezbedna hrana, Eko-konferencija 2002, 25-28 septembar, 301-306, Novi Sad, Ekološki pokret Grada Novog Sada, 2002. - 7. Kljajić R., Ušćebrka G., Žikić D.: *Regulativa EU u oblasti zdravstvene zaštite stočarske proizvodnje*. Savremena poljoprivreda, 51, 3-4, 257-260, Novi Sad, 2002. - 8. Kljajić R., Ušćebrka G.: *Standardization and Quality in the Production of the Health-Safe Foodstuffs of Animal Origin*. IV International Congress, May 29-31, 2002, Total Quality Management, 30, 3-4, 127-130, (CD-ROM), Yugoslav Union for Standards and Quality, Belgrade, 2002. - 9. Kljajić R., Nedić D., Aćamović N., Vidić B., Petrović J.: Integrisani sistemi za bezbednost hrane, 9. savetovanje veterinara Republike Srpske, Teslić, 2003. Veterinarski žurnal Republike Srpske, III, 1-2, 50-57, 2003. - 10. Kljajić R., Vidić B., Petrović J.: Standardi za bezbednost hrane. Savremeni trendovi u mlekarstvu, Simpozijum mlekarske industrije Srbije i Crne Gore, 7-11. maj, Zlatibor, 6-10, Beograd, Zajednica stočarstva, 2003. - 11. Kljajić R., Živkov-Baloš

M., Petrović J., Rackov O.: HACCP sistem i bezbednost hrane za životinje. Bezbednost i kvalitet, X simpozijum tehnologije stočne hrane sa međunarodnim učešćem, 56-64, Vrnjačka banja, 19-23. oktobar, 2003., Novi Sad, Tehnološki fakultet, 2003. - 12. Morrison R. M., Buzby J. C., Lin C.-T. J.: Irradiating ground beef to enhance food safety. Food Review, 20, 33-35, 1997. - 13. Pczczola D. E.: Irradiated produce reaches Midwest market. Food Technologies, 45, 5, 89-92, 1992. - 14. Zakon o zdravstvenoj ispravnosti životnih namirnica i predmeta opšte upotrebe, Sl. list SFRJ br. 53/91. - 15. WHO: „Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food”. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 1994.

ENGLISH

IMPLEMENTATION OF HACCP SYSTEM IN RADIATION-HYGIENE SUPERVISION OF BIOTECHNICAL PRODUCTION

R. Mitrovic, M. Vicentijevic, R. Kljajic

The paper presents a concept for instruction and information, with answers and explanations which will be useful to a wider circle of interested parties that will most directly be engaged in activities concerning the introduction of, or insight into the HACCP system in radiation-hygiene control in the area of biotechnology. The terms contained in this paper provide answers to the basic questions: a) the definition of the HACCP system; b) radiation definitions of HACCP; and c) principles of the radiation system HACCP; d) analysis of radiation hazard; e) determining critical control points in radiation; f) critical and operative limits in radiation; g) monitoring critical limits in radiation; h) corrective radiation measures; i) system of preserving radiation records; j) verification of the radiation system HACCP.

Key words: radiation, food, quality, HACCP system

РУССКИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ HACCP СИСТЕМЫ В РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОМ НАДЗОРЕ БИОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Р. Митрович, М. Вичентиевич, Р. Кляич

Презентован инструктивно-информативный концепт с ответами и объяснениями, которые будут от пользы более широком круге заинтересованных лиц, которые будут наиболее прямо включать в активности введения, или осмотра, HACCP системы в радиационно-гигиеническом контроле биотехнологии. Понятия, со-держанные в этой работе дают ответы на основные вопросы: а) дефиниция HACCP системы; б) радиационные HACCP дефиниции; в) принципы радиационной HACCP системы; г) анализ радиационной опасности; д) определение радиационно критических контрольных точек; е) радиационно критические и оперативные границы; ж) надзор радиационно критических границ; з) коррективные радиационные меры; и) система хранения радиационных записок; й) проверка удостоверения радиационной HACCP системы.

Ключевые слова: даиация, корм, качество, HACCP системы

RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA POVRŠINA EMULZIJOM ZA DEKONTAMINACIJU*

RADIOLOGICAL DECONTAMINATION OF SURFACES USING DECONTAMINATION EMULSION

Verica Mladenović, Slavica Ivković, B. Ceković**

Ispitivana je efikasnost univerzalne emulzije ED-1 za RHB dekontaminaciju u radiološkoj dekontaminaciji starih i novih metalnih površina kontaminisanih fisionim proizvodima i uranovim izotopima. Ispitivanja su obavljena u realnim uslovima primene. Razmatran je mehanizam radiološke, hemijske i biološke dekontaminacije ispitivanim emulzionim sistemom.

Emulzija je pokazala visoku efikasnost u dekontaminaciji novih metalnih površina i oštećene metalne površine kontaminisane uranovim izotopima. Zaostala površinska kontaminacija je ispod dozvoljenih nivoa. Moguće je da se niža efikasnost u dekontaminaciji starih metalnih površina kontaminisanih Cs-137 i J-131 poboljša višekratnom dekontaminacijom.

Ključne reči: radioaktivna kontaminacija, fisioni proizvodi, uran, dekontaminacija, emulzija, stepen dekontaminacije

Uvod / Introduction

Opasnost od radioaktivne kontaminacije je stalno prisutna, s obzirom na postojanje nuklearnih energetske postrojenja, primenu nuklearne energije u industrijske i medicinske svrhe, kao i upotrebu radiološkog oružja u terorističkim akcijama i ratnim dejstvima. Štetne posledice kontaminacije mogu sasvim da se izbegnu ili ublaže odgovarajućom i brzo izvedenom dekontaminacijom. U službi tog osnovnog cilja su i istraživanja na novim sredstvima za dekontaminaciju kao što je emulzija ED-1 koja se, uz određene modifikacije sastava, može da upotrebi za sva tri tipa dekontaminacije – radiološku, hemijsku i biološku.

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Verica Mladenović, dipl. fiz. hem., mr Slavica Ivković, dipl. fiz. hem., mr Boban Ceković, dipl. ing. Vojnotehnički institut Vojske Srbije i Crne Gore, Beograd

Radioaktivna kontaminacija predstavlja nepoželjno prisustvo radioaktivnih materija u količinama koje mogu da budu štetne po zdravlje i opasne po život ljudi. Kontaminacija nastaje taloženjem radioaktivnih supstancija na površinama različitih materijala. Može da bude prenosna i manje ili više fiksirana za podlogu u zavisnosti od fizičko-hemijskih karakteristika kontaminanta i površine i uslova u kojima je nastala kontaminacija [1].

Radiološka dekontaminacija je postupak uklanjanja radioaktivnih supstancija sa kontaminisanih površina. Da bi se dekontaminisala neka površina potrebno je da se u sistem dovede dovoljna količina hemijske, termičke, mehaničke ili električne energije da se razori veza između kontaminanta i površine. Izbor metode dekontaminacije zavisi od prirode kontaminacije (vrsta kontaminanta, agregatno stanje, naelektrisanje, uslovi u kojima je nastala kontaminacija) i od fizičko-hemijskih karakteristika kontaminisane površine [2]. Metoda se bira i po principu ekonomičnosti. Skuplje metode se koriste tek ako zaostala kontaminacija, posle primene jeftinijih metoda, nije ispod dozvoljenog nivoa.

U formacijskim sredstvima za dekontaminaciju (namenska sredstva trenutno u opremi Vojske), kao materija za radiološku dekontaminaciju tehničkih sredstava, objekata i saobraćajnica u upotrebi je 0,5 do 1 posto vodeni rastvor deterdženta DV-90, za hemijsku dekontaminaciju 5 % vodeni rastvor kaporita (kalcijum hipohlorit), a za biološku 0,5 % rastvor kaporita [3].

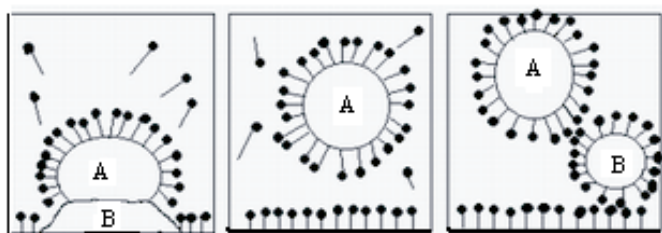
I pored postojanja efikasnih materija za dekontaminaciju u svetu i kod nas se neprekidno radi na iznalaženju novih materija za dekontaminaciju koje bi bile efikasnije, univerzalnije i ekonomičnije, a uz što manje ugrožavanje životne sredine njihovom primenom [4, 5].

