

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA

Ovdje

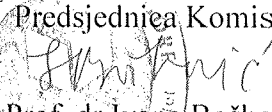
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
Broj 2655 23
Podgorica, 08.12 2023 god.

PREDMET: Predlog Komisije za odbranu master rada

Shodno dopisu broj 2653 od 8.12.2023., u kome smo obaviješteni da je Komisija za pisanje izvještaja o ocjeni master rada pod nazivom "*Ispitivanje sorpcije jona teških metala na geopolimernim materijalima*", studentkinje Sanje Bešović, Spec. App zaštita životne sredine, dostavila Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta izvještaj na razmatranje i da na rad kandidatkinje, koji je stajao na uvid javnosti, u Univerzitetskoj biblioteci, nije bilo primjedbi. Komisija za postdiplomske/master studije MTF-a dostavlja Vijeću Metalurško-tehnološkog fakulteta predlog Komisije za odbranu master rada:

1. Prof. dr Mira Vukčević, redovni profesor MTF-a, predsjednica
2. Prof. dr Ivana Bošković, redovni profesor MTF-a, mentorka
3. Prof. dr Veselinka Grudić, redovni profesor MTF-a, član

U dogovoru sa kandidatkinjom datum odbrane će biti naknadno utvrđen.

Predsjednica Komisije,

Prof. dr Ivana Bošković

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA UNIVERZITETA CRNE GORE

PREDMET: Izvještaj Komisije za ocjenu master rada pod nazivom: **“Ispitivanje sorpcije jona teških metala na geopolimernim materijalima”** kandidatkinje **Sanje Bešović**, Spec.App.Zaštita životne sredine

Na osnovu odredbi Statuta Univerziteta Crne Gore i Pravila studiranja na postdiplomskim master studijama Univerziteta Crne Gore, Komisija za ocjenu master rada, formirana na sjednici Vijeća Fakulteta 15.4.2022, u sastavu:

Prof. dr Mira Vukčević, MTF, Podgorica, predsjednica
Prof. dr Ivana Bošković, MTF, Podgorica, mentorka
Prof. dr Veselinka Grudić, MTF, Podgorica, član

nakon uvida u kompletan priloženi materijal podnosi:

IZVJEŠTAJ o master radu

Otpadne vode iz različitih industrija sadrže hemijske agense, poput teških metala i organskih zagadivača. Teški metali mogu se ukloniti iz otpadnih voda primjenom velikog broja tehnika, uključujući hemijsku koagulaciju, jonsku izmjenu, ekstrakciju hemijskim rastvaračima, reversnu osmozu i ultrafiltraciju. Međutim, ove metode su izuzetno skupe i nedovoljno efikasne kada su teški metali prisutni u malim koncentracijama. Adsorpcija se, usljed jednostavne tehnologije i potrebne opreme, kao i visoke selektivnosti, pokazala kao pogodna metoda za uklanjanje i jako malih koncentracija teških metala iz kontaminiranih voda.

Materijali nazvani geopolimerima, koji nastaju alkalnom aktivacijom aluminosilikatnih sirovina, a po strukturi su slični zeolitima, su se pokazali kao potencijalno dobri sorbenti teških metala iz otpadnih voda. Oni imaju trodimenzionalnu strukturu SiO_4 i AlO_4 tetraedara sličnu zeolitima, ali imaju dominantno amorfnu strukturu i veliku razvijenu površinu. Pored toga, sintetišu se na nižim temperaturama. Pokazuju dobru pritisnu čvrstoću, termostabilnost, otpornost na dejstvo kiselina i na mraz, kao i na koroziju. Geopolimeri djeluju kao vezivo za pretvaranje polučvrstog otpada u ljepljivu čvrstu supstancu i imobiliziraju opasni otpad koji sadrži elemente poput bakra, kadmijuma, arsena, žive i olova zaključavanjem u trodimenzionalnoj mreži. Smatra se da su jonska veličina i valentnost specifičnih jona dva glavna faktora koja utiču na njihovu ugradnju u geopolimernu matricu. Glavne prednosti geopolimera, u poredjenju sa zeolitima, su manje zahtjevni uslovi sinteze i jednostavnija priprema, niska cijena, fleksibilnost i dugotrajnost.

