



ЗБОРНИК РАДОВА



XXXII Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

**04-06. октобар 2023. године
Будва, Црна Гора**

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



ЗБОРНИК РАДОВА

XXXII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

**Будва, Црна Гора
04-06. октобар 2023. године**

**Београд
2023. године**

**RADIATION PROTECTION ASSOCIATION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

XXXII SYMPOSIUM RPASM

**Budva, Montenegro
4th-6th October 2023**

**Belgrade
2023**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

04-06.10.2023.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Милица Рајачић
Др Ивана Вуканац

ISBN 978-86-7306-169-6

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милош Ђалетић, Милица Рајачић

Електронско издање:

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

Година издања:

Октобар 2023.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.

**XXXII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**

Будва, 04-06.10.2023. године

Организатори:

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

Институт за нуклеарне науке „Винча“

Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Центар за екотоксиколошка испитивања Подгорица д.о.о, ЦЕТИ

Организациони одбор:

Председник:

Ивана Вуканац

Чланови:

Милица Рајачић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Александра Милатовић, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Никола Свркота, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Ранко Зекић, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Гордана Пантелић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Милош Ђалетић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Никола Кржановић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Наташа Сарап, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Станковић Петровић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Ивана Коматина, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Влаховић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Зорица Обрадовић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Игор Челиковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Крнета Николић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Александра Самолов, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

**XXXII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**

Будва, 04-06.10.2023. године

Научни одбор:

др Владимир Удовичић, Институт за физику, Земун, Универзитет у Београду

др Војислав Станић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Душан Мрђа, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Ивана Вуканац, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Игор Челиковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Јелена Крнета Николић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Јелена Пајић, Институт за медицину рада Србије "Др Драгомир Карајовић",
Београд

др Јелица Грујић, Институт за медицинска истраживања, Универзитет у Београду

др Јована Николов, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Маја Еремић-Савковић, Директорат за радијациону и нуклеарну сигурност и
безбедност Србије

др Марија Јанковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Мирјана Ђурашевић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

др Мирјана Раденковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

др Невена Здјеларевић, ЈП Нуклеарни објекти Србије, Београд

др Оливера Митровић Ајтић, Институт за медицинска истраживања, Универзитет у
Београду

др Софија Форкапић, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Србољуб Станковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

Организацију су помогли:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења
и заштиту животне средине „Заштита“

Мике Петровића Аласа 12-14

11351 Винча, Београд, Србија

<https://www.vin.bg.ac.rs/>

Центар за екотоксиколошка испитивања Подгорица д.о.о, ЦЕТИ

Булевар Шарла де Гола бр. 2

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://mne.ceti.me/>

МОЈ ЛАБ

ул. Московска бр. 26

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://mojlab.me/>

ФАРМАЛАБ

Булевар Михаила Лалића бр. 8

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://farmalab.me/>

ГЛОСАРИЈ ДОО

ул. Војисављевића бр. 76

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://www.glosarij.me/me/pocetna>

Излагачи:

Canberra Packard Central Europe GmbH.

Wienersiedlung 6

2432 SCHWADORF, Austria

Phone: +43 (0)2230 3700-0

Fax: +43 (0)2230 3700-15

Web: <http://www.cpce.net/>

LKB Vertriebs doo Beograd-Palilula

Cvijičeva 115

11120 Beograd, Srbija

Tel: +381 (0)11 676 6711

Faks: +381 (0)11 675 9419

Web: www.lkb.eu

Овај Зборник је збирка радова саопштених на XXXII Симпозијуму Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе који је одржан у Будви, Црна Гора, 04-06.10.2023. године. Радови су према обрађеној проблематици груписани у једанаест секција. Сви радови у Зборнику су рецензирани од стране Научног одбора, а за све приказане резултате и тврдње одговорни су сами аутори.

*Југословенско друштво за заштиту од зрачења основано је 1963. године у Порторожу, а од 2005. носи име "Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе". На XXXII Симпозијуму, ове године обележавамо веома значајан јубилеј - **60 година организоване заштите од зрачења на нашим просторима.***

Од оснивања, Симпозијуми Друштва за заштиту од зрачења представљају прилику да се кроз стручни програм прикажу резултати истраживања у области заштите од зрачења, представе различите области примене извора и генератора зрачења, анализирају актуелна дешавања, размене искуства са колегама из региона, дефинишу проблеми и правци даљег унапређивања наше професионалне заједнице.

Поред тога, Симпозијуми друштва представљају и прилику да у мање формалном маниру сретнемо старе и упознамо нове пријатеље и колеге, обновимо старе и започнемо нове професионалне сарадње.

Ауторима и коауторима научних и стручних радова саопштених на XXXII Симпозијуму се захваљујемо на уложеном труду и настојању да квалитетним радовима заједно допринесемо остваривању циљева и задатака Друштва и наставимо традицију дугу импозантних 60 година.

Посебно се захваљујемо свима који су подржали одржавање овог Симпозијума.

Свим члановима Друштва, сарадницима и колегама честитамо овај значајан јубилеј!

Организациони одбор XXXII Симпозијума ДЗЗСЦГ

EFIKASNOST I KAPACITET SORPCIJE JONA Ba^{2+} ZEOLITOM 4A I PRIRODNIM KLINOPTILOLITOM I UTICAJ KOMPETICIJE SA JONIMA Sr^{2+}

Ivana SMIČIKLAS¹, Mihajlo JOVIĆ¹, Snežana DRAGOVIĆ¹

1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča” - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd*

Autor za korespondenciju: Ivana SMIČIKLAS, ivanat@vin.bg.ac.rs

SAŽETAK

Radioaktivni izotop barijuma Ba-133 ($t_{1/2} = 10,55$ god.), generisan u nuklearnim reaktorima, testiranjem nuklearnog oružja, drugim nuklearnim aktivnostima i akcidentima, dospeva u životnu sredinu atmosferskom emisijom, putem kontaminiranih voda i izluživanjem iz otpada. Uzimajući u obzir da efikasnost separacije polutanta iz vodene sredine zeolitima zavisi od niza procesnih faktora, neophodni su testovi koji osiguravaju njihovu optimalnu upotrebu u specifičnim uslovima. U ovom radu je izučavano uklanjanje jona Ba prirodnim klinoptilolitom i sintetičkim zeolitom 4A iz jednokomponentnih rastvora i dvokomponentnih smeša jona Ba i Sr, u ravnotežnim uslovima. Rezultati su pokazali da se joni Ba preferentno vezuju u odnosu na Sr nezavisno od tipa zeolita, ali su kapaciteti i efikasnost sorpcije Ba, kao i oba katjona u uslovima kompeticije, značajno veći primenom Z4A. Ukupni kapacitet sorpcije jona se povećava u dvokomponentnim sistemima, što ukazuje na učešće dodatnih aktivnih centara zeolita u prisustvu jona Sr.