Imajući u vidu stanje opremljenosti u stranim armijama i metodologiju dekontaminacije, nametala se potreba za optimizacijom primene hipohloritnih rastvora sa stanovišta poboljšanja efikasnosti, ekonomičnije primene kaporita i unificiranja dekontaminacionih rastvora i postupaka njihove primene. Takođe, unificiranjem recepture za radiološku, hemijsku i biološku dekontaminaciju težilo se postizanju i ekonomskog efekta. Rezultat takvih razmatranja je bio razvoj emulzije za dekontaminaciju ED-1.

Emulzije za dekontaminaciju pod oznakom ED-1 namenjena je kao univerzalno sredstvo za sva tri tipa dekontaminacije, pri čemu se emulzija formira neposredno pre primene dodavanjem određene količine komponenata u vodu. Dekontaminacija se obavlja nanošenjem emulzije na kontaminisanu površinu koncentričnim ili raspršenim mlazom, u zavisnosti od tipa kontaminacije, iz uređaja za dekontaminaciju. Emulzija se sastoji od sledećih komponenata: 2 % kalcijum hipohlorit, 1 % tetrahloretilen i 0,5 % emulgator meriten FN-10 (alkilfenol polietilenglikolov etar).

Mehanizam radiološke dekontaminacije površina emulzijom za dekontaminaciju sastoji se od većeg broja međusobno povezanih fizičko-hemijskih procesa: kvašenja, peptizacije, emulgovanja i stabilizacije čestica u rastvoru posle njihovog uklanjanja sa površine. Organski rastvarač tetrahloretilen rastvara-

njem nečistoća sa površine, najčešće masnoće, uklanja i radioaktivne čestice koje se na njoj nalaze. Površinski aktivna materija, alkilfenol polietilenglikolov etar, svojim hidrofobnim delom molekula se, u prvom stupnju, adsorbuje na čestici nečistoće (slika 1, B) na kojoj se nalazi radioaktivni kontaminant (slika 1, A). U drugom stadijumu hidrofilni deo okružuju molekuli vode i pod delovanjem potisnih sila i mehaničkog delovanja, čestica nečistoće se odvaja od površine i povlači u rastvor, a sa njom i radioaktivna čestica. U trećem stadijumu čestice kontaminanta i nečistoće se zadržavaju u rastvoru [1, 6, 7].



Slika 1. Shematski prikaz delovanja površinski aktivne materije /
Figure 1. Schematic presentation of the effect of surface active matter

Hemijski mehanizam radiološke dekontaminacije najčešće je potpomognut odgovarajućim toplotnim i mehaničkim delovanjem (zagrejeni rastvori, tuš, četke, povećan pritisak tečnosti), što doprinosi efikasnosti celokupnog procesa.

Mehanizam hemijske dekontaminacije emulzijom za dekontaminaciju se zasniva na heterogenom reakcionom sistemu u kome se jedan reaktant nalazi u jednoj, a drugi u drugoj tečnoj fazi koja je u obliku sitnih kapi dispergovana u prvoj fazi i stabilizovana dodatkom emulgatora. Kao reakcioni sistem znatno se češće koriste emulzije prvog reda, odnosno emulzije tipa ulje u vodi (u/v). Efikasnost dejstva emulzije ED-1 pri hemijskoj dekontaminaciji se povećava prisustvom organske faze koja bolje rastvara visokotoksične materije organskog porekla, uz istovremeno odvijanje hemijskih reakcija na granici faza, što predstavlja znatno veću kontaktnu površinu. U nekim drugim emulzionim sistemima [5] postoji i mogućnost uvođenja aktivnog centra (hipohloritnog jona) u organsku fazu dejstvom kopovršinski aktivnih materija. U tom slučaju odvija se kataliza na granici faza (phase transfer catalysis - PTC). Međutim, u slučaju, emulzije ED-1, na osnovu uticaja faktora raspodele između faza, koncentracije hipohlorita u vodenoj fazi i učešća emulgatora na brzinu razgradnje, kao i odsustva uticaja PTC-katalizatora na brzinu razgradnje visoko toksičnih materija, dokazano je da se osnovna reakcija odvija u vodenoj fazi difundovanjem visokotoksične materije iz organske faze, pri čemu su zastupljene reakcije hidrolize, katalize hidrolize, oksidovanja i eliminacije [4, 5].

Mehanizam biološke dekontaminacije primenom emulzije ED-1 predstavlja zbirno dejstvo oksidansa, organskog rastvarača i bazne sredine koji uzrokuju gubitak celovitosti primarne strukture belančevina, denaturacije belančevina i destabilizacije koloidne strukture belančevina mikroorganizama. Samim tim, emulzija može da se koristi za uklanjanje biološke kontaminacije svih bioloških agenasa sa proteinskom strukturom (bakterije, virusi...) uključujući i mikroorganizme sposobne da obrazuju sporogene oblike sa visokom otpornošću na uticaje spoljašnje sredine[8].

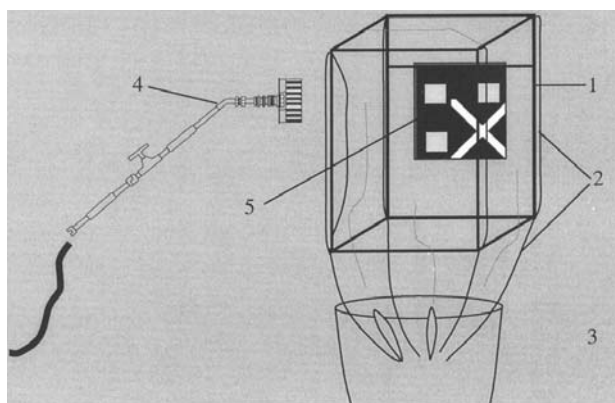
Emulzija je ispitivana na efikasnost dekontaminacije prema sve tri vrste kontaminanata (R, H, B), u realnim uslovima primene.

U radu su dati rezultati ispitivanja emulzije ED-1 na efikasnost dekontaminacije prema R kontaminantima. Efikasnost dekontaminacije je određivana posle kontaminacije novih i oštećenih metalnih površina fisionim proizvodima i uranovim izotopima.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Ispitivanje efikasnosti prototipa emulzije ED-1 u realnim uslovima primene odvijalo se na poligonu uz visok stepen zaštite ljudi i okolnog prostora od R kontaminacije. U tom cilju ispitivanja su obavljana u izolovanom prostoru – manjoj komori, pravljenoj namenski. Sav radioaktivni otpad, tečni i čvrsti, skupljen je i trajno zbrinut. Samo ispitivanje se sastojalo iz nekoliko segmenata: izrada komore za dekontaminaciju, kontaminacija površina odabranim izotopima, merenje nane-te površinske kontaminacije, dekontaminacija, merenje zaostale površinske kontaminacije i određivanje efikasnosti dekontaminacije.

Komora za dekontaminaciju (slika 2) napravljena je od metalne konstrukcije (1) i zaštićena PVC folijom (2) tako da je dekontaminacioni rastvor



Slika 2. Komora za dekontaminaciju /
Figure 2. Decontamination chamber

skupljan u plastičnom buretu ispod komore (3). Sa prednje strane je napravljen razrez kroz koji je ubacivana četka za dekontaminaciju (4). Na samoj četki se nalazi otvor kroz koji izlazi, pod određenim pritiskom, emulzija za dekontaminaciju. Metalne ploče predviđene za dekontaminaciju (5) bile su dimenzija 33x30 cm. Kao stare ploče su tretirane ploče izrezane sa vozila starih deset i više godina.

Kontaminacija je obavljena radioizotopima joda ($I-131$), cezijuma ($Cs-137$) i smešom izotopa urana ($U-238$, $U-235$) iz vodenog rastvora. Jod i cezijum su odabrani kao kratkoživeći i dugoživeći β , γ radionuklid sa značajnom zastupljenošću u fisionoj smeši. Uran je odabran kao α kontaminant (sa pratećim sopstvenim γ zračenjem i β , γ zračenjem potomaka) zbog aktuelnosti ove vrste kontaminacije koja nastaje neposredno posle primene municije sa osiromašenim uranom. U tabeli 1 date su osnovne radiološke karakteristike kontaminanata.