U ovom radu je izvršeno ispitivanje efikasnosti sorpcije jona olova i cinka iz vodenih rastvora na geopolimernom sorbentu sintetisanom korišćenjem prekursora na bazi crvenog mulja iz Kombinata aluminijuma-Podgorica i metakaolina. Postupak je vršen alkalnom aktivacijom pomenutih komponenti. Alkalni aktivator se sastojao od natrijum hidroksida i natrijum silikata u odgovarajućem međusobnom odnosu.

Karakterizacija prekursora, kao i dobijenog geopolimernog sorbenta najveće čvrstoće na pritisak izvršena je primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD analiza) i infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR metoda).

U cilju mjerenja koncentracije jona teških metala u filtratu nakon adsorpcije korišćena je metoda atomske apsorpcione spektroskopije (AAS). Definisani su parametri sorpcije (pH vrijednost, kontaktno vrijeme i početna koncentracija jona teških metala) pri kojima je postignuta najveća efikasnost uklanjanja jona olova i cinka iz vodenog rastvora. Izvršeno je poredjenje izračunatih efikasnosti, ravnotežnih sorpcionih kapaciteta, određenih iz sorpcionih izoterma i vremena za postizanje ravnoteže sorpcije Pb(II) i Zn(II) jona na ispitivanom geopolimernom sorbentu

Eksperimentalni dio master rada je urađen u laboratorijama Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici, Građevinskom fakultetu u Podgorici i Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Beogradu

Rad je dat kroz **7 poglavlja**.

Poglavlje I, **Uvod**, obuhvata:

- pravce u kojima su uradjena istraživanja u radu i
- definisanje osnovnog cilja istraživanja i aktuelnost teme, kao i i prednosti, koje se postižu sa stanovišta zaštite životne sredine, korišćenjem geopolimernog materijala kao pogodnog sorbenta jona teških metala iz otpadnih voda.

Poglavlje II, **Teorijski dio**, obuhvata:

- pregled istraživanja i teorijske osnove sinteze geopolimera, kao i mogućnosti kontrolisanja osobina geopolimera promjenom uslova sinteze
- teorijska saznanja o procesu sorpcije i parametrima koji utiču na proces sorpcije
- dosadašnja istraživanja iz oblasti upotrebe različitih geopolimernih materijala kao sorbenata teških metala i drugih polutanata iz otpadnih voda.

Poglavlje III, **Cilj istraživanja**, sadrži:

- objašnjenje svrhe i cilja ovih ispitivanja u smislu dobijanja pogodnog geopolimernog sorbenta, definisanja optimalnih uslova (pH, kontaktno vrijeme, početna koncentracija teškog metala i količina sorbenta) sorpcije Pb(II) i Zn(II) jona iz vodenih rastvora, poredjenja efikasnosti sorpcije i ravnotežnog sorpcionog kapaciteta ispitivanih metalnih jona.

Poglavlje IV, **Eksperimentalni dio**, obuhvata:

- karakterizaciju prekursora za sintezu geopolimernog materijala (crvenog mulja i metakaolina)
- opis sinteze geopolimera
- odredjivanje čvrstoće na pritisak geopolimernog materijala
- odabir uzorka geopolimera sa najvećom čvrstoćom na pritisak i njegova karakterizacija
- opis pripreme sorbenta i rastvora jona teških metala za ispitivanje procesa sorpcije na odabranom geopolimernom uzorku

Poglavlje V, **Rezultati i diskusija**, sadrži detaljnu analizu ispitivanja izvršenih sljedećim metodama:

- hemijska analiza
- rendgenska difrakcija na prahu
- infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR)
- određivanje pritisne čvrstoće
- metoda atomske apsorpcione spektroskopije (AAS)

Poglavlje VI, **Zaključak**, obradjeno je kroz sublimaciju svih rezultata istraživanja:

- uzorak geopolimera sa najvećom vrijednošću čvrstoće na pritisak (32,05 MPa), dobijen alkalnom aktivacijom prekursora: 20 mas% crvenog mulja i 80 mas% metakaolina, pri odnosu čvrsto: tečno=2.0, je pogodan sorbent jona olova i zinka iz vodenih rastvora.