Uvod

Barijum (Ba) se u povišenim koncentracijama može javiti u zemljištu, sedimentima, rečnoj i morskoj vodi, kao i u otpadnim vodama iz poljoprivrede i raznih grana industrije [1]. Rastvorljive vrste Ba su veoma toksične, pa i u niskim koncentracijama u pijaćoj vodi predstavljaju uzrok ozbiljnih zdravstvenih problema. Svetska zdravstvena organizacija (SZO), koja generiše smernice o kvalitetu vode kao osnov za postavljanje standarda u zemljama širom sveta, propisuje granicu od 0,7 mg/L za Ba u pijaćoj vodi [2]. Takođe, prisustvo radioaktivnih izotopa Ba u životnoj sredini, posebno γ -emitera Ba-133 sa periodom poluraspada od 10,55 godina, može predstavljati značajan rizik po ljudsko zdravlje. Ovi izotopi su proizvodi fisije nuklearnog goriva, a oslobađaju se putem efluenta koji sadrže radioaktivni otpad iz nuklearnih elektrana, preradom nuklearnog goriva, akcidentima u nuklearnim elektranama, kao i testiranjem nuklearnog oružja [3].

Široka upotreba zeolita za uklanjanje radioaktivnih izotopa zasniva se na jonskoj izmeni, a velika ponuda prirodnih i sintetičkih proizvoda različitih fizičko-hemijskih karakteristika omogućava izbor optimalnog zeolita za konkretnu primenu [4]. Vanmrežni katjoni zeolita, smešteni u kanale i šupljine, vezani su slabim elektrostatičkim silama i, u zavisnosti od svoje dostupnosti, lakše ili teže se zamenjuju drugim katjonima prisutnim u rastvoru. Stoga, kapacitet izmene katjona i selektivnost, kao funkcionalna svojstva zeolita, zavise od kristalohemijskog i strukturnog sastava samog zeolita [5]. Prisustvo kompetitivnih jonskih vrsta u složenom sastavu realnih matriksa može umanjiti efikasnost uklanjanja radionuklida iz otpadnih voda, kontaminiranih podzemnih voda ili zemljišta. Ciljevi ovog rada bili su da se (1) uporede efikasnosti uklanjanja Ba prirodnim zeolitom i sintetičkim zeolitom tipa 4A u uslovima ravnoteže i (2) ispita efekat kompetitivnih jona Sr na efikasnost i kapacitet sorpcije jona Ba zeolitom.

Експериментални део

Sorpcioni експерimenti su izvedeni u šaržnim uslovima, na sobnoj temperaturi (21 ± 1 °C), mešanjem čvrste i tečne faze u plastičnim kivetama na laboratorijskoj mešalici (10 rpm). Precizno odmerene mase (0,1000 g) prirodnog zeolita (PZ – klinoptilolit, ležište Zalau, Rumunija) i sintetičkog zeolita 4A (Z4A – fabrika “Alumina”, Zvornik, Bosna i Hercegovina) uravnotežavane su sa 20 mL simuliranog tečnog otpada tokom 24 sata, radi postizanja sorpcione ravnoteže. Rastvori su pripremljeni rastvaranjem soli analitičke čistoće ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$) u dejonizovanoj vodi. U prvoj seriji eksperimenata su korišćeni rastvori jona Ba u opsegu koncentracija 10^{-4} mol/L – 10^{-2} mol/L, a u drugoj seriji ekvimolarne smeše jona Ba i Sr u kojima je početna koncentracija svakog jona varirana u opsegu 10^{-4} mol/L – 10^{-2} mol/L. Početna pH vrednost svih rastvora je podešena na $5,0 \pm 0,1$. Nakon centrifugiranja (10 min, 9000 rpm), tečne faze su profiltrirane kroz membranske mikrofiltere (0,45 μm) i izmerene su ravnotežne pH vrednosti. Metodom optičke emisije spektrometrije sa induktivno kuplovanom plazmom (ICP-OES, Perkin Elmer Avio 200), određene su početne i ravnotežne koncentracije Ba i Sr na talasnim dužinama od 233,527 nm, odnosno 407,771 nm. Količine sorbovanih jona po jedinici mase zeolita (Q_e , mmol/g) i efikasnost uklanjanja jona Ba i Sr (E, %) izračunate su prema jednačinama:

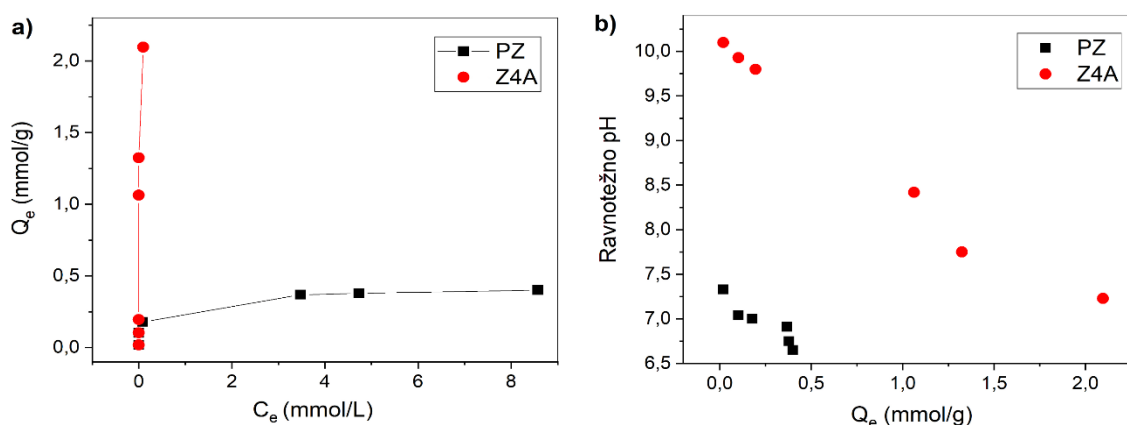
$$(1) \quad Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m}$$

$$(2) \quad E(\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100$$

gde C_0 i C_e predstavljaju početnu i ravnotežnu koncentraciju jona u rastvoru (mmol/L), V je zapremina tečne faze (L), a m je masa zeolita (g).

Rezultati i diskusija

Na Slici 1a prikazane su sorpcione izoterme jona Ba na ispitivanim zeolitima, kao zavisnost između količine sorbovane čvrstom fazom i količine zaostale u rastvoru, u uslovima sorpcione ravnoteže.

