

ECOLOGICA

UDC:502.7

ISSN 0354 - 3285

No - 84 • Beograd, 2016. • Godina XXIII

Samo u pretplati



Izdavač:

Naučno-stručno Društvo za zaštitu
životne sredine Srbije "ECOLOGICA"

ECOLOGICA

Osnivač i izdavač

NAUČNO - STRUČNO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE SRBIJE - ECOLOGICA

Publisher

SCIENTIFIC PROFESSIONAL SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF SERBIA - ECOLOGICA

Za izdavača: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović, Predsednik Društva ECOLOGICA

Glavni urednik – Editor in chief: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović

Odgovorni urednici – Associate editors

- Prof. dr Vidojko Jović, redovni član SANU, Beograd, Rudarsko geološki fakultet, Beograd
Prof. dr Slavko Mentus, redovni član SANU, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu
Prof. dr Dragan Veselinović, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu
Prof. dr Vladan Joldžić, Institut za kriminološka i sociološka istraživanja, Beograd

Međunarodni uređivački odbor International Editorial board

- Prof. dr Elena Ponomarenko, Faculty of Political Economy, Peoples Friendship University, RF
Prof. dr Alexandr Syso, Institute of Soil Science and Agrochemistry, RAN, RF
Prof. dr Vadim Ermakov, GEOHI RAN, Moskva, RF
Prof. dr Sergej Ostroumov, MGU "Lomonosov", RF
Prof. dr Vyacheslav Zaitsev, Astrakhan University, RF
Prof. dr Jaume Bech Borrás, Barcelona, Spain
Prof. dr Bekmamat Djenbaev, Institute of Biology and Pedology, Bishkek, Kirgizstan
Prof. dr Mihail Panin, Astana, Kazahstan
Prof. dr Fokion K. Vosniakos, B.EN.A, Greece
Assoc. prof. PhD Igor Stubelj, University of Primorska, Faculty of Management, Koper, Slovenia
Prof. dr Anna Nedyalkova, Free University, Bulgaria
Prof. dr habil Galya Gercheva, Varna, Bulgaria
Prof. dr Petar Hristov, Free University, Varna, Bulgaria
Assoc. prof. dr Anelia Nenova, Free University, Bulgaria
Prof. PhD Velizara Pencheva, Rector, University of Rousse, Bulgaria
Prof. dr Hristo Beloev, University of Rousse, Bulgaria
Prof. dr Atanas Atanasov, University of Rousse, Bulgaria
Assoc. prof. PhD Margarita Filipova, Rousse, Bulgaria
Dr Franz Brandstätter, Naturhistorisches Museum, Wien, Austria
Dr Agni Vlavianos-Arvanitis, Biopolitics, Athens, Greece
Dr Svetlana Jovanović, Mayo Center, Florida, USA
Prof. dr Valentin Vladut, Bucharest, Romania
Prof. dr Sorin Bungescu, Timisoara, Romania
Prof. dr Nataša Markovska, ICEIM-MANU, Macedonia
Prof. dr Nedim Suljić, Univerzitet u Tuzli, BiH

Uređivački odbor – Editorial board

- Emeritus profesor Života Radosavljević, FPSP, Univerzitet „Union - Nikola Tesla“, Beograd
Prof. dr Dejan Filipović, Geografski fakultet BU, Beograd
Prof. dr Milan Radosavljević, FPSP, Univerzitet „Union - Nikola Tesla“, Beograd
Prof. dr Boško Jovanović, Matematički fakultet, BU
Prof. dr Olja Munitlak Ivanović, IEN, Beograd
Prof. dr Vesela Radović, Institut za multidisciplinarna istraživanja, Beograd
Prof. dr Maja Anđelković, FSOM, Univerzitet „Union - Nikola Tesla“, Beograd
Prof. dr Miljana Barjaktarović, ALFA BK Univerzitet
Prof. dr Jozefina Beke Trivunac, ALFA BK Univerzitet
Prof. dr Nebojša Denić, ALFA BK Univerzitet
Prof. dr Brankica Bojović, FSJ, ALFA BK Univerzitet
Prof. dr Đorđe Jovanović, FIMEK, Novi Sad
Prof. dr Duško Bajin, Saobraćajni fakultet, Beograd
Prof. dr Dragan Jovašević, Pravni fakultet, Niš
Dr Antonije Onjia, Institut Vinča, Beograd
Doc. dr Jasmina Madžgalj, Gradska Uprava, Beograd
Doc. dr Zoran Čajka, FEFA, Univ. Singidunum, Beograd
Prof. dr Aleksandar Prnjat, ALFA BK Univerzitet, Beograd
Prof. dr Ljubinko Jovanović, EDUKONS, S. Kamenica
Prof. dr Gordana Ajduković, ECPD, Beograd
Prof. dr Višeslav Hadži-Tanović, Akademija SKAIN
Prof. dr Vera Petrović, VIŠER, Beograd
Dr Ivan Pavlović, Naučni institut za veterinarstvo, Beograd
Dr Dušan Stojadinović, Inst. "Jaroslav Černi", Beograd

