

Broj 1301
Podgorica, 07-09 2021 god.

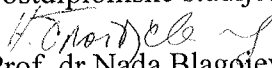
Vijeću MTF-a

Ovdje

PREDMET: Termin odbrane master rada

Shodno Zahtjevu br. 1275 od 03.09.2021. godine a pema dogovoru sa kandidatom i članovima Komisije za odbranu master rada pod nazivom „*Ispitivanje mehanizma i kinetike sorpcije teških metala na geopolimernim materijalima*“, kandidata Slađane Goranović, Spec. Sci hemijske tehnologije, predlažem da termin odbrane master rada bude 22.09.2021. godine u 10 h u Sali 202.

Predsjednik Komisije za
postdiplomske studije:


Prof. dr Nada Blagojević

VIJEĆU METALURŠKO-TEHNOLOŠKOG FAKULTETA UNIVERZITETA CRNE
GORE

Poslijediplomske studije-studijski program Hemijska tehnologija

Predmet: Izvještaj Komisije o magistarskom radu pod nazivom: "Ispitivanje mehanizma i kinetike sorpcije teških metala na geopolimernim materijalima" kandidatkinje Sladjane Goranović, Spec.Sci.Hem.tehnologije

Nakon uvida u kompletan priloženi materijal, Komisija u sastavu:

Prof. dr Mira Vukčević, MTF, Podgorica, predsjednik
Prof. dr Ivana Bošković, MTF, Podgorica, mentor
Prof. dr Veselinka Grudić, MTF, Podgorica, član

Podnosi:

IZVJEŠTAJ
o magistarskom 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. Sorpcija se, usljed jednostavne tehnologije i potrebne opreme, kao i visoke selektivnosti potencijalnih sorbenata, pokazala kao pogodna metoda za uklanjanje i jako malih koncentracija teških metala iz kontaminiranih voda.

Materijali nazvani geopolimerima, koji nastaju alkalnom aktivacijom alumosilikatnih sirovina, 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 pritisku 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 imobilizuju 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 sintetičkim zeolitima su blaži uslovi sinteze i jednostavnija priprema, niska cijena, fleksibilnost i dugotrajnost.

U ovom radu je izvršeno ispitivanje mehanizma i kinetike sorpcije jona bakra i olova iz vodenih rastvora na geopolimernom sorbentu sintetisanom korišćenjem prekursora na bazi industrijskih otpada (crvenog mulja iz KAP-a i elektrofilterskog pepela iz Termoelektrane Pljevlja). Postupak je vršen alkalnom aktivacijom pomenutih komponenti. Alkalni aktivator se sastojao od natrijum hidroksida i natrijum silikata u odgovarajućem međusobnom odnosu.

Karakterizacija dobijenog geopolimernog materijala u pogledu njegovog mineraloškog sastava, definisanja mezo i mikro poroznosti, kao i specifične površine neophodne za efikasnu sorpciju izvršena je primjenom tehnika XRD, DRIFT, SEM i BET. Odredjena je i pritiska čvrstoća geopolimernog materijala, dobijenog kroz dva različita postupka sinteze, i odabran uzorak sa najvećom vrijednošću čvrstoće na pritisak kao sorbent jona teških metala. U cilju mjerenja koncentracije jona teških metala u filtratu nakon sorpcije korišćena je metoda atomske apsorpcione spektroskopije (AAS).

Definisane su optimalne vrijednosti parametara: pH vrijednost, kontaktno vrijeme sorbenta i rastvora jona teškog metala, inicijalna koncentracija jona metala i količina sorbenta, koje utiču na sorpcioni proces. Sorpciona kinetika zavisi od ovih parametara, pa su ispitivanja u okviru nje, pokazala da je za oba metala najpogodniji kinetički model pseudo drugog reda.

