

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanoj 21. 06. 2012. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Slavice Lazarević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom:

Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita

Posle pregleda doktorske disertacije kandidata, Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta sledeći

IZVEŠTAJ
o urađenoj doktorskoj disertaciji

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Slavice Lazarević, dipl.inž.tehnologije napisana je na 176 strana, u okviru kojih se nalazi 66 slika, 17 tabela i 171 literaturni navod. Doktorska disertacija kandidata sadrži pet celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak. Takođe, sadrži kratak Izvod (na srpskom i engleskom jeziku) i Literaturu.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije:

- 20. 06. 2010. godine - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije mr Slavice Lazarević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita**” i za mentora ove doktorske disertacije imenovana je dr Rada Petrović, van. prof. TMF.
- 08. 07. 2010. godine - Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Slavice Lazarević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita**”
- 21. 06. 2012. godine - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Slavice Lazarević, dipl.inž.tehnologije, pod nazivom „**Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita**”

Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripada oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Biografski podaci o kandidatu

Slavica Lazarević je rođena 1977. godine u Arandelovcu, gde je završila osnovnu i srednju školu. Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu je upisala 1996. godine. Diplomirala je na ovom fakultetu 2003. godine. Školske 2003/04. godine upisala je posle diplomске studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu na smeru Neorganska hemijska tehnologija. Na posle diplomskim studijama je uspešno položila sve ispite predviđene planom i programom sa prosečnom ocenom 10,00. Magistarsku tezu pod nazivom "Proučavanje sorpcionih svojstava sepiolita" pod mentorstvom profesora dr Rade Petrović uspešno je odbranila 2007. godine. Od 2004. godine do 2008. radila je na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu kao istraživač pripravnik, a od 2008. godine radi na Tehnološko-metalurškom fakultetu u svojstvu istraživača saradnika.

Slavica Lazarević je učestvovala ili učestvuje u istraživanjima u okviru šest domaćih i dva međunarodna naučno-istraživačka projekta. Do sada je objavila osam radova u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), dva rada u časopisima međunarodnog značaja (M23), jedan rad u časopisu nacionalnog značaja (M51), jedan rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u celini (M33), dva rada saopštena na skupu nacionalnog značaja štampana u celini (M63), šest radova saopštenih na skupovima međunarodnog značaja štampana u izvodu (M34), sedam radova saopštenih na skupu nacionalnog značaja štampanih u izvodu (M64). U naučnom radu posebno se istakla u oblasti istraživanja pripreme, modifikacije i karakterizacije glinenih minerala i u oblasti primene dobijenih materijala sa naglaskom na primenu u oblasti sorpcije zagađujućih supstanci iz tečne i gasovite faze. Učestvovala je u realizaciji osam elaborata i studija i izradi više diplomskih radova iz oblasti neorganske hemijske tehnologije i inženjerstva neorganskih hemijskih proizvoda. Školske 2011/2012. godine, Slavica Lazarević je učestvovala u izvođenju vežbi iz predmeta „Kvalitet voda” na Katedri za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Pored navedenog, radila je recenzije za vrhunske međunarodne časopise: Journal of Chromatography A, Journal of Chemical & Engineering Data, za istaknuti međunarodni časopis Chemical Engineering and Processing: Process Intensification i međunarodne časopise Chemical Engineering Communications i Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly.

2. OPIS DISERTACIJE

Struktura i sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata sadrži pet celina: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak. Na početku disertacije dat je kratak Izvod (na srpskom i engleskom jeziku), dok je na kraju data Literatura.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U Uvodu disertacije istaknut je značaj sepiolita kao sorbenta u oblasti zaštite životne sredine i problem zagađenja životne sredine Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jonima. Predstavljen je predmet

disertacije koji se odnosi na proučavanje modifikacije prirodnog sepiolita primenom: 3-merkaptopropiltrimetoksisilana ($\text{HS}(\text{CH}_2)_3\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$), soli natrijuma N-[(3-trimetoksi)propil]etilendiamintriacetatne kiseline ($((\text{CH}_3\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3\text{N}(\text{CH}_2\text{COONa})\text{N}(\text{CH}_2)_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COONa})_2)$), [3-(2-aminoetilamino)propil]trimetoksisilana ($((\text{CH}_3\text{O})_3\text{Si}(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_2\text{NH}_2)$) i gvožđe(III)-hlorida u baznoj sredini, kao i proučavanje sorpcionih svojstava modifikovanih sepiolita određivanjem interakcija površine sorbenta sa jonima metala (Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+}) i organskim molekulima u sistemima čvrsto-tečno i čvrsto-gas.