Tabela 1. Radiološke karakteristike korišćenih radioizotopa /
Table 1. Radiological characteristics of used radioisotopes

Izotop / Isotope	Tip raspada / Type of degradation	Vreme poluraspada / Time of half-life	Fisioni prinos / Fission yield (%)
$I-131$	β , γ	8 dana	2,875
$Cs-137$, $Ba-137m$	β^- , γ	30 dana 2,5 min	6,136
$U-238$	α	$4,49 \cdot 10^9$ godina	–
$U-235$	α	$7,1 \cdot 10^8$ godina	–

Kontaminacija rastvorima R kontaminanata je obavljena dan ranije nakapavanjem 1 ml rastvora na označene kvadratne površine (tri kvadrata 9x9 cm) na metalnim pločama. Rastvori kontaminanata su iz penicilinskih bočica uzimani i raspoređivani ravnomerno, u sitnim kapima, po ploči medicinskim špricima. Zapreminske aktivnosti rastvora ($I-131$ i $Cs-137$), određivane su gama spektrometrijski, a zapreminska α aktivnost rastvora urana je dobijena proračunom na osnovu odmerene količine uranil nitrata, $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ i podataka o specifičnoj masenoj α aktivnosti urana.

Aktivnosti rastvora sa kojima je obavljena kontaminacija prikazane su u tabeli 2. U tabeli su date i početne površinske aktivnosti na pločama, kao i granice dozvoljenih površinskih aktivnosti za α , odnosno β , γ kontaminante (Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije, Sl. list SRJ br. 9 od 19. 2. 1999).

Merenje površinske kontaminacije je obavljeno prenosnim meračem zračenja KOMO-TN (proizvodnja INN „Vinča”), koji je namenjen merenju jačine ekspozicione doze gama zračenja u vazduhu i merenju kontaminacije površina β i β , γ radionuklidima. Kod kontaminacije uranom merena je β aktivnost potomaka koja je u korelaciji sa odgovarajućom α aktivnosti urana. Kalibracijom je, za sva tri

radionuklida, uspostavljena korelacija između brzine brojanja i površinske aktivnosti.

Dekontaminacija je obavljena formacijskim sredstvom za dekontaminaciju, autocisternom ACD M-78 za koju je predviđen utrošak rastvora od 2 l/m² (što za ploču od 0,1 m² iznosi oko 0,2 l). Ova količina rastvora je dovoljna kada se dekontaminacija obavlja slobodnim i širokim zamahom četke preko kontaminisane površine. Pri dekontaminaciji u komori to nije bio slučaj, pa je utrošak tečnosti za dekontaminaciju bio veći, oko 1 litar za 6 s koliko je trajala dekontaminacija. Posle završene dekontaminacije ploče su vađene iz komore i merena je zaostala površinska kontaminacija. Svaka površina je merena dva puta tako da je početna i zaostala površinska aktivnost data kao srednja vrednost šest merenja.

Kao merilo efikasnosti dekontaminacije dat je stepen dekontaminacije (α), koji predstavlja odnos skinute i početne aktivnosti, izražen u procentima $\%(\alpha) = A_0 - A / A_0 \times 100$.

Rezultati rada i diskusija / Results and discussion

Početne zapreminske aktivnosti rastvora korišćenih za kontaminaciju starih i novih metalnih površina date su u tabeli 2. Takođe su date odgovarajuće vrednosti nanete površinske kontaminacije i dozvoljeni granični nivoi, kao i njima odgovarajuće brzine brojanja.

Tabela 2. Specifične aktivnosti korišćenih rastvora, površinska kontaminacija ploča u odgovarajući odziv instrumenta

Table 2. Specific activities of used solutions, surface contamination of plates and corresponding reaction of instrument

Radioizotop / Radioisotope	Aktivnost rastvora / Solution activity (Bq/ml)	Površinska aktivnost / Surface activity (Bq/cm ³)	Brzina brojanja / Counting speed (imp/s)	Granična vrednost / Limit value (Bq/cm ²)	Brzina brojanja / Counting speed (imp/s)
U-235,238	370	4,6	5,8 ± 0,8	0,4	1,0 ± 0,3
I-131	1700	21	17,8 ± 3,2	4	4,0 ± 0,5
Cs-137	1400	17	25,2 ± 1,9	4	5,0 ± 0,5

Rezultati ispitivanja prototipa emulzije E-1 u radiološkoj dekontaminaciji starih i novih metalnih površina dati su u tabeli 3. Prikazane su brzine brojanja pre (A_0) i posle dekontaminacije (A) i stepen dekontaminacije (α , %). Dati podaci predstavljaju srednje vrednosti šest merenja, tri kontaminisane površine sa po dva merenja.

Tabela 3. Efikasnost emulzije ED-1 u dekontaminaciji metalnih površina kontaminisanih fisijom proizvodima i uranovim izotopima

Table 3. Efficiency of emulsion ED-1 in decontamination of metal surfaces contaminated with fission products and uranium isotopes

Kontaminant-tip ploče / Contaminant – Type of plate	A ₀ (imp/s)	A (imp/s)	α (%)
U-nova	5,8 ± 0,8	0,5 ± 0,4	91
U-stara	6,4 ± 0,6	1,1 ± 0,2	83
I-nova	17,8 ± 3,2	1,6 ± 0,3	91
I-stara	17,6 ± 1,9	6,4 ± 0,7	64
Cs-nova	25,2 ± 1,9	1,0 ± 0,1	96
Cs-stara	28,2 ± 3,4	20,0 ± 3,5	29

Emulzija je pokazala vrlo visoku efikasnost u radiološkoj dekontaminaciji novih metalnih površina kontaminisanih sa sva tri izotopa. Step dekontaminacije se kreće od 91 do 96 posto, a zaostala površinska aktivnost je ispod dozvoljenih nivoa. U dekontaminaciji starih metalnih površina zadovoljavajuća efikasnost je postignuta u dekontaminaciji od uranovih izotopa.

Uklanjanje kontaminanta sa starih površina kontaminisanih radioaktivnim jodom i cezijumom se pokazalo manje efikasnim, tako da je zaostala površinska aktivnost iznad granične. Moglo bi se reći da je u ovom slučaju odlučujući faktor tip ploče. Površina starih ploča je oštećena korozijom. Sloj boje je velikim delom skinut tako da je površina reljefna i zamašćena, a samim tim je i interakcija kontaminant-površina jača i kontaminant posle sušenja ostaje zarobljen u dubljim slojevima reljefa površine. Navedeni faktori su uzrok manje efikasnosti ispitivanog sredstva. Bolja efikasnost dobila bi se dužim mehaničkim delovanjem i dužim vremenom interakcije sredstva za dekontaminaciju i površine.

Zaključak / Conclusion

Univerzalna emulzija ED-1 za RHB dekontaminaciju je pokazala visoku efikasnost u radiološkoj dekontaminaciji metalnih površina. Skinuta aktivnost sa novih površina kontaminisanih sa Cs-137, I-131 i smešom uranovih izotopa U-238 i U-235 kreće se od 91 do 96 posto, odnosno, zaostala površinska kontaminacija je ispod graničnih vrednosti propisanih zakonskom regulativom.

Kod dekontaminacije starih površina oštećenih mehaničkim i korozivnim delovanjem zadovoljavajuća efikasnost je postignuta kod ploča kontaminisanih uranovim izotopima. U dekontaminaciji cezijuma i joda sa oštećenih površina zaostala površinska aktivnost je iznad dozvoljenog nivoa, što je posledica migracije radioaktivnih izotopa po dubini u koroziona i mehanička oštećenja. Ukoliko se emulzija primenjuje za dekontaminaciju ovakvih površina zaostala kon-

taminacija može da se snizi na zadovoljavajući nivo produženim vremenom delovanja emulzije na kontaminisanoj površini, odnosno višekratnom dekontaminacijom.

Literatura / References

1. Ristić D., Perović S.: Radiološka, hemijska i biološka dekontaminacija, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1982. - 2. Mladenović V., Mandić M.: Materije za radiološku dekontaminaciju površina, Bilten školskog centra ABHO, 1997. - 3. Šumar T.: Tehnička sredstva i oprema ABHO, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1976. - 4. Töpfer H.J.: Current Aspects of detoxification of CWA, Proc. 5th Int. Symp. Protection Against Chemical and Biological Warfare Agents, Stockholm, Sweden 11-16 June 1995, 131. - 5. Menger F. M., Erlington A. R.: Rapid Deactivation of Mustard via Microemulsion Technology, J. Am. Chem. Soc., 112, 8201-8203, 1990. - 6. Mladenović V., Luković Z.: Materije za RHB dekontaminaciju u VJ i savremenim armijama, bilten ŠC ABHO, 27-29, 1997. - 7. Veselinović D.: Stanja i procesi u životnoj sredini, Beograd, 1995. - 8. Principles and Practise of Disinfection, Preservation and Sterilisation, Edited by A. D. Rusely W. B. Hugo et al., Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston and Melbourne, 142, 1992.