Analizirane su dvije vrste sorpcionih izotermi: Langmirova i Frojndlijeva. Dobijeni rezultati pokazuju da su procesi sorpcije Cu(II) i Pb(II) jona na geopolimernom sorbentu najbolje opisani Frojndlijevom izotermom. Frojndlijeva sorpciona izoterma i kinetički model pseudo drugog reda ukazuju da se sorpcija odigrava na heterogenoj površini sorbenta i po tipu hemisorpcije.

Eksperimentalni dio magistarskog rada je urađen u laboratorijama Metalurško-tehnološkog fakulteta u Podgorici, Građevinskom fakultetu u Podgorici, Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Beogradu i Univerzitetu „Partenope“ u Napulju- Italija.

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 teoretske osnove sinteze geopolimera, kao i mogućnosti kontrolisanja osobina geopolimera promjenom uslova sinteze i promjenom mikrostrukture,
- teorijska saznanja o procesu sorpcije, vrstama sorpcionih izotermi i parametrima koji utiču na proces sorpcije
- pregled kinetičkih modela, poznatih u teoriji, kojima se može opisati sorpcioni proces
- dosadašnja istraživanja iz oblasti upotrebe različitih geopolimernih materijala kao sorbenata teških metala iz otpadnih voda.

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

- objašnjenje svrhe i cilja ovih ispitivanja u smislu definisanja optimalnih uslova (pH, kontaktno vrijeme, početna koncentracija teškog metala i količina sorbenta) sorpcije teških metala, vrste sorpcionog procesa, izoterme i kinetičkog modela koji najbolje opisuju date procese.

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

- pripremu sirovina i aktivatora
- karakterizaciju polaznih sirovina (crvenog mulja i elektrofilterskog pepela)
- opis sinteze geopolimera
- metode karakterizacije dobijenih geopolimernih materijala
- opis pripreme sorbenta i rastvora jona teških metala za ispitivanje mehanizma i kinetike procesa sorpcije na odabranom geopolimernom uzorku

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

- hemijska analiza
- granulometrijska analiza
- XRD analiza
- FTIR analiza
- SEM analiza
- BET metoda
- određivanje pritisne čvrstoće
- metoda atomske apsorpcione spektroskopije

Poglavlje VI, **Zaključak**, obradeno je kroz:

- sublimaciju svih rezultata istraživanja.

-Najveću vrijednost čvrstoće na pritisak (29,54 MPa) ima uzorak geopolimera dobijen alkalnom aktivacijom prekursora: 20 mas% crvenog mulja i 80 mas% elektrofilterskog pepela pri odnosu čvrsto:tečno=2,2, koji je i odabran za ispitivanja sorpcije jona teških metala.

-BET analiza je pokazala da je korišćeni geopolimerni sorbent specifične površine $24,7 \text{ m}^2/\text{g}$ i ukupne zapremine pora (mezopore i mikropore) $0,0808 \text{ cm}^3/\text{g}$, što pokazuje dobru dostupnost površinski aktivnih mjesta sorbenta za sorpciju.

-Optimalne vrijednosti parametara sorpcije Cu(II) jona na geopolimernom sorbentu su: pH=4, kontaktno vrijeme $t=20 \text{ min.}$ i masa sorbenta $m=1 \text{ g}$. Maksimalna efikasnost sorpcije je iznosila 99,17 % pri početnoj koncentraciji metala 10 mg/dm^3 . Teorijski ($5,92 \text{ mg/g}$) i eksperimentalno dobijeni sorpcioni kapacitet jona bakra ($6,02 \text{ mg/g}$) imaju bliske vrijednosti.

- Optimalne vrijednosti parametara sorpcije Pb(II) jona na geopolimernom sorbentu su: pH=5, kontaktno vrijeme $t=15 \text{ min.}$ i masa sorbenta $m=1 \text{ g}$. Maksimalni sorpcioni kapacitet jona olova dobijen eksperimentalnim putem od $2,91 \text{ mg/g}$ pri početnoj koncentraciji jona olova u rastvoru $c_0=120 \text{ mg/dm}^3$ pokazuje dobro slaganje sa teorijskim kapacitetom sorpcije, izračunatim prema Langmirovom modelu ($2,97 \text{ mg/g}$).