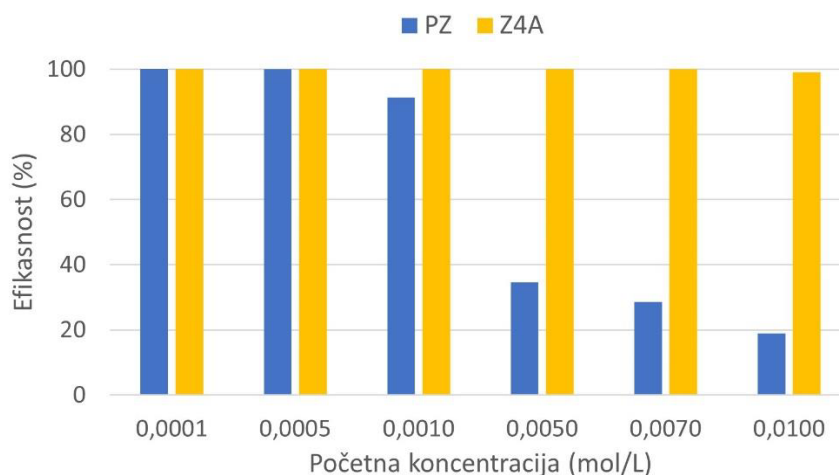


Slika 1: a) Sorpcione izoterme Ba na zeolitima, b) zavisnost pH vrednosti rastvora od sorbovane količine Ba u uslovima ravnoteže

Osim razmenom, katjoni metala mogu biti specifično sorbovani ili precipitirani na površini zeolita, pa je kapacitet zeolita zbir aktivnih jonskih i sorpcionih centara [8]. Slika 1b prikazuje zavisnost između pH vrednosti rastvora nakon tretmana zeolitima i količine

sorbovanih jona Ba. Neutralne pH vrednosti (7,3) opadaju do blago kiselih (6,6) sa porastom sorpcije Ba na PZ, dok se pH vrednosti nakon primene Z4A menjaju od visoko alkalnih (10,1) do neutralnih (7,2) sa porastom sorbovane količine Ba. Ovi podaci potvrđuju učešće mehanizma specifične sorpcije jona Ba na protonovanim aktivnim površinskim centrima oba zeolita.

Efikasnost uklanjanja jona Ba ispitivanim zeolitima u funkciji početne koncentracije jona Ba prikazana je na Slici 2.

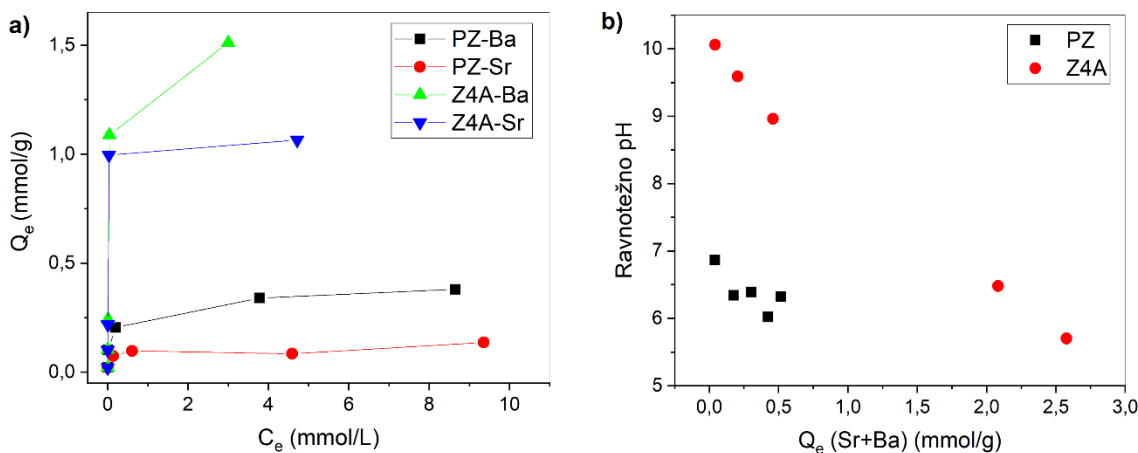


Slika 2: Efikasnost uklanjanja jona Ba zeolitima u funkciji početne koncentracije Ba

Do početne koncentracije od $5 \cdot 10^{-3}$ mol/L, koncentracije Ba u rastvoru nakon tretmana sa Z4A su bile ispod granica detekcije ($<0,005$ mg/L). Efikasnost procesa uklanjanja jona Ba je smanjena od praktično 100 % do 99,1 % pri najvećoj primenjenoj koncentraciji Ba (10^{-2} mol/L). Prirodni zeolit je takođe veoma efikasan za uklanjanje Ba iz rastvora niskih koncentracija (100 % pri $C_0=10^{-4}$ mol/L; 99,9 % pri $C_0=5 \cdot 10^{-4}$ mol/L). Sa daljim povećanjem koncentracije Ba u simuliranoj otpadnoj vodi (10^{-3} mol/L – 10^{-2} mol/L) efikasnost procesa naglo pada opada od 91,3 % do svega 18,9 %.

Na Slici 3a su prikazane kompetitivne sorpcione izoterme jona Ba i Sr na zeolitima. Eksperimentalno određeni maksimalni kapaciteti Z4A su 1,510 mmol/g za Ba i 1,065 mmol/g za Sr. U odnosu na sintetički proizvod, maksimalni kapacitet PZ je ~ 4 puta manji za jone Ba (0,380 mmol/g) i ~ 8 puta manji za jone Sr (0,136 mmol/g). Preklopljeni vertikalni delovi izoterme sorpcije Ba i Sr na Z4A pokazuju da se oba jona sorbuju paralelno do vrednosti od 1 mmol/g, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima [9]. Poređenje količina jona Ba sorbovanih iz jednokomponentnih rastvora i smeše pokazuje uticaj kompeticije sa jonima Sr tek pri visokim koncentracijama oba katjona (10^{-2} mol/L) i značajnije smanjenje maksimalnog kapaciteta Z4A prema Ba u odnosu na PZ.

U višekomponentnim rastvorima, fenomen sorpcije je konkurentan, te je pored kapaciteta i selektivnost zeolita prema katjonima iz rastvora važno svojstvo sa aspekta praktične primene. Uzimajući u obzir raznovrsnost kristalografskih mesta u strukturi zeolita i moguću migraciju katjona, sorpciona mesta nisu homogena, a osim afiniteta određenog jona metala prema površinskim centrima, na konkurentnu sorpciju utiču i efekti interakcija. Kombinovanom termodinamičkom analizom utvrđeno je da je u sistemu koji sadrži jone Ba i Sr redosled zauzimanja mesta na površini zeolita 4A modifikovan u odnosu na jednokomponentne rastvore, kao rezultat konkurencije [9]. Pretpostavljeno je da se jedna od komponenti sorbuje na površinskim mestima različitim od onih koje zauzima kada je sama u vodenoj fazi.