Izdavački savet – Publisher board

- Prof. dr Dejan Erić, Beogradska Bankarska Akademija
Prof. dr Aleksandar Andrejević, Univerzitet Edukons Sremska Kamenica
Petar Rajačić, predsednik Akademije inovacionih nauka
Danica B. Karić, Alfa BK Univerzitet, Beograd
Marko Babović, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
Aleksandra Čanak Medić, JP Elektroprivreda Srbije
Milutin Ignjatović, gen. direktor, CIP, Beograd
Tehnički urednik: Slavka Vukašinić
Slika na koricama: Prvi sneg u Novosibirsku (foto Rimme Fedenko)
Prevodilac: Doc. dr Zoran Čajka



Štampanje časopisa pomažu

MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE



Adresa: ECOLOGICA, Beograd, Kneza Miloša 7a, tel/fax (011) 32 44 248; e-mail: ecologica@mts.rs, www.ecologica.org.rs; Tekući račun: 200 – 2718500101033 – 84, Banka Poštanska štedionica, PIB 101600071
Štampa: Akademska izdanja, doo, Zemun

SADRŽAJ – CONTENT

<i>Dragić Marić, Ljubiša Milačić, Aleksandar Neševski</i> Strategijska analiza organizacione strukture zaštite životne sredine u Republici Srbiji	661
<i>Bojan Matkovski, Stanislav Zekić, Žana Kleut</i> Agro-ekološka politika Srbije u procesu evropskih integracija.....	667
<i>Milica Ničić, Ljiljana Miletić, Dragan Božić, Miroslav Bjegović</i> Ekonomska isplativost projekta čistije proizvodnje	673
<i>Danijela Despotović, Slobodan Cvetanović, Milijana Roganović</i> Prirodni kapital u modelima privrednog rasta	679
<i>Zvonko Brnjas, Božo Drašković, Vladimir Grbić</i> Cirkularna ekonomija: Savremeni koncept efikasne i održive ekonomije.....	685
<i>Miroslav Stevanović, Dragan Đurđević, Larisa Jovanović</i> Ekološka bezbednost u kontekstu interesa nacionalne bezbednosti Republike Srbije	691
<i>Olivera Jovanović</i> Sistem zaštite prirode u Srbiji.....	697
<i>Mira Rakić, Beba Rakić</i> Ekološki otisak kao indikator održivosti	703
<i>Radmila Micić, Tanja Vujović, Miloš Ranđelović</i> Društveno odgovorno poslovanje u Srbiji – analiza stanja i preporuke.....	707
<i>Sonja Đuričin, Isidora Beraha</i> Financial effects of new technology implementation in solving drought problems.....	712
<i>Elena Jovičić, Aida Hanić</i> Sistem finansiranja zaštite životne sredine u Srbiji i u Češkoj Republici.....	717
<i>Milica Kaličanin, Zoran Kaličanin</i> Značaj bankarstva za održivu privredu.....	723
<i>Isidora Ljumović, Dejana Pavlović</i> Izvori finansiranja aktivnosti u oblasti zaštite životne sredine	727
<i>Marko Malović</i> Prirodnjački i ekološki aspekti međunarodnih finansijskih kriza	731
<i>Ljubiša Milačić, Goranka Knežević, Vladan Pavlović</i> Problemi računovodstvenog izveštavanja o nefinansijskim informacijama o zaštiti životne sredine prema Direktivi 2014/95/EU	736
<i>Miodrag Džodžo, Milica Kaličanin</i> Uticaj zaštite životne sredine na procenu kreditnog rizika u bankama – primer iz Srbije	742
<i>Ivan Milojević, Goran Divac</i> Ekonomsko-pravni aspekti revizije kapitala akcionarskog društva u funkciji zaštite životne sredine	746
<i>Vesna D. Jablanović</i> The nonlinear environmental protection expenditure growth model: waste management	752