- Frojdljihova sorpcina izoterma najbolje opisuje sorpciju oba ispitivana jona teških metala na odabranom geopolimernom sorbentu. Vrijednosti Frojdljihove konstante tj. faktora heterogenosti ($n>1$) ukazuje da je sorpcija ispitivanih jona metala nefavorizovana i da se odigrava na heterogenoj površini. Nehomogena struktura sorbenta prije i nakon sorpcije Cu(II) i Pb(II) jona potvrđena je SEM analizom.

- Na osnovu analiziranih kinetičkih modela utdjeno je da kinetički model pseudo-drugog reda najbolje opisuje sorpciju jona bakra i olova na geopolimeru što znači da je hemisorpcija mogući način vezivanja sorbata na površini geopolimera.

-XRD analiza geopolimera prije i nakon sorpcije jona bakra i olova pokazuje prisustvo istih mineralnih faza. Najzastupljeniji je kvarc sa izraženim pikom intenziteta na $2\theta=26^\circ$.

- DRIFT analiza geopolimera nakon sorpcije Cu(II) i Pb(II) jona pokazuje da se dvije glavne trake koje odgovaraju vibracijama Si-O i Al-O veze u geopolimeru sjedinjavaju u jednu širu traku pomjerenu na 1033 cm^{-1} što se može objasniti ugradnjom jona teških metala u Si-O-Si mrežu geopolimera.

- Poredjenjem SEM mikrofotografija snimljenih pri različitim uvećanjima se ne uočavaju značajnije promjene u površinskoj strukturi sorbenta nastalih nakon sorpcije Cu (II) i Pb (II) jona. Ovim se može zaključiti da sorpcija pomenutih katjona ne utiče na promjenu teksture površine ispitivanog sorbenta.

-Visoka efikasnost sorpcije, dobra dostupnost korišćenih sirovina za sintezu geopolimera, niska cijena i potrošnja energije tokom sinteze potvrđuju da su geopolimerni materijali pogodni sorbenti jona teških metala iz otpadnih voda. Dobijeni rezultati su dobra osnova za dalje ispitivanje sorpcionih svojstava korišćenih materijala kao sorbenata različitih zagađivača voda.

Poglavlje VII, **Literatura.**

Zaključni stav i prijedlog

Na osnovu prezentovanih rezultata u predmetnom radu, zaključuje se da je kandidatkinja **Sladjana Goranović**, Spec. Sci. hemijske tehnologije, dala doprinos definisanju optimalnih uslova pod kojima se mogu dobiti novi geopolimerni materijali kao pogodni sorbenti teških metala iz otpadnih voda, kao i definisanju optimalnih parametara, mehanizma i kinetike sorpcionog procesa. Korišćenjem ovih materijala omogućava se s jedne strane valorizacija značajnog industrijskog otpada (crvenog mulja i elektrofilterskog pepela) za njihovu sintezu na relativno jednostavan, jeftin i ekološki prihvatljiv način. S druge strane, osim kao građevinski materijal, pokazano je da se dobijeni geopolimer može koristiti za sorpciju jona teških metala koji su ozbiljan problem u otpadnim vodama različitih industrija.

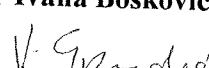
Komisija je pozitivno ocijenila stručne i naučne kvalitete magistarskog rada pod nazivom **“Ispitivanje mehanizma i kinetike sorpcije teških metala na geopolimernim materijalima”**, i predlaže da se kandidatkinji **Sladjani Goranović**, Spec. Sci. Hemijske tehnologije, dozvoli javna odbrana magistarskog rada.

Podgorica, 2.9.2021.

Komisija:


Prof. dr Mira Vukčević, MTF, Podgorica, predsjednik


Prof. dr Ivana Bošković, MTF, Podgorica, mentor


Prof. dr Veselinka Grudić, MTF, Podgorica, član