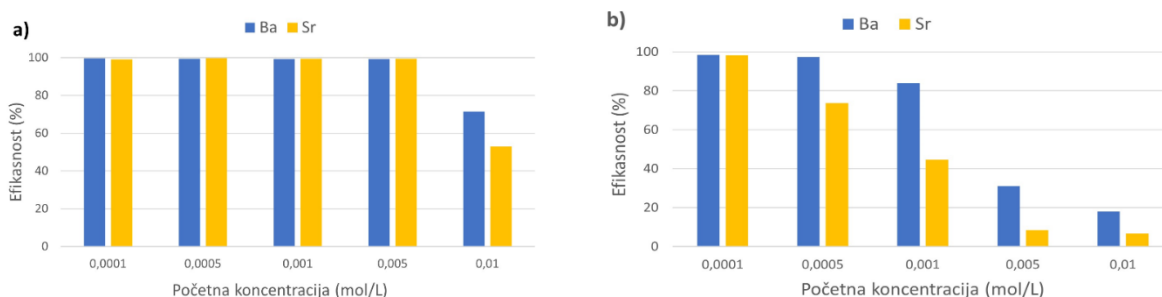


Slika 3: a) Kompetitivne sorpcione izoterme jona Ba i Sr na zeolitima, b) zavisnost pH vrednosti rastvora od sorbovane količine Ba i Sr jona u uslovima ravnoteže

Ukupni kapacitet sorpcije jona ($Q_{e,Ba}+Q_{e,Sr}$) se povećava u dvokomponentnim sistemima u odnosu na jednokomponentne rastvore Ba, dostižući maksimalne vrednosti od 0,517 mmol/g za PZ i 2,576 mmol/g za Z4A. Ova pojava potvrđuje učešće dodatnih aktivnih centara zeolita u prisustvu jona Sr.

Promene ravnotežnih pH vrednosti smeše rastvora sa ukupnom količinom sorbovanih jona prate isti trend kao i u slučaju jednokomponentnih rastvora (Slika 3b). Saglasno većem ukupnom kapacitetu sorpcije jona, pH vrednosti značajnije opadaju (do 6,3 i 5,7 nakon primene PZ i Z4A, respektivno), pokazujući da mehanizam specifične sorpcije učestvuje i u mehanizmu uklanjanja jona Sr zeolitima.

Efikasnost dva zeolita za uklanjanja jona Ba i Sr iz smeše prikazana je na Slici 4. Do početne koncentracije od $5 \cdot 10^{-3}$ mol/L, oba katjona su uklonjena iz rastvora primenom Z4A u visokom procentu ($> 99\%$), dok je pri početnim koncentracijama jona od 10^{-2} mol/L efikasnost opala na 71,5 % za jone Ba i 53,0 % za jone Sr. Nasuprot tome, PZ efikasno uklanja jone Ba i Sr ($> 98\%$) samo pri najnižoj ispitivanoj početnoj koncentraciji jona od 10^{-4} mol/L, a sa daljim porastom koncentracije jona u smeši efikasnost procesa opada do 18,0 % za Ba i 6,8 % za Sr.



Slika 4: Efikasnost uklanjanja Ba i Sr jona iz ekvimolarnih smeša različitih početnih koncentracija zeolitom 4A (a) i prirodnim zeolitom (b)

Zaključak

U uslovima kompeticije, maksimalni sorpcioni kapaciteti prate trend $Ba > Sr$ nezavisno od tipa zeolita, ali su vrednosti kapaciteta Z4A značajno veće u odnosu na PZ (~ 4 puta za jone Ba i ~ 8 puta za jone Sr). Ukupni kapacitet sorpcije jona ($Ba+Sr$) se kod oba zeolita povećava u odnosu na kapacitet sorpcije Ba iz jednokomponentnih rastvora, što ukazuje na dostupnost novih

aktivnih centara zeolita u uslovima kompetitivne sorpcije. Bez obzira na kapacitet sorbenta, proces će u praksi biti efikasan samo ukoliko su koncentracije/aktivnosti polutanata u rastvoru nakon tretmana ispod prihvatljivih sigurnih granica. I prirodni klinoptilolit i sintetički Z4A mogu biti efikasni sorbenti koegzistirajućih Ba i Sr jona, međutim, Z4A je efikasan u znatno većem opsegu njihovih početnih koncentracija. Nakon tretmana sa 5g/L Z4A, efikasnost procesa dekontaminacije simulirane otpadne vode je > 99 % do početnih koncentracija Ba od 10^{-2} mol/L, odnosno, do koncentracije $5 \cdot 10^{-3}$ mol/L svakog od jona u dvokomponentnoj smeši. Rezultati ukazuju i na opravdanost korišćenja sintetičkog zeolita 4A u tretmanu industrijskih i drugih voda sa visokim koncentracijama toksičnih Ba jona.

Zahvalnica

Rad je podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-47/2023-01/200017).

Literatura

- [1] H. A. Aziz, M. F. Ghazali, Y.-T. Hung, L. K. Wang. Toxicity, source, and control of barium in the environment, in: Handbook of Advanced Industrial and Hazardous Wastes Management, Eds: L. K. Wang, M.-H. S. Wang, Y.-T. Hung, N. K. Shamma, J. P. Chen, CRP Press, Boca Raton, 2017.
- [2] <https://cpcb.nic.in/who-guidelines-for-drinking-water-quality/>
- [3] Y. Peng, H. Huang, D. Liu, C. Zhong. Radioactive barium ion trap based on metal-organic framework for efficient and irreversible removal of barium from nuclear wastewater, ACS Applied Materials and Interfaces Vol.8 No.13, 2016, 8527–8535, ISSN:1944-8244.
- [4] M. Jiménez-Reyes, P.T. Almazán-Sánchez, M. Solache-Ríos. Radioactive waste treatments by using zeolites. A short review, Journal of Environmental Radioactivity Vol.233, 2021, 106610, ISSN:0265-931X.
- [5] A. Radosavljević-Mihajlović, B. Matović. Prirodni zeoliti i mogućnost njihove primene u zaštiti životne sredine, Nauka, bezbednost, policija Vol.13 No.2, 2008, 107–119, ISSN:0354-8872.
- [6] K. Stocker, M. Ellersdorfer, M. Lehner, J.G. Raith. Characterization and utilization of natural zeolites in technical applications, Berg Huettenmaenn Monatsh Vol.162, 2017, 142–147, ISSN:0005-8912.
- [7] I. Smičiklas, I. Coha, M. Jović, M. Nodilo, M. Šljivić-Ivanović, S. Smiljanić, Ž. Grahek. Efficient separation of strontium radionuclides from high-salinity wastewater by zeolite 4A synthesized from Bayer process liquids, Scientific Reports Vol.11, 2021, 1738, ISSN:2045-2322.
- [8] V. J. Inglezakis. The concept of “capacity” in zeolite ion-exchange systems, Journal of Colloid and Interface Science Vol.281, 2005, 68–79, ISSN:0021-9797.
- [9] B. PreLOT, M. Araïssi, P. Gras, F. Marchandea, J. Zajac. Contribution of calorimetry to the understanding of competitive adsorption of calcium, strontium, barium, and cadmium onto 4A type zeolite from two-metal aqueous solutions, Thermochemica Acta Vol.664, 2018, 39–47, ISSN:0040-6031.