<i>Vladimir Adamović, Aleksandar Čosović, Miroslav Sokić, Svetlana Polavder, Violeta Erić, Dragana Jelesić, Titomir Obradović</i>	
Prerada metalčnih mineralnih sirovina u svetlu održivog razvoja i procene uticaja na životnu sredinu	756
<i>Vera Stanković, Vladan Joldžić, Ana Batrićević</i>	
Pravna zaštita ambijentalnih celina od negativnih tehnogenih uticaja: primer manastira Studenica	762
<i>Zoran Čajka, Larisa Jovanović</i>	
Dizajn i ambalaža ekološkog proizvoda	768
<i>Predrag Maksić, Marina Stamenović</i>	
Dizajn za reciklažu – oblikovanje reciklabilnosti proizvoda	774
<i>Brankica Bojović</i>	
Ekološka inteligencija kroz prizmu kulture	779
<i>Vladimir Stojković, Siniša Sremac, Gordan Stojić, Goran Tepić</i>	
Tokovi povratne ambalaže u funkciji održivog razvoja.....	784
<i>Vladan Ivanović, Marko Gašić, Goran Perić, Milica Krulj Mladenović</i>	
Zeleni turizam kao deo zelene ekonomije u funkciji buduće održivosti	790
<i>Aleksandra Bradić-Martinović, Aleksandar Zdravković, Vedran Tomić</i>	
New dimension of green economy – green data centers	795
<i>Milovan Vuković, Nada Štrbac</i>	
Metodološki problemi konceptualizacije i operacionalizacije koncepta ekološke svesti	799
<i>Dejan Filipović, Ivan Samardžić</i>	
Tehnogeni izvori zagađenja – Ekološki problemi »braunfeld« lokacija na teritoriji opštine Zvezdara (Beograd)	804
<i>Vladimir M. Cvetković, Bojan Janković, Saša Milojević</i>	
Bezbednost učenika od posledica prirodnih katastrofa u školskim objektima	809
<i>Saška Sekulić, Kristina Simeonov</i>	
Uticaj tehnološkog procesa dobijanja energije iz otpada na emisiju gasova staklene bašte	815
<i>Radoje Cvejić, Danijela Ristić Petrović, Srbislav Radivojević, Rosica Cvejić</i>	
Zaštita biosfere odsumporavanjem produkata sagorevanja uglja u termoelektranama	820
<i>Dragica Stanković, Dušan Jokanović</i>	
Metode fitoremedijacije i održivi razvoj	826
<i>Vesselin Dochev, Atanas Atanasov, Galina Dyakova, Ralitsa Mincheva, Svetlana Stoyanova</i>	
Effects of aminobest and biobest organic fertilizers on the technological qualities of winter common wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	833
<i>Vera Vukanić, Dušan Vukanić, Nebojša V. Živić</i>	
Pregled horizontalne distribucije i abundancije vrsta roda <i>Oithona</i> i fitoplanktona u jugoistočnom području južnog Jadrana.....	837
<i>Dušan Jokanović, Vesna Nikolić, Dragica Stanković, Đorđe Jović, Branka Spasojević</i>	
Upporedna analiza rasta sadnica roda <i>Paulownia</i> u eksperimentalnom zasadu na teritoriji opštine Sombor	843
<i>Dejan Filipović, Dušica Pešević, Milica Ružić</i>	
Koncept upravljanja otpadom kroz sistem prostorno planske dokumentacije u Srbiji	849