Teorijski deo disertacije se sastoji iz tri poglavlja: Struktura, svojstva i primena sepiolita, Sorpcija i karakteristike sorpcionih procesa i Sorpcija katjona iz vodenih rastvora. U poglavlju pod nazivom Struktura, svojstva i primena sepiolita razmatrana je struktura ovog minerala, fizičko-hemijska svojstva i oblasti primene sa naglaskom na primenu u oblasti sorpcije zagađujućih supstanci iz životne sredine. U poglavlju Sorpcija i karakteristike sorpcionih procesa dati su teorijski osnovi procesa sorpcije, faktori koji utiču na proces sorpcije, modeli površinskog kompleksiranja, kao i modeli sorpcionih izoterma korišćeni u ovom istraživanju. Takođe su opisani osnovni mehanizmi interakcije površine sorbenta sa različitim jonima i molekulima iz vodenog rastvora.

U poglavlju pod nazivom Sorpcija katjona iz vodenih rastvora detaljno je analizirano stanje u oblasti sorpcije Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jona na sepiolitu i drugim sorbentima. Opisani su procesi modifikacije glinenih minerala organo-silanima i oksihidroksidima metala, sa naglaskom na modifikaciju gvožđe(III)-oksidima, u cilju povećanja afiniteta prema jonima i molekulima, povećanja selektivnosti prema određenom jonu ili grupi jona, kao i poboljšanja opštih fizičko-hemijskih svojstava.

U Eksperimentalnom delu su prikazane metode modifikacije površine sepiolita primenom organo-silana i gvožđe(III)-hloridom u baznoj sredini i karakterizacije dobijenih sorbenata. Za karakterizaciju prirodnog i modifikovanih sepiolita korišćene su sledeće eksperimentalne tehnike: skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM), transmisiona elektronska mikroskopija (TEM), rendgensko difrakciona analiza (XRD), BET metoda određivanja specifične površine i raspodele veličine pora, diferencijalno-termijska analiza (DTA), infracrvena spektroskopska analiza (FT IR), a za ispitivanje sorpcije korišćene su tehnike atomske apsorpcione spektrometrije (AAS) i inverzne gasne hromatografije (IGC). Detaljno su opisani postupci izvođenja sorpcije iz tečne i gasovite faze, kao i ispitivanja uticaja pH vrednosti, vremena kontakta i temperature na sorpciju Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jona na prirodnom i modifikovanim sepiolitima.

U poglavlju Rezultati i diskusija su dati rezultati istraživanja i njihovo tumačenje. Prvi deo diskusije se odnosi na fizičko-hemijsku karakterizaciju modifikovanih sepiolita i ispitivanje uticaja modifikacije na površinska svojstva sepiolita. Pokazano je da ni u jednom slučaju nije narušena sepiolitska struktura, već se modifikacija odigravala isključivo na površini sepiolita. Određena je specifična površina svih uzoraka, zapremina mikropora i mezopora, mineraloški sastav i tačke nultog naelektrisanja (pH_{ttn}) u uslovima različite koncentracije elektrolita, kao i u prisustvu jona Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} . Samo u slučaju modifikacije aminosilanom, specifična površina i zapremina pora su značajno smanjene, zbog popunjavanja i zatvaranja kanala u strukturi sepiolita aminosilanom. Utvrđeno je da se tačka nultog naelektrisanja ne menja sa promenom koncentracije rastvora KNO_3 , dok se u prisustvu Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jona pomera ka nižim pH vrednostima, što ukazuje na specifičnu sorpciju jona.