ENGLISH

RADIOLOGICAL DECONTAMINATION OF SURFACES USING DECONTAMINATION EMULSION

Verica Mladenović, Slavica Ivković, B. Ceković

The efficiency of the universal emulsion ED-1 for radiological, chemical and biological decontamination in the radiological decontamination of old and new metal surfaces contaminated with fission products and uranium isotopes was examined. Examinations were performed in real conditions of application. The mechanism of radiological, chemical and biological decontamination using the examined emulsion system was considered.

The emulsion was shown to be highly efficient in decontaminating new metal surfaces and damaged metal surfaces contaminated with uranium isotopes. The residual surface contamination was below the permitted levels. It is possible to improve less efficient decontamination of old metal surfaces contaminated with Cs-137 and I-131 with repeated decontamination.

Key words: radioactive contamination, fission products, uranium, decontamination, emulsion, degree of decontamination

**РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕКОНТАМИНАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭМУЛЬСИЕЙ ДЛЯ
ДЕКОНТАМИНАЦИИ**

Верика Младенович, Славица Ивкович, Б. Цекович

Испытана эффективность универсальной эмульсии ЕД-1 для РХБ де-
контаминацию в радиологической деkontаминации старых и новых металлических
поверхностей загрязненных фissionными продуктами и урановыми изото-
пами. Испытания совершены в реальных условиях применения. Рассмотрен ме-
ханизм радиологической и биологической деkontаминации испытанным эмуль-
сионной системой.

Эмульсия показала высокую эффективность в деkontаминации новых
металлических поверхностей и испорченной металлической поверхности, загряз-
ненной урановыми изотопами. Отставшая поверхностная загрязнение ниже
разрешенных уровней. Более низкую эффективность в деkontаминации старых ме-
таллических поверхностей, загрязненных Cs-137 и U-137 возможно улучшить
многократной деkontаминацией.

Ключевые слова: радиоактивная загрязнение, фissionные продукты, уран,
деkontаминация, эмульсия, степень деkontаминации

**EGZAKTNO GAMA-SPEKTROMETRIJSKO ODREĐIVANJE
RADIOIZOTOPA******THE PRECISE GAMMA-SPECTROMETRIC DETERMINATION OF
THE RADIO ISOTOPES*****M. Martić, Nadežda Ajdačić****

U radu je posebna pažnja poklonjena analizi uticaja geometrijskih uslova pri γ -spektrometrijskim merenjima uzoraka iz životne sredine, a posebno nezaobilaznoj potrebi korektne kalibracije instrumenata i korigovanja odgovarajućih korekcionih faktora, saglasno uslovima merenja. Samo tada je moguće da se postigne reproduktivnost merenja unutar jedne laboratorije i repetabilnost rezultata dobijenih u raznim laboratorijama. A kao poseban zaključak, na osnovu ličnog iskustva, upozoravamo da komercijalnim standardima, čak i kada su nabavljani u IAEA, za primenu u kvantitativnoj analizi, ne treba slepo verovati, naročito u nekim specifičnim okolnostima.

*Ključne reči: radioizotopi, efikasnost detekcije, kalibracija
gama-spektrometrijskog uređaja*

Uvod / Introduction

U okviru programa zaštite životinja, kao dela opšteg programa zaštite životne sredine, od osnovnog značaja su egzaktno izvedena merenja koncentracija zagađujućih materija. Poseban značaj, pri tom, treba da se da veoma kompleksnim problemima koji se javljaju pri radiometrijskim merenjima, a naročito pri gama-spektrometrijskom, kvantitativnom određivanju sadržaja radionuklida, prirodnog ili veštačkog porekla, u uzorcima iz životne sredine.

Dugogodišnjim radom u oblasti određivanja koncentracije radionuklida u uzorcima iz životne sredine zapazili smo da postoje drastične razlike u rezultatima određivanja nivoa kontaminacije, te da su moguća poređenja samo onih rezultata koji su, u raznim laboratorijama, dobijeni korektnim radom u smislu:

- posedovanja odgovarajućeg instrumenta i *istraživača sa iskustvom u ovom poslu;*

* Rad primljen za štampu 29. 4. 2004. godine

** Dr Miljenko Martić, naučni saradnik, Centar za multidisciplinarne studije Univerziteta u Beogradu; mr Nadežda Ajdačić, penzioner, Beograd

• egzaktno sprovedene kalibracije spektrometra u cilju dobijanja korekcionih faktora, primerenih specifičnostima merenih uzoraka iz životne sredine. Sledstveno tome, izračunavanja apsolutne aktivnosti uzorka pomoću pravilno izabranog faktora efikasnosti.

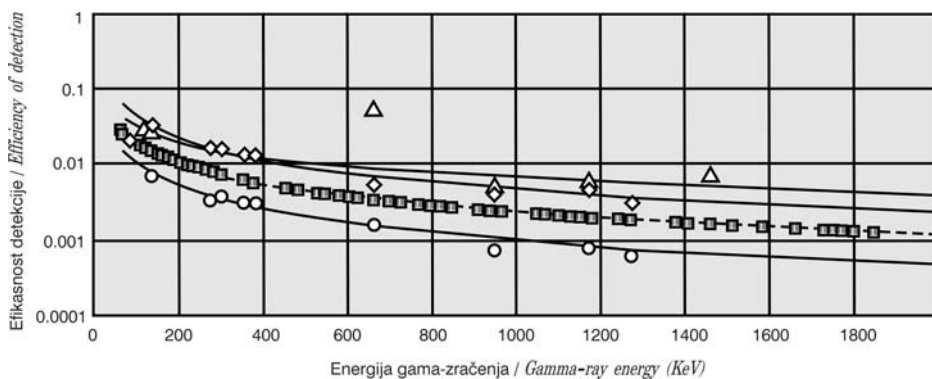
Zato, ovim radom, dajemo prilog egzaktnoj primeni ove jedinstvene radiometrijske metode.

Materijal i metode rada / *Materials and methods*

Rezultati priloženi i diskutovani u ovom radu dobijeni su merenjem radioaktivnosti uzoraka mleka u prahu pomoću visoko rezolutivnog gama-spektrometrijskog uređaja koji čine HP Ge poluprovodnički detektor zapremine kristala od 48 cm³, sa ND 2400 analizatorom i pratećom Ortec elektronikom. Merenja su obavljena u energetsom opsegu od 40 keV do 10 MeV. Relativna efikasnost detekcionog sistema na energiji 1,33 MeV je 18%, a rezolucija na istoj energiji je: FWHM = 1,74 keV; odnos „peak-to-compton”, takođe na energiji od 1,33 MeV je 54.

Rezultati rada i diskusija / *Results and discussion*

Da bi se uočio uticaj geometrijskog faktora merenja, pored standardnog postupka energetske kalibracije pomoću serije standardnih, tzv. „tačkastih” izvora zračenja, sprovedena je kalibracija i pomoću sekundarnih standarda različitog oblika, agregatnog stanja i različitog matriksa i zaključeno je da se snop dobijenih kalibracionih krivih nalazi u vrlo uskom opsegu unutar jednog reda veličine.



Slika 1. Krive zavisnosti efikasnosti detekcije gama-zračenja u funkciji energije za serije standardnih izvora zračenja, primerenih različitim uslovima merenja uzoraka iz životne sredine (◇ jednačina 1; ■ jednačina 2; ○ jednačina 3; △ jednačina 4) / Figure 1. Functional dependence of the efficiency of radioelectric detection on the gamma-ray energy (◇ equation 1; ■ equation 2; ○ equation 3; △ equation 4)

Dakle, pri γ -spektrometrijskim merenjima konačan rezultat *specifične, apsolutne aktivnosti* uzorka zavisi od *relativne (izmerene) aktivnosti korigovane mnogobrojnim faktorima*, od kojih su neki konstante za dati uzorak, dok su drugi uslovljeni načinom kalibracije instrumenta i odgovarajućim izvođenjem merenja radioaktivnosti. Zato smo, za odabrani uzorak (mleko u prahu), sve varijable učinili konstantnim, osim *načina izvođenja merenja*, kako bi se, na primeru određivanja koncentracija Cs^{134} i Cs^{137} , pokazalo *u koliko velikoj meri geometrijski uslovi utiču na konačan rezultat*. Varirani su: veličina i agregatno stanje uzorka, kako bi se uočio i efekat apsorpcije zračenja pri njegovoj interakciji sa materijalom uzorka.