Vladan Joldžić, Ana Batrićević, Vera Stanković

**Međunarodnopravni okviri transporta, čuvanja, prerade
i odlaganja otpada854**

Dragoljub Matić

**Bezbedno odlaganje elemenata SF6 rasklopnih postrojenja
na kraju radnog veka.....859**

Dragica Gavrilovski, Ivan Marković, Marica Ilić-Stamenković,

Dragana Vuković, Jelena Joksić

Mogućnosti korišćenja bala slame za gradnju kuća864

Marija Petrović, Tatjana Šošarić, Mirjana Stojanović, Jelena Petrović,

Jelena Milojković, Marija Mihajlović, Zorica Lopičić

**Ispitivanje mehanizma jonske izmene u toku biosorpcije
Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺ jona na oklasku kukuruza868**

Ivana Marković, Svetlana Nestorović, Desimir Marković,

Svetlana Ivanov, Uroš Stamenković

Uticaj bakar-berilijum legura na ljudsko zdravlje i mogućnost njihove zamene872

Branislav Vulević, Maja Grbić, Aleksandar Pavlović

Monitoring elektromagnetskih polja u životnoj sredini877

S. Đorđević, A. Aleksić, M. Bartula, S. Đorđević Milošević

**Ranjivost lokalne zajednice na prirodni hazard - Studija slučaja
opština Mali Zvornik i Ljubovija.....882**

Sandra Brkanlić, Andrea Katić, Saša Raletić Jotanović

**Ekološki aspekt uticaja uslužnog ambijenta na imidž
visokoškolske ustanove888**

**Napomena: Autori radova snose punu odgovornost za originalnost i sadržaj svojih radova.
Radovi objavljeni u časopisu ECOLOGICA proveravaju se na plagijarizam.**

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

502.7

ECOLOGICA / glavni urednik Larisa Jovanović, God. 1, broj 1 (1994) – Beograd
(Kneza Miloša 7a): Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije –
Ecologica, 1994 – (Zemun : Akademska izdanja) - 28 cm

Tromesečno

ISSN 0354 – 3285 = Ecologica

COBISS.SR – ID 80263175

**Posebnu zahvalnost Upravni odbor Naučno-stručnog društva «Ecologica» izražava
Savezu inženjera i tehničara Srbije, organima, rukovodstvu i Stručnoj službi za pomoć
u realizaciji Programa rada Društva «Ecologica»**

Ispitivanje mehanizma jonske izmene u toku biosorpcije Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona na oklasku kukuruza

Marija Petrović, Tatjana Šoštarić, Mirjana Stojanović,
Jelena Petrović, Jelena Milojković, Marija Mihajlović,
Zorica Lopičić

Naučni rad
UDC:631.813.633.15

UVOD

Razvoj ljudskog društva i sve intenzivnija industrijalizacija doprineli su da teški metali otpadnim tokovima dospevaju u životnu sredinu izazivajući veliki broj problema za opstanak i razvoj živog sveta. Najveći izvori zagađenja teškim metalima su saobraćaj, metaloprerađivačka industrija, eksploatacija ruda, mineralna đubriva koja se dosta koriste u poljoprivredi i komunalni otpad. Teški metali imaju sposobnost akumulacije u žive organizme i adsorpcije u sedimentima. Budući da nisu biorazgradljivi, ostaju u prirodi i na taj način dospevaju u lanac ishrane. Zbog svojih karakteristika, smatraju se veoma toksičnim za živi organizam pa je stoga veoma bitno zaštititi životnu sredinu od ovakvog vida zagađenja.

Za uklanjanje teških metala iz otpadnih voda najčešće se koriste različite konvencionalne metode kao što su: hemijsko taloženje, jonska izmena, membranska filtracija, flotacija, elektrohemijske metode, adsorpcija, koagulacija i flokulacija itd. Ove metode pored svojih prednosti imaju dosta nedostataka kao što su visoki operativni troškovi, potrošnja hemikalija kao i generisanje toksičnog mulja [1,2]. U poslednjih par decenija u svetu je porasla ekološka svest što je uticalo na razvoj novih, ekoloških, efikasnijih i ekonomski isplativijih procesa za tretman kontaminiranih voda. Samim tim, biosorpcija tj. primena bioloških materijala za uklanjanje polutanata iz vodenih rastvora dobija na značaju iz razloga što je u odnosu na konvencionalne metode efikasnija, jeftinija i ekološki održiva.