- Široki difrakcioni pik ili tzv. amorfni "brijeg" sa središtem u oblasti 18° - 32° 2θ ukazuje na odvijanje procesa geopolimerizacije

- Na FTIR-ATR spektru odabranog uzorka geopolimera uočava se promjena položaja pikova na 994 cm^{-1} i 427 cm^{-1} koji odgovaraju asimetričnom vibracionom istezanju karakterističnom za Si-O-Si i Al-O-Si veze novih reakcionih produkata nastalih alkalnom aktivacijom prekursorskih materijala, kao i promjena u intenzitetu IR pikova u odnosu na crveni mulj i metakaolin što se dovodi u vezu sa strukturnom reorganizacijom koja je posledica odigravanja reakcije geopolimerizacije.

- Najveća efikasnost sorpcije jona olova od 90% je postignuta pri $\text{pH} \approx 5$, zbog čega je ta pH vrijednost uzeta kao optimalna za dalje sorpcione eksperimente. Eksperimenti sorpcije Pb (II) jona na $\text{pH} > 7$ nisu se mogli izvesti zbog taloženja bijelog Pb (II) hidroksida u vodi.

- Optimalna pH vrijednost za sorpciju Zn (II) jona je iznosila 6 (efikasnost sorpcije 95%). Iznad $\text{pH}=7$ zapaženo je takođe taloženje hidroksida.

- Sorpcija oba jona je u početku veoma brza dostižući vrijednosti efikasnosti sorpcije preko 90%. Brzina sorpcije jona olova se usporava već nakon 20 minuta i postaje konstantna nakon 40 min. Već nakon 10 min. postiže se efikasnost sorpcije od oko 90% za jone zinka, a zatim se malo povećava za oko 5% do postizanja vremena kontakta 40 min. kada ima konstantnu vrijednost. Iz tih razloga je zaključeno da je optimalno kontaktno vrijeme sorpcije za oba jona teških metala 40 min.

- Efikasnost sorpcije i jona olova i jona cinka raste sa povećanjem doze geopolimernog sorbenta što je posledica veće površine sorbenta i većeg broja dostupnih aktivnih mjesta za sorpciju jona.

- Porast inicijalne koncentracije jona olova od 10 mg dm^{-3} do 70 mg dm^{-3} dovodi u početku do blagog pada efikasnosti sorpcije sa 60% na 47%, a onda se ona naglo smanjuje do ispod 5% pri koncentraciji jona metala od 120 mg dm^{-3} . Maksimalni sorpcioni kapacitet jona olova pri korišćenim eksperimentalnim uslovima iznosi $24,5\text{ mg g}^{-1}$.

- Zavisnost efikasnosti sorpcije Zn(II) jona od inicijalne koncentracije jona cinka pokazuje njeno smanjenje sa povećanjem inicijalne koncentracije jona metala u rastvoru, pa je najveća

efikasnost postignuta pri početnoj koncentraciji jona cinka od 10 mg dm^{-3} (73%). Maksimalni eksperimentalni sorpcioni kapacitet jona cinka iznosi $43,5 \text{ mg g}^{-1}$.

-Generalno, veća koncentracija jona teških metala u rastvoru dovodi do zasićenja površine sorbenta i smanjenja njegove aktivne dodirne površine.

Poglavlje VII, **Literatura** sadrži 90 referenci.

Zaključni stav i prijedlog

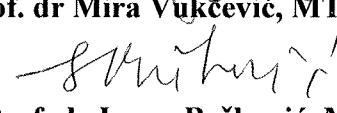
Na osnovu prezentiranih rezultata u predmetnom radu, zaključuje se da je kandidatkinja **Sanja Bešović**, Spec. App. Zaštite životne sredine, predmet, naučni cilj i metode istraživanja jasno definisala i dobijenim eksperimentalnim rezultatima dala doprinos definisanju uslova pod kojima se mogu dobiti novi geopolimerni materijali kao pogodni sorbenti teških metala iz otpadnih voda, kao i definisanju optimalnih parametara sorpcionog procesa. Korišćenjem ovih materijala omogućava se, s jedne strane valorizacija značajnog industrijskog otpada- crvenog mulja, na relativno jednostavan, jeftin i ekološki prihvatljiv način, a sa druge strane, potencijalnu upotrebu dobijenih materijala za sorpciju jona teških metala koji su ozbiljan problem u otpadnim vodama različitih industrija.