EFFICIENCY AND CAPACITY OF Ba^{2+} IONS SORPTION BY ZEOLITE 4A AND NATURAL CLINOPTILOLITE AND INFLUENCE OF COMPETING Sr^{2+} IONSIvana SMIČIKLAS¹, Mihajlo JOVIĆ¹, Snežana DRAGOVIĆ¹1) *"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, Institute of National Importance for the Republic of Serbia, University of Belgrade, Mike Petrovića Alasa 12-14, Belgrade***ABSTRACT**

The radioactive barium isotope Ba-133 ($t_{1/2} = 10.55$ y), generated in nuclear reactors, nuclear weapons testing, other nuclear activities, and accidents, reaches the environment through atmospheric emission, contaminated water and leaching from waste. Considering that the efficiency of pollutant separation from aqueous media using zeolites depends on many process factors, tests are necessary to ensure their optimal use in specific conditions. This work studied the removal of Ba ions by natural clinoptilolite and synthetic zeolite 4A from one-component solutions and two-component mixtures of Ba and Sr ions, under equilibrium conditions. The results showed that Ba ions bind preferentially compared to Sr regardless of zeolite type. However, the capacity and efficiency of Ba sorption and sorption of both cations under competing conditions are significantly higher with the use of Z4A. The total ion sorption capacity increases in two-component systems, indicating the participation of additional active zeolite centers in the presence of Sr ions.

САДРЖАЈ

ОПШТИ ПРОБЛЕМИ ЗАШТИТЕ ОД ЗРАЧЕЊА GENERAL PROBLEMS OF RADIATION PROTECTION 1

OPRAVDANOST, OPTIMIZACIJA I REFERENTNI NIVOI U SITUACIJAMA POSTOJEĆEG IZLAGANJA 2

JUSTIFICATION, OPTIMIZATION AND REFERENCE LEVELS IN EXISTING EXPOSURE SITUATIONS 8

METROPOEM PROJEKAT – METROLOGIJA ZA HARMONIZACIJU MERENJA ZAGADJIVAČA ŽIVOTNE SREDINE U EVROPI 9

METROPOEM – METROLOGY FOR THE HARMONISATION OF MEASUREMENTS OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS IN EUROPE 14

РАДИОЕКОЛОГИЈА И ИЗЛАГАЊЕ СТАНОВНИШТВА RADIOECOLOGY AND POPULATION EXPOSURE 15

RADIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA NA TERITORIJI VOJVODINE 16

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF AGRICULTURAL SOIL IN THE TERRITORY OF VOJVODINA 23

MONITORING RADIOAKTIVNOSTI I PROCENA RADIJACIONOG RIZIKA U OKOLINI TERMOELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI U 2021. I 2022. GODINI 24

RADIOACTIVITY MONITORING AND RADIATION RISK ASSESSMENT IN THE SURROUNDINGS OF THERMAL POWER PLANTS IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN 2021 AND 2022 29

GRAMON BAZA PODATAKA: DESETOGODIŠNJA MERENJA SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U VAZDUHU 30

GRAMON DATABASE: TEN YEARS OF BERYLLIUM-7 SPECIFIC ACTIVITY MEASUREMENTS 35

ISPITIVANJE SADRŽAJA RADIONUKLIDA U VODI I SEDIMENTU, REKA SAVA 36

RADIONUCLIDES IN WATER AND SEDIMENT, SAVA RIVER 41

RADIOLOŠKA ANALIZA NEKIH VRSTA LEKOVITOG BILJA SA PODRUČJA GUČEVA I PROCENA GODIŠNJE EFEKTIVNE DOZE USLED INGESTIJE 42

RADIOLOGICAL ANALYSIS OF SOME TYPES OF MEDICINAL PLANTS FROM THE GUČEVO AREA AND ESTIMATION OF ANNUAL EFFECTIVE DOSE DUE TO INGESTATION 48

PRIMENA JONOIZMENJIVAČKIH SMOLA ZA GAMA SPEKTROMETRIJSKO ODREĐIVANJE RADIJUMA U VODI 49

APPLICATION OF ION EXCHANGE RESINS FOR GAMMA SPECTROMETRIC DETERMINATION OF RADIUM IN WATER 55

ODREĐIVANJE VEŠTAČKIH I PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORKU ZEMLJIŠTA U SVRHU INTERKOMPARACIJE IAEA-TERC-2022-02 56

DETERMINATION OF GAMMA-EMITTING ANTHROPOGENIC AND NATURAL RADIONUCLIDES IN SOIL SAMPLE FOR THE PURPOSE OF PROFICIENCY TEST IAEA-TERC-2022-02 ALMERA 61

RASPODELA KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA ŽIVOTNE SREDINE KAO POSLEDICA RADA TERMOELEKTRANE “KOLUBARA” U PERIODU 2010 – 2022. GODINE 62

THE ACTIVITY CONCENTRATION DISTRIBUTIONS OF NATURALLY OCCURRING RADIONUCLIDES IN THE ENVIRONMENTAL SAMPLES AS A RESULT OF THE OPERATION OF THE “KOLUBARA” COAL-FIRED POWER PLANT IN THE PERIOD OF 2010 – 2022. 70