Adresa autora: Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Bulevar Franše d'Eperea 86, Beograd

Rad primljen: 20. 04. 2016.

Rad prihvaćen: 10. 10. 2016.

Biološki materijali koji se koriste u procesu biosorpcije se uglavnom sastoje od lignina, celuloze, lipida i dr. Zahvaljujući raznovrsnim funkcionalnim grupama koje sadrže nabrojana jedinjenja, biološki materijali imaju sposobnost da za sebe vežu jone polutanata i na taj način ih uklone iz otpadnih voda. U procesu biosorpcije najčešće se koristi različita otpadna biomasa kao što je vodeni korov, koštica kajsije i breskve, ljuska badema i lešnika, kora pomorandže, koštica masline i dr. [3-6]. Rezultati ovih ispitivanja ukazuju da se otpadna biomasa zbog svoje hemijske strukture i afiniteta ka vezivanju jona teških metala za svoju površinu može koristiti kao efikasan materijal za tretman otpadnih voda.

Budući da velika količina poljoprivrednih ostataka nastaje nakon prerade kukuruza, u ovoj studiji isptana je mogućnost upotrebe oklaska kukuruza kao biosorbenta za uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora. Cilj ovog rada je da izučimo mehanizam vezivanja Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona na površinu oklaska kukuruza, na osnovu čega bi se došlo do značajnih podataka vezanih za eventualnu primenu ove otpadne biomase za tretman industrijskih voda kontaminiranih jonima teških metala. Kako je mehanizam jonske izmene osnovni mehanizam koji se dešava prilikom procesa biosorpcije, istraživanja ovog rada su usmerena ka njegovom ispitivanju i razumevanju.

1. MATERIJAL I METODE

Za biosorpcione eksperimente korišćeni su rastvori olovo – nitrata, bakar – nitrata i cink – sulfata koncentracije 0.001 mol L^{-1} . pH vrednost rastvora podešavana je dodavanjem malih zapremina 0.01 mol L^{-1} NaOH i / ili HNO_3 dok je pH vrednost merena na pH metru "Senslon MM340". Za eksperimente određivanja kapaciteta katjonske izmene (KKI) korišćen je rastvor NH_4Cl koncen-

tracije 1 mol L⁻¹. Svi rastvori su pravljani od hemikalija p.a. čistoće.

Kao adsorbent korišćen je oklasak kukuruza sakupljen na njivi u okolini Beograda. Sakupljeni oklasak je samleven, ispran u destilovanoj vodi kako bi se uklonile nečistoće i sušen na 70°C do konstantne mase. Ovako pripremljen oklasak kukuruza korišćen je za dalje eksperimente.

Određivanje kapaciteta katjonske izmene izvršeno je na osnovu standardne metode [7].

Morfološke karakteristike oklaska kukuruza pre i nakon procesa biosorpcije jona olova, bakra i cinka određene su SEM-EDX analizom na uređaju marke JEOL JSM-6610 LV, nakon naparavanja uzorka zlatom.

Biosorpcioni eksperimenti izvođeni su u šaržnom sistemu. U erlenmajer od 100 mL pomešano je 3 g oklaska kukuruza i 50 mL rastvora metala

poznate koncentracije. Suspenzija je mešana na mehaničkom šejkeru tokom 120 min i brzini 250 rpm na sobnoj temperaturi. Suspenzija je filtrirana i sadržaj Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺ i Ca²⁺ u filtratu određen je metodom Atomske Apsorpcione Spektrofotometrije (AAS) na uređaju "Perkin-Elmer, AAnalyst 300" dok je sadržaj H⁺ jona određen na osnovu promene pH vrednosti izmerene na pH metru.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

Osnovni mehanizam koji se dešava tokom procesa biosorpcije je jonska izmena [8]. Joni koji kod biomaterijala učestvuju u jonskoj izmeni sa jonima metala iz rastvora su najčešće Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ i H⁺. Kako bi se isptao afinitet oklaska kukuruza ka jonskoj izmeni određeni su vrsta i količina izmenljivih katjona u ovom materijalu. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1 - Sadržaj izmenljivih katjona

Izmenljivi jon	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Σ
Sadržaj, meq (100g) ⁻¹	1.6	4.3	2.13	1.98	2.8	12.81

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 1., KKI iznosi 12.81 meq (100g)⁻¹. Dobijeni rezultati ukazuju da se amonijumov jon najviše izmenjuje sa K⁺ jonom dok se u manjoj meri izmenjuje sa drugim jonima.