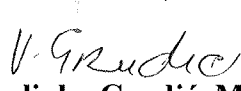
Komisija je pozitivno ocijenila stručne i naučne kvalitete master rada pod nazivom “**Ispitivanje sorpcije jona teških metala na geopolimernim materijalima**”, i predlaže da se kandidatkinji **Sanji Bešović**, Spec.App.Zaštita životne sredine, dozvoli javna odbrana master rada.

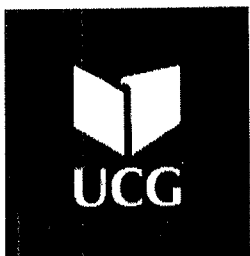
Podgorica, 8.12.2023.

Komisija:


Prof. dr Mira Vukčević, MTF, Podgorica, predsjednica


Prof. dr Ivana Bošković, MTF, Podgorica, mentorka


Prof. dr Veselinka Grudić, MTF, Podgorica, član



Univerzitet Crne Gore
Centralna univerzitetska biblioteka
adresa / address_ Cetinjska br. 2
81000 Podgorica, Crna Gora
telefon / phone _00382 20 414 245
fax_ 00382 20 414 259
mail_ cub@ucg.me
web_ www.ucg.ac.me
Central University Library
University of Montenegro

Broj / Ref 01/6-16-5985/3
Datum / Date 08. 12. 2023.

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Broj 2644 '23
Podgorica, 07. 12. 2023. god.

UNIVERZITET CRNE GORE

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

Sekretar

Gospođa Seka Šekularac-Petrović

Predmet: Vraćanje master rada kandidatkinje Sanje Bešović sa uvida javnosti

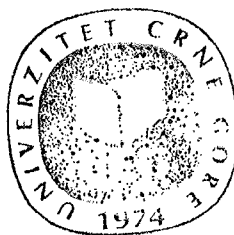
Poštovana gospođo Šekularac,

U prilogu akta dostavljamo Vam master rad pod nazivom: „**Ispitivanje sorpcije jona teških metala na geopolimernim materijalima**“, kandidatkinje **Sanje Bešović**, koji je u skladu sa članom 21 stav 2 Pravila studiranja na master studijama dostavljen **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** dana 30. 11. 2023. godine, na uvid i ocjenu javnosti.

Na navedeni rad, Centralnoj univerzitetskoj biblioteci nijesu dostavljene primjedbe u predviđenom roku od 7 dana.

Molimo Vas da nam nakon odbrane, a u skladu sa članom 30 Pravila studiranja na master studijama, dostavite konačnu verziju master rada.

S poštovanjem,



DIREKTOR

Mr Bošiljka Cicmil

Pripremila:

Milica Barac *MB*
Administrativna asistentkinja
Tel: 020 414 245
e-mail: cub@ucg.ac.me



Univerzitet Crne Gore
Centar za unapređenje kvaliteta

Adresa: 81000 Podgorica, 252
E-mail: office@qas.ac.me



Broj: 01/3-5985/1

Podgorica, 28.11.2023 godine

METALURŠKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

KOMISIJI ZA MASTER STUDIJE

PREDSJEDNIKU KOMISIJE

Poštovani članovi Komisije za master studije,

U skladu sa Odlukom o korišćenju softvera za utvrđivanje plagijata na Univerzitetu Crne Gore, Odbor za monitoring master studija je, na sjednici od 22-24.11.2023. godine, razmatrao izvještaj softvera sa rezultatima provjere master rada kandidatkinje **Sanje Bešović** pod nazivom **"Ispitivanje sorpcije jona teških metala na geopolimernim materijalima"** i utvrđeno je da u radu nema elemenata koji ukazuju na plagijat.

Predlaže se sprovođenje dalje procedure, u skladu sa Pravilima studiranja na master studijama.

ZA ODBOR ZA MONITORING MASTER STUDIJA



prof. dr Svetlana Perović

S. Perović