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ALKALI ACTIVATED MATERIALS CONTAINING WOOD AND FLY ASH 71

RADIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA ALKALNO AKTIVNIH MATERIJALA KOJI SADRŽE DRVENI I LETEĆI PEPEO	79
POTENCIJALNI ODNOS IZMEĐU KONCENTRACIJE TRICIJUMA U KIŠNICI I REKAMA.....	80
RELATIONSHIP BETWEEN TRITIUM CONCENTRATIONS IN PRECIPITATION AND RIVERS.....	85
ANALIZA TRENDA PROMENE UKUPNE ALFA I UKUPNE BETA AKTIVNOSTI U POLJOPRIVREDNOM EKOSISTEMU.....	86
ANALYSIS OF TREND OF THE GROSS ALPHA AND GROSS BETA ACTIVITY IN THE AGRICULTURAL ECOSYSTEM.....	92
AKUMULACIJA RADIONUKLIDA IZ ZEMLJIŠTA U PLODOVIMA LEŠNIKA	93
ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES FROM SOIL IN HAZELNUT FRUITS.....	102
REZULTATI MERENJA PRIVATNE MERNE STANICE U POŽAREVCU ZA KONTINUALNO MERENJE AMBIJENTALNOG EKVIVALENTA DOZE ZA 2021. I 2022. GODINU.....	103
MEASUREMENT RESULTS OF PRIVATE MEASURING STATION IN POŽAREVAC FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF AMBIENT DOSE EQUIVALENT FOR 2021 AND 2022	109
ISPITIVANJE KONCENTRACIJE RADIONUKLIDA U SEDIMENTU PODMORJA CRNE GORE	110
CONCENTRATION OF RADIONUCLIDES IN THE SUBMARINE SEDIMENT OF MONTENEGRO	115
SADRŽAJ RADIONUKLIDA I DOZA INGESTIJOM ZA ČAJEVE SPRAVLJENE OD LEKOVITOG BILJA SA TERITORIJE REPUBLIKE SRBIJE.....	116
RADIONUCLIDE CONTENT AND INGESTION DOSE FOR TEA MADE FROM MEDICINAL HERBES FROM THE THERITORY OF REPUBLIC OF SERBIA	121
ANALIZA FRAKTALNE PRIRODE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U PRIZEMNOM SLOJU ATMOSFERE MERENE U BEOGRADU, SRBIJA (1991-2022)	122
ANALYSIS OF THE FRACTAL NATURE OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF BERYLLIUM-7 IN THE NEAR-SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE MEASURED IN BELGRADE, SERBIA (1991–2022)	127
FLY-ASH FOR USAGE IN THE BUILDING MATERIAL INDUSTRY	128
UPOTREBA LETEĆEG PEPELA U INDUSTRIJI GRAĐEVINSKOG MATERIJALA	136
IZBOR REFERENTNOG DATUMA ZA PREZENTOVANJE AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA U VREMENSKI KOMPOZITNIM UZORCIMA.....	137
SELECTION OF REFERENCE DATE FOR PRESENTATION OF RADIONUCLIDE ACTIVITY IN TIME-COMPOSITE SAMPLES.....	142
SADRŽAJ RADIONUKLIDA I TEŠKIH METALA U OTPADNOM TALOGU OD PREČIŠĆAVANJA RASTVORA ZA ELEKTROLIZU CINKA U “ZORKI” ŠABAC	143
CONTENT OF RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS IN THE WASTE PRECIPITATE FROM THE PURIFICATION OF THE SOLUTION FOR THE ELECTROLYSIS OF ZINC IN "ZORKA" ŠABAC	152
SOIL TO PLANT TRANSFER OF CS-137, SR-90, RA-226, PB-210 AND K-40 IN DIFFERENT AGRICULTURAL PRODUCTS IN CROATIA.....	153
PRIJENOS CS-137, SR-90, RA-226, PB-210 I K-40 IZ TLA U BILJKU U RAZLIČITIM POLJOPRIVREDNIM KULTURAMA U HRVATSKOJ	159
РАДОН RADON.....	160
MERENJE RADIOAKTIVNOSTI I EKSHALACIJE RADONA IZ KONCENTRATA ARSENA KORIŠĆENOG U INDUSTRIJI CINKA „ZORKA” ŠABAC	161
MEASUREMENTS OF RADIOACTIVITY AND RADON EXHALATION FROM THE ARSENIC CONCENTRATE USED IN THE ZINC INDUSTRY "ZORKA" ŠABAC	171
RADON U SREDNJIM ŠKOLAMA U CRNOJ GORI.....	172

RADON IN SECONDARY SCHOOLS IN MONTENEGRO.....	177
RAZVOJ METODOLOGIJE ZA BRZU DIJAGNOSTIKU POVIŠENIH NIVOVA RADONA I ANALIZU GEOLOŠKIH FAKTORA U RADONOM UGROŽENIM PODRUČJIMA	178
DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR RAPID DIAGNOSTIC OF ELEVATED RADON LEVELS AND ANALYSIS OF GEOLOGICAL FACTORS IN RADON PRIORITY AREAS.....	185
MERENJE KONCENTRACIJE RADONA U ZATVORENOM PROSTORU – PRIKAZ JEDNOG SLUČAJA.....	186
INDOOR RADON CONCENTRATION MEASUREMENT - CASE STUDY	195
TRACERADON PROJEKAT – PREGLED NAJVAŽNIJIH REZULTATA.....	196
TRACERADON PROJECT – AN OVERVIEW OF SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS	205
MONITORING KONCENTRACIJE RADONA U RADNOM PROSTORU, LABORATORIJA PMF-A U KOSOVSKOJ MITROVICI	206
MONITORING OF RADON CONCENTRATION IN THE WORKPLACE, LABORATORY OF FACULTY IN KOSOVSKA MITROVICA.....	211
ISPITIVANJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA SA VODOIZVORIŠTA U CRNOJ GORI	212
INVESTIGATION OF RADON ACTIVITY CONCENTRATION FROM WATER SOURCES IN MONTENEGRO	218
METODE DETEKCIJE I MERNA INSTRUMENTACIJA DETECTION METHODS AND MEASUREMENT INSTRUMENTATION.....	219
PONOVLJIVOST ODREĐIVANJA AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA CS-137 IZ CILINDRIČNOG RADIOAKTIVNOG IZVORA.....	220
REPEATABILITY OF CS-137 RADIONUCLIDE ACTIVITY DETERMINATION FROM CYLINDRICAL RADIOACTIVE SOURCE	224
VARIJACIJE FONA HPGE DETEKTORA	225
BACKGROUND VARIATIONS OF HPGE DETECTORS	231
INTERNA KONTROLA KVALITETA HPGE GAMASPEKTROMETRIJSKOG SISTEMA.....	232
INTERNAL QUALITY CONTROL OF HPGE GAMMA SPECTROMETRY SYSTEM.....	237
ODREĐIVANJE SADRŽAJA PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA MINERALNIH ĐUBRIVA.....	238
DETERMINATION OF THE CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN SAMPLES OF MINERAL FERTILIZERS.....	244
GODIŠNJA KONTROLA DETEKTORA INSPECTOR 1000 I RADEYE PRD	245
ANNUAL CONTROL OF INSPECTOR 1000 AND RADEYE PRD DETECTORS.....	251
UPOTREBA FRAM SOFTVERA U ANALIZI GAMA SPEKTARA NUKLEARNIH MATERIJALA	252
FRAM SOFTVER	252
THE USE OF FRAM SOFTWARE IN THE ANALYSIS OF GAMMA SPECTRA OF NUCLEAR MATERIALS	258
REZULTATI ISPITIVANJA SONDE S1 SA KOMPENZACIONIM FILTEROM ZA MERENJE AMBIJENTALNOG EKVIVALENTA DOZE ZA UREĐAJ DMRZ-M15	259
TEST RESULTS OF PROBE S1 WITH COMPENSATION FILTER FOR MEASURING THE AMBIENT EQUIVALENT DOSE USED WITH DMRZ-M15 SURVEY METER.....	264
MERNA NESIGURNOST AMBIJENTALNIH FOTONSKIH DOZIMETARA U IMPULSNOM REŽIMU RADA SA POSEBNIM OSVRTOM NA UTICAJ OSETLJIVOSTI DETEKCIJE I VREMENA MERENJA	265