SEM mikrofografije i EDX spektri prikazani su na slici 1. Kao što se može uočiti oklasak kukuruza ima nepravilnu površinu male specifične površine sa velikim brojem kanala. Kanali prisutni u strukturi oklaska kukuruza omogućavaju bolju difuziju jona metala što povoljno utiče na njihovu adsorpciju.

Nakon biosorpcije jona olova, bakra i cinka dolazi do malog raslojavanja ivica koje se nalaze na površini oklaska kukuruza (slika 1). Na EDX spektru oklaska kukuruza uočavaju se karakteristični pikovi K⁺, Mg²⁺, Na⁺ i Ca⁺ čiji se intenzitet nakon procesa biosorpcije Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺ značajno smanjuje. Takođe, na EDX spektrima oklaska kukuruza nakon procesa biosorpcije pojavljuju se karakteristični pikovi za Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺ jon. Ova pojava ukazuje da je prilikom

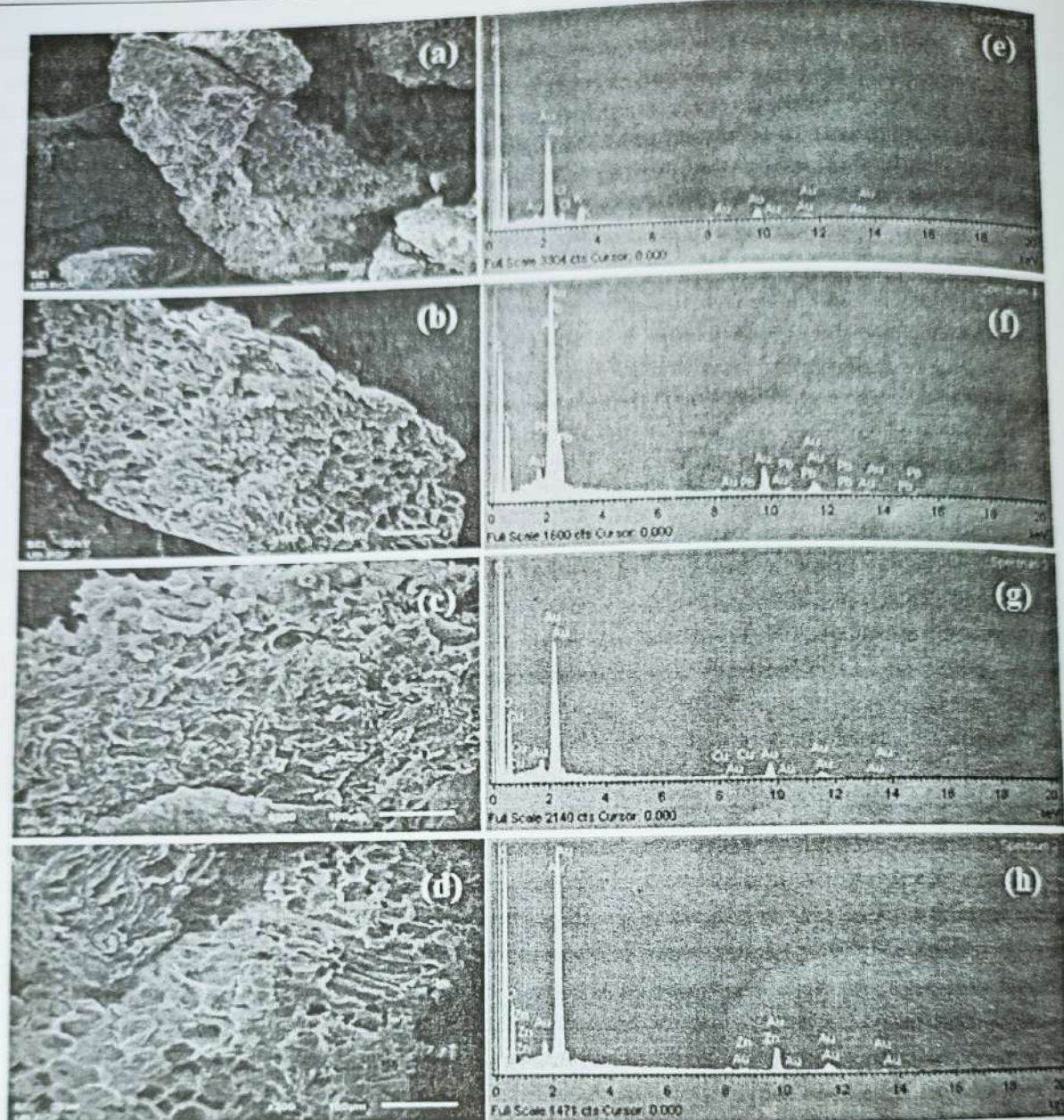
procesu biosorpcije na površini oklaska kukuruza došlo do izmene K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ i Na⁺ jona (izmenljivi katjoni) sa jonima Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺. Ovi rezultati potvrđeni su od strane drugih istraživača [9,10].