Pri egzaktnim određivanjima stepena kontaminacije uzoraka iz životne sredine (**egzaktni uslovi merenja**), u *normalnim uslovima*, kada nema povišenja kontaminacije, uzorci se mineralizuju i aktivnost im se meri u „kontaktnoj geometriji”. Apsolutna aktivnost se, pri tom, obračunava, pored ostalih korekcija, na osnovu faktora efikasnosti, dobijenih pomoću IAEA setova tačkastih standarda (**jednačina 1**; $\epsilon = 3,683 \times E_{\gamma}^{-0,966}$; pri čemu je $r_{\epsilon}^2 = 0,98$). Prihvatljiv konačni rezultat merenja radioaktivnosti za isti uzorak dobija se čak i uz primenu tečnih standardnih izvora zračenja (različito agregatno stanje i dimenzije) (**jednačina 4**; $\epsilon = 0,660 \times E_{\gamma}^{-0,670}$; $r_{\epsilon}^2 = 0,99$). Iako je dobijena konačna vrednost u ovom slučaju niža, u zadovoljavajućoj je saglasnosti sa vrednošću egzaktno određene radioaktivnosti, što potvrđuje ispravnost postupka merenja.

U rutinskom radu, pod uslovima povišene kontaminacije biosfere ili u akcidentalnim uslovima, kada, zbog potrebe veće brzine u radu, nije moguće da se mineralizuju uzorci, oni se mere pod **optimalnim uslovima merenja**. Pažljivim, mnogostrukim, empirijskim proverama, došli smo do zaključka da su ovako dobijeni rezultati, uz korišćenje sekundarnih standarda konačne geometrije (monacit, na primer), u najvećoj meri saglasni sa rezultatima dobijenim radom u egzaktnim uslovima (**jednačina 2**; $\epsilon = 1,462 \times E_{\gamma}^{-0,935}$; $r_{\epsilon}^2 = 0,95$).

U skladu sa postavljenim ciljem ovog eksperimenta, obavljena su merenja pod uslovima izmenjene geometrije i agregatnog stanja uzorka, a obračun aktivnosti obavljen je faktorima efikasnosti koji su bili primereni optimalnim uslovima merenja. Već pri sagledavanju dobijenih rezultata (v. tabelu i sliku), očigledno je da različiti uslovi merenja imaju izuzetno visok uticaj na vrednost konačnog rezultata merenja radioaktivnosti. *Ovo znači da postupcima merenja, ma kakvi oni da su, mora da sledi odgovarajući postupak obračuna podataka kako bi bio zadovoljen zahtev reproduktivnosti i repetabilnosti merenja*. Ipak, postoji mogućnost egzaktnog određivanja apsolutne specifične radioaktivnosti izotopa u uzorku ($A_{\text{korigovano}}$) i kada su merenja sprovedena pod različitim uslovima, a obračun konačnog rezultata izveden na osnovu samo jedne krive efikasnosti. Ali, tada, mora da se primeni pomoćni korekcionni faktor **F**, koji predstavlja odnos radioaktivnosti nekog uzorka, koja je određena merenjem pod bilo kojim uslovima i egzaktno određene radioaktivnosti istog uzorka, arbitrarno uzete za jedinicu. Izračunata srednja vrednost ovako korigovanih aktivnosti, sa relativnom greškom

Tabela 1. Rezultati komparativnih γ -spektrometrijskih merenja Cs^{134} i Cs^{137} u uzorku mleka u prahu (uvozno mleko iz Poljske od 19. jula 1986. godine) /
Table 1. Results of comparative γ -spectrometric measurements of Cs^{134} and Cs^{137} in powdered milk samples

Redni broj uzorka / Sample number	Agregatno stanje, masa i dimenzije (oblik) uzorka / Aggregate condition, mass and dimensions (form) of sample	Cs ¹³⁴	Cs ¹³⁷	Cs ¹³⁴ + Cs ¹³⁷	F	A _{kor} = A * xF / e
		A * (Bq/kg mleka u prahu) / A * (Bq/kg powdered milk)				(Bq/L 15%- rastvora) / (Bq/L 15% solution)
1.	300 g mleka u prahu (čvrsto); plastična posuda φ=9,3 cm (veće od prečnika površine kojom detektor „vidi“ uzorak) / 300 g powdered milk (solid); plastic dish φ=9,3cm (bigger than the diameter of the surface on which the instrument detects the sample)	148±3 (319±6)	384±5 (863±11)	532 1180	2,19 –	174,7 176,9
2.	150 g mleka u prahu, isto kao pod R. br. 1, manja je samo debljina uzorka nedovoljno povoljni uslovi merenja 150 g powdered milk, as in sample No.1, only sample density is smaller Unfavorable measuring conditions	239±5	635±9	874	1,33	174,3
3.	150 g mleka rastvoreno u vodi do 1000 ml (tečan uzorak od 1 litra, mereno u posudi kao gore) nepovoljni uslovi merenja 150 g milk dissolved in water up to 1000 ml (liquid sample of 1 liter, measured in same utensil as above). Unfavorable measuring conditions	86±3	212±5	298	3,91	174,7
4.	15 g mleka uprahu - tečan uzorak od 100 ml 15% rastvora mereno u plastičnoj posudi prečnika φ=6 cm; (kontaktna površina detektora je φ=7 cm) nedovoljno povoljni uslovi merenja 15 g powdered milk – liquid sample of 100ml 15% solution measured in plastic utensil φ = 6 cm; (contact surface of detector is φ = 7cm). Insufficiently favorable measuring conditions	262±20	634±33	847	1,38	175,2
5.	0,1784 g mineralnog ostatka od 2,1938 g mleka u prahu (alikvot od veće, mine- ralizovane količine) egzaktni uslovi merenja 0,1784 g mineral residue of 2,1936 g powdered milk (aliquote of bigger mineralized quantity). Exact measuring conditions	451±63*** (375±53)**	993±78 (811±64)	1444 1190	0,81 0,98	174,7 178,4
6.	53,2834 g mleka u prahu (čvrsto) mereno u posudi kao pod R. br. 4. Optimalni uslovi merenja pri rutinskom radu u uslovima povišene kontaminacije biosfere 53,2834 g powdered milk (solid) measured in dish as in sample No. 4. Optimal measuring conditions in routine work under conditions of increased contamination of biosphere	317±11	848±17	1165	1,00	174,7
7.	Ponovno merenje istog uzrka kao pod R. br. 6, pod istim uslovima, deset dana nakon prvog merenja / Repeated measuring of same sample as under No. 6, under the same conditions, ten days after the first measurement	332±11	850±17	1182	0,99	175,4

Srednja vrednost korigovane aktivnosti $A_{kor} = 175 \pm 1$ Bq/L / Mean value of corrected activity $A_{kor} = 175 \pm 1$ Bq/L

Napomena:

Apsolutna aktivnost radioizotopa Cs u svim uzorcima određena je na osnovu empirijski dobijene krive efikasnosti detekcije (ϵ), koja odgovara optimalnim uslovima merenja uzoraka iz životne sredine, definisana jednačinom 2 ($\epsilon=1.462 \times E_{\gamma}^{-0.935}$; $r_e^2=0.95$; sekundarni standard „monacita“). Od ovoga se izuzima uzorak broj 5.

* Obračunato prema jednačini 3 ($\epsilon=1.244 \times E_{\gamma}^{-1.034}$; $r_e^2=0.97$; „tačkasti“ standard na rastojanju od 10 cm), koja mora da bude primenjena u uslovima merenja „velikih“ uzoraka.

** Obračunato prema jednačini 4 ($\epsilon=0.660 \times E_{\gamma}^{-0.670}$; $r_e^2=0.99$), koja se koristi pri egzaktnim merenjima aktivnosti uzoraka, u kontaktnoj geometriji, primenom tečnog standarda „konačne“ geometrije.

*** Obračunato prema jednačini 1 ($\epsilon=3.683 \times E_{\gamma}^{-0.966}$; $r_e^2=0.98$; „tačkasti“ standard u kontaktnoj geometriji), koja se koristi pri egzaktnim merenjima aktivnosti uzoraka zanemarljivo malih dimenzija. F je pomoćni faktor koji predstavlja odnos radioaktivnosti istog uzorak određenog merenja pod različitim uslovima i radioaktivnosti arbitarno uzete vrednosti za uslovnu jedinicu.

Note:

Absolute activity of radioisotopes Cs in all samples were determined on the grounds of empirically obtained curve of efficiency of detection (ϵ), which corresponds to optimal measuring conditions of samples from the environment, defined by the equation 2 ($\epsilon=1.462 \times E_{\gamma}^{-0.935}$; $r_e^2=0.95$; secondary standard of „monocytes“). Sample No.5 is an exception.