MEASUREMENT UNCERTAINTY OF AMBIENT PHOTON DOSIMETERS IN PULSE MODE OPERATION WITH SPECIAL EMPHASIS TO THE INFLUENCE OF DETECTION SENSITIVITY AND MEASUREMENT TIME	271
PRIPREMA RADIOAKTIVNIH STANDARDA ZA KALIBRACIJU GAMA SPEKTROMETARA	272
PREPARATION OF RADIOACTIVE STANDARDS FOR CALIBRATION OF GAMMA SPECTROMETER	279
ODREĐIVANJE SR-89 I SR-90 ČERENKOVLJEVIM BROJENJEM.....	280
DETERMINATION OF SR-89 AND SR-90 BY CHERENKOV COUNTING.....	286
ANALIZA FLUKSA I DOZNIH EFEKATA TERESTRIJALNOG SKYSHINE ZRAČENJA	287
ANALYSIS OF FLUX AND DOSE EFFECTS OF TERRESTRIAL SKYSHINE RADIATION	292
KALIBRACIJA LSC DETEKTORA U OKVIRU RAZVOJA METODE ZA MERENJE URANIJUMA U PODZEMNIM VODAMA	293
CALIBRATION OF LSC DETECTOR FOR THE DEVELOPMENT OF METHOD FOR MEASURING URANIUM IN GROUNDWATER.....	297
ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊА У МЕДИЦИНИ RADIATION PROTECTION IN MEDICINE.....	298
ANALIZA RASEJANJA ZRAČENJA OD ZAUSTAVLJAČA SNOPI KOD LINEARNIH MEDICINSKIH AKCELERATORA	299
ANALYSIS OF RADIATION SCATTERING FROM BEAM STOPPERS AT LINEAR MEDICAL ACCELERATORS.....	305
UNAPREĐENJE ZAŠTITE MEDICINSKOG OSOBLJA KOJE UČESTVUJE U FLUOROSKOPSKI VOĐENIM INTERVENTNIM PROCEDURAMA UVOĐENJEM POLUAUTOMATSKOG SISTEMA UPRAVLJANJA VISEĆIM ZAŠTITNIM EKRAKOM.....	306
IMPROVING THE PROTECTION OF MEDICAL STAFF PARTICIPATING IN FLUOROSCOPICALLY GUIDED INTERVENTIONAL PROCEDURES BY INTRODUCING A SEMI-AUTOMATIC SYSTEM FOR MANAGING A CEILING-SUSPENDED PROTECTIVE SCREEN.....	312
NOVI PRISTUP U KONSTRUKCIJI ZAŠTITE U BRAHITERAPIJI-BRAHITERAPIJSKA KOMORA	313
A NEW APPROACH IN THE CONSTRUCTION OF PROTECTION IN BRACHYTHERAPY – BRACHYTHERAPY CHAMBER.....	320
EKSPERIMENTALNI MODEL ZA PROCENU MOGUĆEG RADIOPROTEKTIVNOG EFEKTA BILJNOG EKSTRAKTA	321
EXPERIMENTAL MODEL FOR ASSESSING THE POSSIBLE RADIOPROTECTIVE EFFECT OF PLANT EXTRACT	327
CT PROTOKOL I VRIJEDNOSTI DOZA ZA PREGLED UROGRAFIJE.....	328
CT PROTOCOL AND DOSE VALUES FOR UROGRAPHY EXAMINATION.....	334
STANJE RENDGEN-APARATA U DIJAGNOSTIČKOJ RADIOLOGIJI U CRNOJ GORI.....	335
THE CONDITION OF X-RAY MACHINES IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY IN MONTENEGRO	341
VALIDACIJA ITLC METODE ZA ODREĐIVANJE SADRŽAJA RADIOHEMIJSKE NEČISTOĆE C U ^{99m} Tc-MIBI INJEKCIJI	342
VALIDATION OF AN ITLC METHOD FOR THE DETERMINATION OF RADIOCHEMICAL IMPURITIES C IN ^{99m} Tc-MIBI INJECTION.....	349
METODA ISPITIVANJA FIZIOLOŠKE RASPODELE ^{99m} Tc-DPD.....	350
METHOD FOR INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL DISTRIBUTION OF ^{99m} Tc DPD	355
AUTOMATIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE RADIOFARMACEUTIKA U CILJU SMANJENJA DOZE ZRAČENJA OPERATERA.....	356