U cilju detaljnijeg ispitivanja mehanizma jonske izmene koji se dešava između Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ jona iz rastvora i oklaska kukuruza, praćen je odnos između otpuštenih katjona i vezanih jona metala. Odnos između otpuštenih i vezanih jona (R_{b/r}) izračunat je na osnovu jednačine (1) a rezultati su prikazani u tabeli 2:

$$R_{b/r} = \frac{[M^{2+}]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + \left[\frac{K^+}{2}\right] + \left[\frac{Na^+}{2}\right] + \left[\frac{H^+}{2}\right]} \quad (1)$$

gde je:

[M²⁺] – koncentracija vezanog jona metala;
[Ca²⁺], [Mg²⁺], [Na⁺], [K⁺], [H⁺] – koncentracija otpuštenog Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ i H⁺, respektivno.



Slika 1 - SEM mikrografije oklaska kukuruza pre biosorpcije (a); i posle biosorpcije Pb^{2+} (b); Cu^{2+} (c) i Zn^{2+} (d). EDX spektri OK pre biosorpcije (e); i posle biosorpcije Pb^{2+} (f); Cu^{2+} (g) i Zn^{2+} (h).

Tabela 2 - Sadržaj vezanih i otpuštenih jona

Jon	Sadržaj, meq (100g) ⁻¹		
Pb^{2+}	5,92		
Cu^{2+}		6,40	
Zn^{2+}			3,29
Ca^{2+}	0,8	0,9	0,5
K^+	18,4	22,7	11,2
Na^+	0,18	0,2	0,13
Mg^{2+}	4	5	2,1
H^+	0,11	0,19	0,09
R_{br}	0,42	0,35	0,4

Kao što se može videti iz tabele 2, odnos vezanih i otpuštenih jona nije stehiometrijski ($R_{b/r} \neq 1$). Vrednost $R_{b/r}$ za sva tri ispitivana jona metala ima nižu vrednost od 1 što ukazuje da se prilikom procesa biosorpcije Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona na oklasak kukuruza oslobodi veća količina izmenljivih katjona u odnosu na količinu vezanih jona metala. Ova pojava ukazuje da je jonska izmena dominantan mehanizam u procesu biosorpcije Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona na oklasku kukuruza [11].

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u ovom istraživanju može se zaključiti da oklasak kukuruza ima afinitet ka vezivanju jona olova, bakra i cinka iz vodenog rastvora. Usled biosorpcije Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona dolazi do otpuštanja K^+ , H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i Na^+ jona sa površine oklaska kukuruza u rastvor. Sa jonima metala se tokom procesa biosorpcije dominantno izmenjuje K^+ jon dok se drugi joni izmenjuju u manjoj meri. Takođe, rezultati ispitivanja ukazuju da je jonska izmena dominantan mehanizam u procesu biosorpcije ispitivanih metala na oklasku kukuruza.