** calculated according to equation 3 ($\epsilon=1.244 \times E_{\gamma}^{-1.034}$; $r_e^2=0.97$; „dotted“ standard at a distance of 10 cm), which must be applied in conditions of measuring „big“ samples.*

*** Calculated according to equation 4 ($\epsilon=0.660 \times E_{\gamma}^{-0.670}$; $r_e^2=0.99$) which is used in exact measurements of sample activity in contact geometry, using the liquid standard of „final“ geometry.*

**** Calculated according to equation 1 ($\epsilon=3.683 \times E_{\gamma}^{-0.966}$; $r_e^2=0.98$; „dotted“ standard in contact geometry), which is used in precise activity measurements of samples of negligibly small dimensions.*

F is an additional factor which presents the ratio of activity of the same sample determined by measurements under different conditions and radioactivity of arbitrarily taken value for conditional unit.

od samo 0,6%, ukazuje na pravilno izvedene postupke kalibracije, gde je preko promene vrednosti pomoćnog faktora **F** (od **0,99** do **3,91**) definisano odstupanje rezultata merenja od stvarne vrednosti radioaktivnosti zbog efekta apsorpcije zračenja pri njegovoj interakciji sa materijalom uzorka.

U okviru diskusije dobijenih rezultata pri kalibraciji spektrometra pomoću više tipova standardnih izvora, kako bi se „pokrile“ sve mogućnosti merenja radioaktivnosti uzoraka iz životne sredine, pri raznim okolnostima, a da bi se obezbedio u najvećoj mogućoj meri egzaktan konačni rezultat specifične, apsolutne aktivnosti tih uzoraka, pri izradi krive efikasnosti dobijene za tečne standardne izvore, meren je i jedan izvor Cs¹³⁷ kupljen od IAEA 1963. godine, sa naznačenom vrednošću aktivnosti. Ako se pogleda tačka koja po obračunu odgovara tom „standardu“, očigledno je da ona tačno za jedan red veličine odstupa od krive kojoj bi trebalo da pripada! Moguće je da je, pri upisivanju vrednosti na ampulu učinjena slučajna greška, a moguća je i svesna nominacija veće vrednosti, kako bi njegovom primenom u određivanju apsolutne aktivnosti uzoraka, dobijeni rezultati bili za red veličine manji! Taj „standardni“ izvor je nabavljen posle nuklearne katastrofe u Čeljabinsku, za koju svet, tada nije ni znao.

Zaključak / Conclusion

Zbog efekta apsorpcije zračenja pri njegovoj interakciji sa materijalom uzorka i uticaja geometrijskog faktora, neophodno je da se posebna pažnja pos-

veti kalibraciji spektrometrijskog uređaja, što mnogi autori prenebregavaju. Takođe, ovom prilikom upozoravamo da ne treba da se koristi tzv. „Marinelli” posude za merenje velikih uzoraka, ukoliko se poseduje instrument sa planarnim detektorom, jer u tom slučaju detektor „ne vidi” veliki deo uzorka, pa je i konačan rezultat znatno manji s obzirom na masu merenog uzorka.

Umesto konačnog zaključka, ponovo ukazujemo na iznose korekcijskih faktora **F** (dobijenih kao odnos radioaktivnosti uzorka određene merenjem pod različitim, bilo kojim uslovima, i egzaktno određene radioaktivnosti istog uzorka) datih u ovom radu i njihove neverovatne sličnosti sa faktorima različitosti podataka raznih laboratorija koje učestvuju u redovnoj kontroli kontaminacije životne sredine na ovim prostorima.

U finansiranju rada učestvuje Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije u okviru projekta br. 1934.

Literatura / References

1. Lederer C. M.: Table of Isotopes, 6. Edition, John Wiley and Sones, New York, 1968. - 2. Way K.: Nuclear Data Tables, 8, 5-6, Academic Press, New York, 1971. - 3. Beadecker P. A.: Anal. Chem., 43, 3, 405-410, 1971.

ENGLISH

PRECISE GAMMA-SPECTROMETRIC DETERMINATION OF RADIOISOTOPES

M. Martić, Nadežda Ajdačić

In the paper, special attention was devoted to the analysis of the influence of geometric conditions in gamma-spectrometric determination of samples from the environment, in particular the inevitable need for correct calibration of instruments and the use of certain corrective factors, in keeping with the measuring conditions. This is the only way that it is possible to achieve the reproducibility of measurements within one laboratory and the repeatability of results obtained in different laboratories. As a special conclusion, on the grounds of our personal experience, we wish to point out that commercial standards, even if they are obtained from the International Atomic Energy Agency (IAEA), for implementation in quantitative analysis, should not be trusted unreservedly, in particular in certain specific circumstances.

Key words: radioisotopes, efficiency of detection, calibration of gamma-spectrometric instrument

ТОЧНОЕ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ

М. Мартич, Надежда Айдачич

В работе отдельное внимание уделено анализу влияния геометрических условий при γ -спектрометрических измерениях образчиков из жизненной среды, а отдельно необходимой нужде корректной калибровки инструментов и пользования соответствующих коррекционных факторов, согласно условиям измерения. Только тогда, возможно достичь репродуктивность измерения внутри одной лаборатории и повторительность результатов, полученных в разных лабораториях. А как отдельный вывод, на основе личного опыта, мы предостерегаем, что коммерческими стандартами, даже и когда доставляны в ИАЕА, для применения в количественном анализе, не надо слепо верить, особенно в некоторых специфических обстоятельствах.

Ключевые слова: радиоизотопы, эффективность детектирования, калибровка γ -спектрометрического оборудования

**NUKLEARNI TERORIZAM KAO IZVOR RADIOEKOLOŠKE
OPASNOSTI***
NUCLEAR TERRORISM AS SOURCE OF RADIOECOLOGICAL DANGER

D. Živanov**

Terorizam u svetu sve više uzima maha i kvalitativno napreduje. Zbog toga treba računati i sa nuklearnim terorizmom kao jednim od oblika njegovog ispoljavanja. O nuklearnom terorizmu vođena je vrlo ozbiljna rasprava u Beču, 2002. godine, u sedištu Međunarodne agencije za atomsku energiju. U raspravi je, između ostalog, potvrđeno da ovaj oblik terorizma nije malo verovatna mogućnost.

Ključne reči: nuklearni terorizam, radioekološka opasnost

Uvod / Introduction

Cilj terorizma je izazivanje negativnih posledica u društvu, državi, na unutrašnjem i spoljno-političkom planu dejstvom na mete napada. U slučaju nuklearnog terorizma mete napada mogu da budu nuklearna i druga privredna postrojenja, značajni vojni i civilni objekti, stanovništvo i životna sredina (voda, zemljište i vazduh). Jedna od tih negativnih posledica je radioaktivna kontaminacija životne sredine, koja nastaje upotrebom nuklearnih borbenih sredstava (nuklearnih projektila, nuklearnih bombi i nuklearnih mina i drugih nuklearnih borbenih sredstava). Međutim, radioaktivna kontaminacija životne sredine, između ostalog, može da bude posledica eventualne upotrebe, takozvane „prljave bombe”, odnosno radioaktivnog materijala koji mogu da upotrebe razne terorističke i kriminalne organizacije.*** Glavna briga međunarodne zajednice dugo je bila us-

* Rad primljen za štampu 18. 3. 2004. godine

** Mr Dragan Živanov, asistent, Fakultet veterinarske medicine, Beograd

*** „Prljava bomba” (Dirty bomb) je zapravo kombinacija klasičnog eksploziva i nekog radioaktivnog materijala (cezijum hlorida, plutonijuma, urana). Prilikom eksplozije ove bombe nema fisije, niti fuzije atoma, nego se radioaktivni materijal pod dejstvom klasičnog eksploziva raspršuje u životnu sredinu preko dima i prašine. Radioaktivne čestice u dimu i prašini tako kontaminiraju životnu sredinu za duži period, što zavisi od količine i vrste upotrebljenog radioaktivnog materijala, pravca i brzine vetra i dr. Pretnja prljavom bombom postala je stvarnost u Moskvi, gde je jedna takva bomba pronađena zakopana pored zidina Kremlja. Teroristi je nisu aktivirali, ali njihova poruka bila je više nego jasna. Prljava bomba nije nuklearno oružje u pravom smislu reči, ali nije ni beznačajna stvar. Ona je uvek nekako u senci prave nuklearne bombe. Za ovu vrstu bombe zainteresovane su mnoge terorističke organizacije, pre svega, Al Kaida. Svojevremeno je izvesni Hoze Patilja dobio od terorista 10.000

merena oko sudbine nuklearnog oružja (prikazana struktura u tabeli 1), dok je briga oko radioaktivnog otpada bila potisnuta u drugi plan.