AUTOMATION OF THE PRODUCTION OF RADIOPHARMACEUTICAL WITH THE AIM TO REDUCE THE OPERATOR'S RADIATION DOSE	360
ДОЗИМЕТРИЈА DOSIMETRY	361
USPOSTAVLJANJE ETALONSKOG POLJA ZA MALE VREDNOSTI JAČINE DOZNOG EKVIVALENTA.....	362
ESTABLISHING CALIBRATION FIELD FOR SMALL VALUES OF DOSE EQUIVALENT RATE....	368
EVALUATION OF DIAGNOSTIC RADIOLOGY DETECTOR PERFORMANCE IN REFERENCE MAMMOGRAPHY RADIATION FIELDS	369
EVALUACIJA PERFORMANSI DETEKTORA ZA DIJAGNOSTIČKU RADIOLOGIJU U REFERENTNIM POLJIMA ZRAČENJA ZA MAMMOGRAFIJU	375
PROVERA RADIOTERAPIJSKIH USTANOVA SRBIJE OD 2019. DO 2022. GODINE POŠTANSKOM DOZIMETRIJOM U VELIČINI APSORBOVANA DOZA U VODI.....	376
POSTAL DOSIMETRY AUDIT OF RADIOTHERAPY CENTERS IN SERBIA FOR THE PERIOD FROM 2019. TO 2022. IN TERMS OF ABSORBED DOSE TO WATER	381
THE INFLUENCE OF COMPRESSION PADDLE POSITIONING ON HVL MEASUREMENTS IN MAMMOGRAPHY	382
UTICAJ POZICIJE KOMPRESIJE PAPUČICE NA HVL MERENJA U MAMMOGRAFIJI	386
PRIMENA TL DOZIMETARA ZA ISPITIVANJE TAČNOSTI ISPORUČENE DOZE U OZRAČIVAČU KRVI	387
APPLICATION OF TL DOSIMETERS FOR TESTING THE ACCURACY OF DELIVERED DOSE IN BLOOD IRRADIATOR.....	393
БИОЛОШКИ ЕФЕКТИ ЈОНИЗУЈУЋИХ ЗРАЧЕЊА BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION	394
SINTEZA LUTECIJUMA(III) KOMPLEKSA SA POLIAZAMAKROCIKLIČNIM LIGANDOM	395
SYNTHESIS OF LUTETIUM(III) COMPLEX WITH A POLYAZAMACROCYCLIC LIGAND.....	400
ANTIOKSIDATIVNI I RADIOPROTEKTIVNI EFEKAT FLAVONOIDA NA UČESTALOST MIKRONUKLEUSA U HUMANIM LIMFOCITIMA	401
ANTIOXIDATIVE AND RADIOPROTECTIVE EFFECT OF FLAVONOIDS ON FREQUENCY OF MICRONUCLEI IN HUMAN LYMPHOCYTES.....	405
PROMENE GENETIČKOG MATERIJALA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI IZLOŽENIH U VANREDNOM DOGAĐAJU NA GRANIČNOM PRELAZU BEZDAN.....	406
CYTOGENETIC CHANGES IN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES OF THE EXPOSED PERSONS IN THE EMERGENCY EVENT AT THE BORDER CROSSING BEZDAN	410
ANALIZA ZDRAVSTVENOG STANJA RADNIKA NA CARINSKOM PRELAZU AKCIDENTALNO IZLOŽENIH RADIOAKTIVNOM ZRAČENJU	411
ANALYSIS OF THE HEALTH CONDITION AFTER THE EMERGENCY EVENT AT BEZDAN BORDER CROSSING	416
THE EFFECT OF HONEY ON MALONDIALDEHYDE LEVEL IN PLASMA EXPOSED TO A THERAPEUTIC DOSE OF RADIATION.....	417
DELOVANJE MEDA NA NIVO MALONDIALDEHIDA U PLAZMI IZLOŽENOJ TERAPIJSKOJ DOZI ZRAČENJA.....	423
OKSIDATIVNI STATUS KOD PACIJENATA OBOLELIH OD DOBRO DIFERENTOVANIH KARCINOMA ŠTITASTE ŽLEZDE NAKON TERAPIJE ¹³¹ I.....	424
OXIDATIVE STATUS IN PATIENTS SUFFERED FROM WELL DIFFERENTIATED THYROID CARCINOMA AFTER ¹³¹ I THERAPY.....	429

РАДИОАКТИВНИ ОТПАД И ДЕКОНТАМИНАЦИЈА RADIOACTIVE WASTE AND DECONTAMINATION.....430

BEZBEDNO UPRAVLJANJE ZATVORENIM IZVORIMA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA: MOGUĆI PRISTUPI, RUKOVANJE, KONDICIONIRANJE I SKLADIŠTENJE	431
SAFE MANAGEMENT OF SEALED RADIOACTIVE SOURCES: POSSIBLE APPROACHES, HANDLING, CONDITIONING AND STORAGE	438
EFIKASNOST I KAPACITET SORPCIJE JONA BA^{2+} ZEOLITOM 4A I PRIRODNIM KLINOPTILOLITOM I UTICAJ KOMPETICIJE SA JONIMA SR^{2+}	439
EFFICIENCY AND CAPACITY OF BA^{2+} IONS SORPTION BY ZEOLITE 4A AND NATURAL KLINOPTILOLITE AND INFLUENCE OF COMPETING SR^{2+} IONS.....	444
PREGLED POTENCIJALNIH PRIMENA OTPADNOG STAKLA EKRANA U MALTER-MATRIKSU ZA IMOBILIZACIJU TEČNOG RADIOAKTIVNOG OTPADA	445
OVERVIEW OF POTENTIAL APPLICATIONS OF SCREEN WASTE GLASS IN MORTAR-MATRIX FOR LIQUID RADIOACTIVE WASTE IMMOBILIZATION	451
ПРОБНИ РАД ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕРАДУ РАДИОАКТИВНОГ ОТПАДА БЕЗ РАДИОАКТИВНИХ И НУКЛЕАРНИХ МАТЕРИЈАЛА	452
TRIAL OPERATION OF THE RADIOACTIVE WASTE PROCESSING FACILITY WITHOUT RADIOACTIVE AND NUCLEAR MATERIALS	460
UPRAVLJANJE RADIOAKTIVNIM OTPADOM INSTITUTA ZA ONKOLOGIJU I RADIOLOGIJU SRBIJE	461
RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT OF THE INSTITUTE FOR ONCOLOGY AND RADIOLOGY OF SERBIA	468

РЕГУЛАТИВА, ЕДУКАЦИЈА И ЈАВНО ИНФОРМИСАЊЕ REGULATION, EDUCATION AND PUBLIC INFORMATION.....469

PRIMENA KAZNENIH MERA U INSPEKCIJSKOM NADZORU	470
APPLICATION OF PENALTIES IN INSPECTION OVERSIGHT	476
TERMINOLOGIJA U OBLASTI RADIJACIONE I NUKLEARNE SIGURNOSTI I BEZBEDNOSTI – IZAZOVI.....	477
TERMINOLOGY IN THE FIELD OF RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AND SECURITY – CHALLENGES	482
BEZBEDNOSNI IZAZOVI USLED POJAVE FALSIFIKOVANIH, LAŽNIH I SUMNJIVIH PREDMETA U LANCU NUKLEARNOG SNABDEVANJA	483
SECURITY CHALLENGES DUE TO THE APPEARANCE OF COUNTERFEIT, FAKE AND SUSPICIOUS ITEMS IN THE NUCLEAR SUPPLY CHAIN.....	488
UNAPREĐENJE REGULATORNOG OKVIRA U OBLASTI PRIMENE IZVORA ZRAČENJA U MEDICINI.....	489
IMPROVEMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF APPLICATION OF RADIATION SOURCES IN MEDICINE.....	495
GENERALNA PREVENCIJA ILEGALNE TRGOVINE RADIOAKTIVNIH MATERIJALA	496
GENERAL PREVENTION OF RADIOACTIVE MATERIALS ILLICIT TRAFFICKING.....	508

НЕЈОНИЗУЈУЋА ЗРАЧЕЊА NON-IONIZING RADIATION509

UTICAJ EVOLUCIJE MOBILNIH TEHNOLOGIJA NA IZLAGANJE LJUDI EM POLJIMA.....	510
THE INFLUENCE OF THE EVOLUTION OF MOBILE TECHNOLOGIES ON THE EXPOSURE OF PEOPLE TO EM FIELDS.....	518
ФОТОТЕРАПИЈА ЗА НЕОНАТАЛНУ ХИПЕРБИЛИРУБИНЕМИЈУ	519
PHOTOTHERAPY FOR NEONATAL HYPERBILIRUBINEMIA	525