Zahvalnica

Autori rada se ovom prilikom zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Srbije, koje je svojim finansiranjem kroz projekat br. TR 31003 pomoglo opisana istraživanja.

LITERATURA

- [1] Liao, S.W., Lin, C.I., Wang, W.H., J Taiwan Inst Chem Eng., 42, 166–172 pp. 2011.
- [2] Li, X.S., Liu, S.L., Na, Z.Y., Lu, D.N., Liu, Z., Ecol Eng., 60, 160–166 pp. 2013.
- [3] Šošćarić, T., Petrović, M., Lopičić, Z., Milojković, J., Mihajlović, M., Lačnjevac, Č., Stojanović, M., Ecologica, 71, 469–474 pp. 2013.
- [4] Milojković, J., Stojanović, M., Mihajlović, M., Lopičić, Z., Petrović, M., Petrović, J., Stanojević, M., Ecologica, 79, 498–502 pp. 2015.
- [5] Pehlivan, E., Altun, T., Cetin, S., Iqbal B.M., J Hazard Mater., 167, 1203–1208 pp. 2009.
- [6] Sha, L., Xueyi, G., Ningchuan, F., Qinghua, T., Colloids Surf., B 73, 10–14 pp. 2009.
- [7] Matijašević, S., Daković, A., Chem Ind., 63, 407–414 pp. 2009.
- [8] Avery, S.V., Tobin, J.M., Appl Environ Microbiol., 9, 2851–2856 pp. 1993.
- [9] Milojković, J.V., Mihajlović, M.L., Stojanović, M.D., Lopičić, Z.R., Petrović, M.S., Šošćarić, T.D., Ristić, M.Đ., J Chem Technol Biotechnol., 89, 662–70 pp. 2014.
- [10] Petrović, M., Šošćarić, T., Stojanović, M., Milojković, J., Mihajlović, M., Stanojević, M., Stanković, S., J Taiwan Inst Chem Eng., 58, 407–416 pp. 2016.
- [11] Crist, R.H., Martin, J.R., Guptill, P.W., Eslinger, J.M., Crist, D.R., Environ Sci Technol., 24, 337–42 pp. 1990.

IZVOD

ISPITIVANJE MEHANIZMA JONSKE IZMENE U TOKU BIOSORPCIJE Pb^{2+} , Cu^{2+} I Zn^{2+} JONA NA OKLASKU KUKURUZA

U ovom radu ispitan je mehanizam interakcije jona olova, bakra i cinka sa oklaskom kukuruza. Svi eksperiment izvođeni su u šaržnom sistemu. Kako bi se ispitaao sadržaj izmenljivih katjona koji se nalaze u strukturi oklaska kukuruza: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i H^+ određen je kapacitet katjonske izmene (KKI). Morfološke karakteristike oklaska kukuruza i promene nastale nakon procesa biosorpcije jona metala ispitane su analizom Skenirajuće Elektronske Mikroskopije sa Energijom Disperzijom X-zraka (SEM–EDX). Eksperimentalni rezultati ukazuju da se proces biosorpcije Pb^{2+} , Cu^{2+} i Zn^{2+} jona na oklasku kukuruza odvija mehanizmom jonske izmene, pri čemu se joni metala najviše izmenjuju sa jonima kalijuma i vodonika.

Ključne reči: biosorpcija, teški metali, oklasak kukuruza, KKI, jonska izmena.

ABSTRACT

ION EXCHANGE MECHANISM OF Pb^{2+} , Cu^{2+} AND Zn^{2+} BIOSORPTION ON THE CORN COB

In this work, the biosorption mechanism of lead, copper and zinc ions on the corn cob was investigated. All experiments were carried out in batch system. In order to determine exchangeable cations such as: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} and H^+ ions, the total cation exchange capacities (CEC) of corn cob were determined. To observe the nature of the surface morphology and differences resulting from the metal ions interaction, Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-ray analysis (SEM–EDX) of the corn cob before and after metal ions biosorption was carried out. According to experimental results, the biosorption of Pb^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} ions on the corn cob occurs via ion exchange mechanism. Metal ions from the solution are exchanged dominantly with potassium and hydrogen ions from the corn cob.

Keywords: biosorption, heavy metals, corn cob, CEC, ion exchange.