Primenom potenciometrijske titracije i metode dvostruke grafičke ekstrapolacije, određene su vrednosti konstanti jonizacije površinskih funkcionalnih grupa uzorka koji je modifikovan gvožđe(III)-hloridom u baznoj sredini (Fe-SEP), na osnovu kojih je utvrđen bazni karakter površine.

Afinitet površine svih ispitanih sorbenata prema M^{2+} jonima, utvrđen na osnovu sorpcionih izoterma, najveći je u slučaju Cu^{2+} jona, manji u slučaju Co^{2+} i najmanji u slučaju Ni^{2+} jona. Na osnovu pomeranja tačke nultog naelektrisanja u rastvoru M^{2+} jona i količine Mg^{2+} jona u rastvoru posle uravnotežavanja uzoraka sepiolita sa rastvorima jona, utvrđeno je da je sorpcija Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jona iz vodenog rastvora rezultat mehanizma koji obuhvata proces jonske izmene sa Mg^{2+} jonima iz sepiolitske strukture i specifičnu sorpciju.

U ovom poglavlju su upoređene sorpcioni kapaciteti modifikovanih uzoraka sepiolita i istaknut postupak modifikacije gvožđe(III)-hloridom u baznoj sredini kao najefikasniji za dobijanje sorbenta sa većim kapacitetom sorpcije katjona iz vodenih rastvora: 0,425 mmol Cu^{2+} /g, 0,413 mmol Co^{2+} /g i 0,317 mmol Ni^{2+} /g na 25 °C. Takođe su istaknute razlike u fizičko-hemijskim karakteristikama i mogućnostima primene uzoraka koji su modifikovani organo-silanima u prisustvu vode i u anhidrovanim uslovima, odnosno u rastvoru toluola.

Poređenjem eksperimentalnih rezultata sa tri modela sorpcionih izoterma (Langmuir-ov, Freundlich-ov i DKR model) utvrđeno je da se proces sorpcije Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} jona na prirodnom sepiolitu i na modifikovanim sepiolitima najbolje opisuje Langmuir-ovom izotermom. Ispitivanje kinetike sorpcije, pri istoj polaznoj koncentraciji jona metala, pokazalo je da kinetički model pseudo-drugog reda bolje opisuje eksperimentalne rezultate od modela pseudo-prvog reda i intračestičnog modela, za sve ispitane sorbente.

Uticaj pH vrednosti na sorpcioni kapacitet prirodnog i modifikovanih sepiolita je ispitan pri pH vrednostima pri kojima ne dolazi do značajnog rastvaranja sorbenata i hidrolize jona. Promena pH vrednosti u navedenom intervalu nije bitno uticala na količinu sorbovanih jona ni na prirodnom sepiolitu ni na modifikovanim uzorcima. Na osnovu povećanja sorpcionog kapaciteta sa povišenjem temperature, zaključeno je da je sorpcija jona Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} na svim ispitivanim sorbentima endoterman proces. Iz dobijenih zavisnosti sorpcije od temperature određeni su termodinamički parametri sorpcije.

Primenom inverzne gasne hromatografije u uslovima nulte prekrivenosti u temperaturnom opsegu 483-513 K izračunate su vrednosti osnovnih termodinamičkih parametara adsorpcije (slobodne površinske energije, standardne entalpije i standardne entropije adsorpcije), kao i specifična i disperzivna komponenta slobodne energije adsorpcije na uzorku Fe-SEP. Rezultati ispitivanja interakcija uzorka Fe-SEP i kiselih, baznih i amfoternih organskih molekula pokazali su da je površina ispitanog uzorka baznog karaktera.

Na osnovu dobijenih adsorpcionih izoterma za n-heksan, benzen, hloroform i tetrahidrofuran na Fe-SEP, primenom inverzne gasne hromatografije u uslovima konačne prekrivenosti u temperaturnom opsegu 483-513 K, i BET jednačine izračunate su vrednosti specifične površine, izosterične toplote adsorpcije, kao i raspodela adsorpcione energije. Površina sepiolita pokazuje povećani afinitet prema hloroformu usled uspostavljanja jakih kiselo-baznih interakcija.