Tabela 1. / Table 1. Nuklearna borbena sredstva / Nuclear means of combat		
Nuklearni i termonuklearni eksplozivi / Nuclear and thermonuclear explosives	Nuklearni i termonuklearni projektili / Nuclear and thermonuclear missiles	Lansirna tehnika, sistemi i snage za njihovu primenu / Launching technology, systems and implementation forces
Fisioni / Fission Fuzioni / Fusion	Puščani / Firing Implozivni / Implosive Fuzioni / Fusion Fisiono-fuzioni (neutronske) / Fission-fusion (neutronic)	Rakete, avioni, kosmički brodovi, sateliti, oružane snage, artiljerijska oruđa, diverzanti, teroristi / Missiles, aircraft, spaceships, satellites, armed forces, artillery, diversions, terrorists

Posledica ovoga je porast trgovine radioaktivnim materijalima na nezakonit način, dakle preko organizovanog kriminala kao instrumenta međunarodnog terorizma. Do sada je u svetu zabeleženo više slučajeva krađe radioaktivnog materijala. Samo u bivšem SSSR-u zabeleženo je četrnaest slučajeva krađa značajnih količina plutonijuma ili urana koje su izveli pripadnici organizovanog kriminala, od kojih su neki sa Bliskog Istoka ili iz Azije.*

Krađa nuklearnih projektila obogatila bi tajno tržište ilegalnog naoružanja za koje bi se svakako našli zainteresovani ekstremisti raznih boja, uključujući i islamske.** Procenjuje se da u Rusiji, Kazahstanu, Belorusiji, Ukrajini i Uzbekistanu postoji 1350 tona plutonijuma i visoko obogaćenog urana dovoljnog za izradu blizu 40 000 komada nuklearnog oružja, odnosno koji mogu da se iskoriste za izradu takozvanih „prljavih bombi”. Plutonijum koji se vadi iz nuklearnih raketa predviđenih za uništavanje, takođe može da posluži i za izradu „prljave bombe”. Izvađen plutonijum služi, pre svega, kao gorivo u nuklearnim reaktorima. Samo iz ruskih nuklearnih raketa izvađeno je, po tvrdjenju bivšeg predsednika Jelcina u toku 1997. godine 50 tona, pa to predstavlja izazov za teroriste i kriminalce.

američkih dolara da izvrši napad „prljavom bombom”. Prema podacima OUN, „prljava bomba” je testirana u Iraku 1987. godine i bila je teška jednu tonu. Irak je odustao od tog projekta, jer nivoi oslobođene radijacije nisu bili dovoljno smrtonosni.

* U periodu od 1993 do 2001. godine zabeleženo je 175 slučajeva nelegalne trgovine nuklearnim materijalima. U petnaest slučajeva švercovao se obogaćeni uran ili plutonijum uglavnom u Evropi i zemljama bivšeg SSSR-a. Abel Gonzales, jedan od stručnjaka iz Međunarodne agencije za atomsku energiju iz Beča, prati kretanje radioaktivnog materijala u svetu i ističe da radioaktivne materije nisu stavljene pod kontrolu, za razliku od obogaćenog urana i plutonijuma.

** Tom Sanders iz Centra za strateške studije u Vašingtonu kaže da samo u Rusiji ima 12 000 skladišta nuklearnih projektila. Kupljeni ili ukradeni nuklearni projektil može da se švercuje i u druge zemlje i mogu da ga upotrebe teroristi i „organizovani kriminal”. Kris Rajt iz Kraljevskog Instituta za Međunarodne studije u Londonu upozorava da se atomska bomba može da prošvercuje i preko Balkana u zemlje EU, a to podrazumeva i šverc preko teritorije SCG, uključujući i Kosmet.

Sredinom devedesetih godina prošlog veka ruski general Lebedev je upozorio na postojanje ručne taktičke nuklearne bombe, tačnije na njihov knjigovodstveni manjak. Ovo mini nuklearno oružje može da stane u akt-tašnu, kofer, i za njega je svojevremeno bio zainteresovan i Osama Bin Laden. Od 132 takve ručne nuklearne bombe nestalo je 40. Jedna ovakva bomba ima snagu od 1 do 10 kilotona.*

U bivšoj SRJ ustanovljeno je nekoliko slučajeva krađe radioaktivnog materijala. Poslednji se dogodio kada je nestao paket sa izotopom joda-131 koji se koristi u medicini za dijagnostiku, u Beogradu, 2003. godine. Ali, zbog malog radioaktivnog zračenja i kratkog vremena poluraspada ovaj izotop ne može da se iskoristi u terorističke svrhe za izradu „prljave bombe”.

Osim krađe i kupovine prokrijumčarenog plutonijuma i urana, teroristi sve više ulažu u proizvodnju Repromaterijala (rudnika nuklearnih sirovina). Japanska sekta Aum Šinrikjo je svojevremeno kupila farmu ovaca u Australiji, ali ne zbog bavljenja poljoprivredom, nego zbog toga što se na istoj farmi nalazilo osam rudnika urana. Takođe je investirala milione dolara u razvoj sopstvenog nuklearnog osposobljavanja (know-how) za izradu bombi.

Nuklearni projektili i bombe nisu jedina sredstva nuklearnog terorizma. Teroristi bi kao sredstva mogli da koriste i drugi radioaktivni materijal za kontaminaciju izvora vode, zemljišta, hrane i životne sredine. Što je radioaktivni materijal aktivniji i sadrži više transuranskih izotopa to će radioaktivna kontaminacija biti veća kada se bude rasuo po naseljenoj teritoriji. To rasipanje teroristi bi mogli da izvedu i u kombinaciji sa klasičnim eksplozivom, pa tada na delu imamo takozvanu „prljavu bombu” (Dirty bomb).

Posebno zahvalne mete terorističkog napada mogu da budu nuklearne elektrane, gusto naseljena gradska područja, važni privredni i vojni objekti, vojne baze, plovila na nuklearni pogon i slično. Danas je u tridesetak zemalja sveta aktivno nekoliko stotina nuklearnih elektrana. Ako bi došlo do direktnog terorističkog napada, treba reći da zaštitne oplata nuklearnih elektrana mogu da zaustave udar lake letelice, ali ne i direktan udar većeg aviona punog goriva i putnika. Tada može da dođe do oštećenja reaktora i oslobađanja radioaktivnosti u životnu sredinu. Pored ovoga, klasičnim eksplozivom na vozilima (kamionu bombi, na primer, ili brodu bombi sa kamikazom) takođe, teroristi mogu da napadnu nuklearnu elektranu. Moguća je i sabotaza reaktora koju može da izvede terorista-samoubica uz pomoć nekog ko je već zaposlen u elektrani i koga su zavrbovali teroristi i slično.

U krugu svake nuklearne elektrane čuva se i radioaktivni otpad, istrošeno nuklearno gorivo, u većim količinama. Uglavnom je to slabo obogaćen uran i fisioni produkti, ali se u njima nalazi i oko 1000 tona plutonijuma i osamdesetak tona drugih dugoživećih radioaktivnih transuranskih izotopa. Samo jedan iskorišćeni gorivni sklop nuklearne elektrane sadrži nekoliko stotina kilograma

* To je zapravo linearna implzijska naprava, sastoji se od topovske cevi kalibra 105 mm i dužine 50 cm.

opasnih radioaktivnih izotopa. Kada bi se oni raspršili eksplozijom po okolini radioaktivna kontaminacija bi trajala više hiljada godina zbog dugog vremena poluraspada (Pu-239 i drugi). Dakle, mogućnosti terorista kod napada na nuklearnu elektranu su višestruke. Snažnom eksplozijom mogu da probiju zaštitnu betonsku oplatu reaktora i da se raznese sadržaj reaktorskog jezgra, mogu da podmetnu požar i da izazovu neki novi Černobil ili da ukradu istrošene gorivne elemente kako bi ih kasnije upotrebili za izradu „prljave bombe”.

Komercijalni izvori radioaktivnog zračenja koji se primenjuju u medicini, industriji i poljoprivredi mogu da se koriste za izradu „prljavih bombi”, jer su slabo čuvani i relativno lako mogu da se nabave u zemljama bivšeg SSSR-a.* Tamo se radioaktivni materijal široko primenjivao; od goriva za nuklearne podmornice i ledolomce do energetske paketa za napajanje svetionika, mašina za unapređenje poljoprivrede (sadrže radioaktivni stroncijum), starih uređaja za radioterapiju (radioaktivni cezijum hlorid) i drugo.