Na kraju rada izveden je Zaključak u kome su koncizno izneti postignuti rezultati u istraživanju, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije i dat je spisak korišćene literature.

3. OCENA DISERTACIJE

Savremenost, originalnost i značaj

Prednosti primene procesa sorpcije u odnosu na druge metode obrade zagađenih voda zasnovane su na jednostavnosti tehnologije i potrebne opreme i mogućnosti izbora i primene efikasnih i selektivnih sorbenata. Zato se savremena istraživanja sve više baziraju na ispitivanju sorpcionih procesa na nekonvencionalnim sorbentima u cilju pronalaženja sistema veće efikasnosti i selektivnosti, a niže cene u odnosu na one koji su trenutno u upotrebi.

Težnja da se dobiju novi materijali koji poseduju visok sorpcioni kapacitet, veliku brzinu sorpcije i selektivnost, ali i dobra mehanička svojstva podstakla je veliko interesovanje za razvoj hibridnih materijala u kojima se kombinacijom neorganskih materijala i organskih komponenti, kao i kombinacijom različitih neorganskih materijala postiže veći afinitet za određene zagađujuće supstance iz vode i vazduha. Modifikacijom prirodnih materijala koji predstavljaju efikasne sorbente fazom koja takođe ima dobra sorpciona svojstva, povećava se broj aktivnih mesta u strukturi dostupnih za interakciju sa sorbatom iz vode i vazduha, odnosno nastaju materijali poboljšanih sorpcionih svojstava.

Usled rasprostranjenosti sepiolita u prirodi, niske cene, velike specifične površine, mogućnosti selektivne sorpcije, karakteristične strukture koja omogućava sorpciju kako na spoljašnjim kristalografskim ravnima tako i u kanalima, sve veća pažnja se posvećuje primeni sepiolita za sorpciju organskih i neorganskih jona i molekula. Posebno aktuelna oblast ispitivanja poslednjih godina jeste modifikacija površine sepiolita različitim organskim i neorganskim supstancama u cilju povećanja sorpcionog kapaciteta za jone metala iz vode, kao i organskih zagađujućih supstanci iz vazduha.

Zbog toga je u doktorskoj disertaciji mr Slavice Lazarević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita**“ ispitivan uticaj modifikacije sepiolita različitim modifikatorima i u različitim uslovima na površinska svojstva sepiolita i na sam proces sorpcije, pri čemu su razjašnjeni mehanizmi sorpcije i definisani dominantni mehanizmi interakcije površine sepiolita sa različitim jonima i molekulima.

Iako su objavljena brojna istraživanja vezana za sorpcije jona metala na prirodnim i sintetičkim sorbentima, koja se najčešće baziraju na utvrđivanju uticaja promene parametara sorpcije, mehanizmi interakcije jona i sorbenta nisu potpuno razjašnjeni. U ovoj doktorskoj disertaciji su detaljno opisani mehanizmi sorpcije Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} na prirodnom sepiolitu i utvrđen uticaj modifikacije organo-silanima i gvožđe(III)-hloridom u baznoj sredini na mehanizam sorpcije i sorpcioni kapacitet. Utvrđena je i korelacija između uslova sorpcije (temperature, vremena kontakta i početne pH vrednosti) i kapaciteta sorpcije katjona na svim ispitivanim sorbentima.

U literaturi postoji veoma mali broj radova koji se bave sistemima na bazi gvožđe(III)-oksihidroksida i sepiolita. U ovoj doktorskoj disertaciji su detaljno proučena fizičko-hemijska svojstva materijala koji je dobijen modifikacijom sepiolita rastvorom gvožđe(III)-hlorida u jako baznim uslovima i na sobnoj temperaturi. Dobijeni materijal je prvi put upotrebljen za sorpciju M^{2+} jona iz vodenih rastvora i prvi put je ispitana interakcija sa molekulima u gasovitoj sredini primenom inverzne gasne hromatografije u uslovima nulte i konačne prekrivenosti.