Eksplozija „prljave bombe” usred velikog grada ne bi izazvala velike materijalne štete, ali bi izazvala velike psihološke, socijalne i privredne posledice po stanovništvo. Mada „prljava bomba” nije nuklearna bomba, izazvala bi veliki strah i paniku među stanovništvom.

Hipotetički scenario napada „prljavom bombom” na grad London komentarisalo je više stručnjaka i naučnika iz Amerike, V. Britanije i Austrije (iz Međunarodne agencije za atomsku energiju): Michael Levi, Abel Gonzales, Jack Karavelle, John Ashcroft, Steve Jackson i drugi. Razmatrane su posledice napada „prljavom bombom” u strogom centru Londona (jačina bombe oko 5 kg klasičnog eksploziva i radioaktivni materijal cezijum hlorid, aktivnosti 74000 GBq).

Nastala bi opasnost obolevanja ljudi od raka za narednih 200 godina na pogođenoj teritoriji, čak i ako su u pitanju niske doze zračenja. Cezijum hlorid je, po izjavama ovih stručnjaka, idealan radioaktivni materijal za „prljavu bombu”. Veoma se dobro raspršuje po okolini i širi radioaktivnu kontaminaciju, jer je u obliku pudera.

Tokom američke vojne akcije u Avganistanu 2001. godine, pronađena su precizna uputstva za izradu „prljave bombe” kod terorista pripadnika Al Kaide. Sumnja se da radioaktivni materijal za njenu izradu potiče iz zemalja bivšeg SSSR-a ili Pakistana. Teroristi bi takođe mogli da radioaktivni materijal (cezijum na primer) primene i na druge načine tako što bi ga izmešali sa sadržinom obične rakete za vatromet. Ovako napravljena „prljava bomba” bačena u londonski metro izazvala bi pravu paniku, iako bi rizik bio mali po zdravlje ljudi. Radnici podzemne železnice bili bi više izloženi bolesti, ali ne i ostali. Nivo radioaktivne

* Bačeni instrumenti ili uređaji koji su se koristili u industriji, medicini, poljoprivredi koji u sebi sadrže radioaktivni materijal, mogu da posluže za izradu „prljave bombe”. Na primer, odbačeni generatori iz mašine za unapređenje poljoprivrede koji pokreće radioaktivni stroncijum-90, nađeni su u Gruziji 2003. godine. Ovakvih generatora je proizvedeno na hiljade u bivšem SSSR-u. Aktivnost stroncijuma koji je pronađen u kanisterima bila je milion GBq (Giga Bekerela)! „Prljava bomba” napravljena od ovakvih uređaja može da uzrokuje nerešive probleme, pa bi ljudi morali da se isele sa kontaminirane teritorije.

kontaminacije varirao bi od mesta do mesta. Sagledavajući ovaj hipotetički scenario napada „prljavom bombom”, Vlada Velike Britanije je shvatila svu ozbiljnost mogućeg terorističkog napada i preduzela odgovarajuće mere bezbednosti.

Pretnja terorističkim aktom ili izvršenje terorističkog akta ne mora da bude delo izolovane terorističke grupe (samo jedne), nego više njih zajedno. Pored nekih država koje štite i sponzorišu terorizam, postoje i privatni izvori finansiranja terorističkih organizacija, pa to znatno otežava otkrivanje i borbu protiv takvih grupa.

Danas u svetu ima veliki broj terorističkih organizacija od kojih su neke manje ili više aktivne.* Sve one deluju sa različitih idejnih i političkih interesa, iako se u nekim slučajevima ti interesi mogu da poklope, makar privremeno. Neke od ovih terorističkih organizacija naročito ispoljavaju interes za nabavku nuklearnog oružja, odnosno oružja za masovno uništavanje (na primer, Al Kaida i drugi), što se u praksi i pokazalo. Iako mnoge terorističke organizacije deluju sa pozicija različitih interesa, moguća je, dakle, i njihova saradnja na bazi „prebijanja usluga”, odnosno saradnja po pitanju nabavke nuklearnih borbenih sredstava (oružja). Organizovani kriminal tu ima značajnu ulogu zato što je on sredstvo međunarodnog i unutrašnjeg terorizma. Međutim, i neke verske sekte (Aum Šinrikjo, Japan) imaju u svemu tome značajnu ulogu, ali i jedni i drugi bi svoje aktivnosti mogli da usmere i ka nuklearnom terorizmu.

Pretnja upotrebe ili upotreba nuklearnih borbenih sredstava (oružja), prljavih bombi, radioaktivnih borbenih sredstava i slično mogla bi mnoge zemlje da dovede u vrlo nezgodnu situaciju i ozbiljna iskušenja. Hoće li, kako i na koje načine njihovi sistemi bezbednosti (u slučaju nuklearnog terorizma) imati primena rešenja u ovakvim situacijama, ostaje da se vidi.

Zaključak / Conclusion

Nuklearni terorizam predstavlja veoma ozbiljan izvor radioekološke opasnosti. Glavni razlog, između ostalog, jeste u činjenici da je njegova posledica dugotrajna radioaktivna kontaminacija neposredno zahvaćene teritorije, ali i šire životne sredine. To naravno podrazumeva i druge mnogobrojne posledice koje takva vrsta kontaminacije izaziva: psihološke, zdravstvene, socijalne, privredne i ekološke.

Ove posledice bi svakako imale svoj odraz na unutrašnjem i spoljno-političkom planu, time što otvaraju čitav niz pitanja i problema, od kojih neki mogu da budu teško rešivi. Radioekološka opasnost od nuklearnog terorizma nameće potrebu tesne saradnje sa međunarodnom zajednicom i to na više nivoa, jer je terorizam, sa svojim oblicima ispoljavanja, globalni problem savremenog sveta.

* Al Kaida, ETA, ANA, IRA, Crni septembar i druge koji potiču iz Evrope, Bliskog i Dalekog Istoka, Azije i Amerike.

Literatura / References

1. Jović R.: Udesi, diverzije i terorizam NBH sredstvima, Privredapublik, Beograd, 1989. - 2. Jović R.: Protiv nuklearna i protivradijaciona zaštita, Privredapublik, Beograd, 1989. - 3. Grupa autora: Sigurnost i pouzdanost nuklearnih elektrana u okruženju Jugoslavije, Institut Vinča, Beograd, 1996. - 4. Petrović B.: Sistem radijacione kontrole u biotehnologiji, Novi Sad, 1996. - 5. Pašanski M.: Savremene kamikaze – Terorizam i diplomatija, Književne novine, Beograd, 1987. - 6. Pejanović Lj.: Otmice vazduhoplova i mere zaštite, JAT, Beograd, 1995. - 7. Radioactive Heaven And Earth - A Report of the IPPN International Commission To Investigate The Health and Environmental Effects of Nuclear Weapons Production, and Institute for Energy and Environmental Research, The Apex Press, New York, Zed Books, London, 1991. - 8. Rajković M.: Osiromašeni uranijum, VIZ, Beograd, 2001. - 9. Gaćinović R.: Savremeni terorizam, Grafomark, Beograd, 1998. - 10. Živanov D.: Radijacioni faktor u savremenim ratovima i akcidentima u miru, FCO, Beograd, 2001. - 11. Cvjetković B.: Terorizam – sredstva i posljedice, Kupola Laus, Split, 2002. - 12. Marković S., Spaić R.: Radijacija i zdravlje, Društvo za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku SRJ, Beograd, 2001.

ENGLISH

NUCLEAR TERRORISM AS SOURCE OF RADIOECOLOGICAL DANGER

D. Živanov

World terrorism has been spreading and advancing in quality. Because of that, nuclear terrorism should be counted on as one of the forms of its manifestations. A very serious debate was held on nuclear terrorism in Vienna in 2002. at the International Atomic Energy Agency Headquarters. At this debate it was confirmed, among other things, that this form of terrorism is a very likely possibility.

Key words: nuclear terrorism, radioecological danger

РУССКИЙ

ЯДЕРНЫЙ ТЕРРОРИЗМ КАК ИСТОЧНИК РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Д. Живанов

Терроризм в мире всё больше принимает широкие размеры и качественно движется вперёд. Вследствие этого надо считать и на ядерный терроризм как один из форм его проявления.

О ядерном терроризме ведено очень серьёзное обсуждение в Вене 2002 года, в центре Международного Агентства для Атомной Энергии. В осуждении, между прочим, подтверждено, что эта форма терроризма не мало вероятная возможность.

Ключевые слова: ядерный терроризм, радиологическая опасность