Na osnovu opsežnog pregleda literature, može se zaključiti da se istraživanja u okviru ove doktorske disertacije uklapaju u svetske trendove i ukazuju na značaj i aktuelnost proučavane problematike.

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U literaturnom pregledu doktorske disertacije dat je 171 literaturni navod, od kojih najveći broj čine najnoviji radovi iz međunarodnih časopisa sa tematikom značajnom za izradu doktorske disertacije. Navedene reference su novijeg datuma i sadrže eksperimentalne rezultate istraživanja mnogih istraživača, analizu i diskusiju dobijenih rezultata i izvedene zaključke, kao i teorijske osnove primenjenih metoda ispitivanja, njihove mogućnosti i ograničenja. Kandidat je proširio do sada poznata saznanja o postupcima modifikacije i karakterizaciji minerala koji se koriste kao sorbenti u oblasti zaštite životne sredine, kao i mehanizmu sorpcije i kinetičkim i termodinamičkim aspektima sorpcije.

Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova koje je kandidat priložio, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

U ovoj doktorskoj disertaciji primenjene su savremene naučne metode za karakterizaciju modifikovanih prahova sepiolita i ispitivanje sorpcije iz tečne i gasovite faze. Rendgenska difrakciona analiza (XRD) je korišćena za identifikaciju prisutnih kristalnih faza u modifikovanim uzorcima. Infracrvena spektroskopija je primenjena kao kvalitativna metoda kojom su na osnovu položaja adsorpcionih traka, identifikovane funkcionalne grupe modifikovanih prahova sepiolita, dok je transmisijom i skenirajućom elektronskom mikroskopijom analizirana morfologija čestica dobijenih prahova. Modifikovani prahovi sepiolita su karakterisani i primenom diferencijalno-termijske analize (DTA), određivanjem specifične površine BET metodom i raspodele veličine pora.

Za određivanje tačke nultog naelektrisanja i konstanti jonizacije površinskih funkcionalnih grupa korišćena je metoda uravnotežavanja posebnih proba, potencimetrijska titracija i metoda dvostruke grafičke ekstrapolacije. Proces sorpcije jona metala na prirodnom i na modifikovanim uzorcima sepiolita ispitivan je se primenom metode uravnotežavanja i atomskom apsorpcionom spektrometrijom (AAS) za određivanje koncentracije jona u rastvoru.

Interakcije organskih molekula i modifikovanih sepiolita u sistemu čvrsto – gas proučavane su primenom inverzne gasne hromatografije (IGC) u uslovima zanemarljive (nulte) prekrivenosti i u slučaju konačne prekrivenosti površine.

Ocena primenljivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

Na osnovu objavljenih literaturnih podataka iz ove oblasti, eksperimentalnih ispitivanja i dobijenih rezultata iz ovog rada, ostvaren je veliki doprinos u razvoju novih sorbenata poboljšanih fizičko-hemijskih karakteristika. Podaci dobijeni ispitivanjem sorpcionih procesa važni su sa aspekta potencijalne primene dobijenih materijala kao sorbenata jedinjenja iz gasovite faze, kao u prečišćavanju kontaminiranih voda, pri čemu je poznavanje modela koji dobro opisuju kinetiku procesa, kao i ravnotežu, neophodno za tehnoeкономsku analizu.

Rezultati i zaključci izneti u disertaciji značajni su za dalji razvoj materijala željenog faznog sastava, strukture i sorpcionih svojstava, kao i za nove mogućnosti primene materijala u oblasti sorpcije i zaštite životne sredine.

Verifikacija rezultata je potvrđena i od strane međunarodne naučne javnosti, objavljivanjem u vodećim međunarodnim časopisima iz domena ove problematike.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

Kandidat mr Slavica Lazarević, dipl. ing. tehnologije je tokom izrade doktorske disertacije ispoljila izuzetnu stručnost u pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije materijala i analizi rezultata. Kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije ostvaren je značajan doprinos u razumevanju mehanizma sorpcije iz tečne i gasovite faze na čvrstim sorbentima i u domenu poboljšanja svojstava prirodnih materijala različitim postupcima modifikacije u cilju pronalaženja sistema veće efikasnosti. Doktorska disertacija doprinosi povećanju nivoa znanja o:

- mehanizmu sorpcije jona Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} na prirodnom sepiolitu,
- uticaju modifikacije organo-silanima i gvožđe(III)-oksihidroksidima na fizičko-hemijske karakteristike sepiolita, na sorpcioni kapacitet i na mehanizam sorpcije,
- uticaju temperature, vremena kontakta i početne pH vrednosti na kapacitet sorpcije jona Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} na prirodnom i modifikovanim sepiolitima,
- mehanizmu interakcije površine sepiolita modifikovanog gvožđe(III)-oksihidroksidima sa organskim molekulima u gasovitoj fazi u uslovima zanemarljive (nulte) prekrivenosti i konačne prekrivenosti površine.

Rezultati ispitivanja pružaju uvid u sam proces modifikacije, kao i u uticaj promene parametara modifikacije na površinske, naročito sorpcione, karakteristike sepiolita. Izborom optimalnih parametara modifikacije dobijaju se materijali koji imaju potencijalnu primenu kao efikasni sorbenti u procesu prečišćavanja vode zagađene teškim metalima i vazduha zagađenog organskim supstancama.

Na osnovu izloženog može se zaključiti da je kandidat svojim rezultatima dao veliki naučni doprinos pre svega u oblasti proučavanja sorpcije i razvoja materijala željenog faznog sastava, strukture i sorpcionih svojstava.

Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije su koncipirana nakon detaljne analize literature iz oblasti primene prirodnih minerala kao sorbenata za sorpcije iz tečne i gasne faze. Uprkos mnogobrojnim istraživanjima procesa interakcije sepiolita sa jonima iz vodene sredine i dalje se ispituju mogući mehanizmi sorpcije. U istraživanjima u okviru ove doktorske disertacije primenjena je metodologija istraživanja zastupljena u literaturi, ali su primenjene i neke originalne metode ispitivanja mogućih mehanizama sorpcije, kako na prirodnom, tako i na različito modifikovanim sepiolitima. Primenjena metodologija je omogućila da se dobiju relevantni podaci za objašnjenje mehanizama sorpcije iz tečne faze, kao i da se objasni uticaj različitih parametara na dominantne mehanizme sorpcije, a time i na ukupni sorpcioni kapacitet. Takođe, na ovaj način je omogućeno objašnjenje uticaja modifikacije sepiolita na sorpcione kapacitete dobijenih sorbenata.

Očekivana primena rezultata u praksi

Rezultati predstavljeni u okviru ove doktorske disertacije omogućavaju bolje razumevanje procesa sorpcije iz tečne i gasovite faze na sepiolitu, kao i posupaka modifikacije materijala organo-silanima i oksihidroksidima metala.

Praćenjem količine sorbovanih jona iz vodenog rastvora utvrđeno je da uzorak modifikovan gvožđe(III)-oksihidroksidima i organo-silanom u vodenom rastvoru predstavljaju efikasnije sorbente u odnosu na amino i merkaptio-funkcionalizovane uzorke koji su dobijeni modifikacijom u rastvoru toluola, kao i u odnosu na prirodni sepiolit.

Detaljnou analizom potvrđen je mehanizam sorpcije jona Cu^{2+} , Co^{2+} i Ni^{2+} na prirodnom sepiolitu i na uzorcima sepiolita koji su modifikovani organo-silanimi i gvožđe(III)-oksidhidroksidima. Rezultati ukazuju na to da novodobijeni materijali imaju veliki potencijal za primenu kao sorbenti, zbog jednostavne procedure dobijanja, ekonomičnosti, kao i zbog efikasne sorpcije katjona pri niskim koncentracijama.

Prikazani rezultati imaju veliki potencijal za primenu kao osnova za dalja istraživanja u domenu poboljšanja svojstava prirodnih materijala u cilju pronalaženja sistema veće efikasnosti kao sorbenata iz tečne i gasovite faze.

Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

Kandidat mr Slavica Lazarević je svoje rezultate potvrdila objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim i nacionalnim časopisima i saopštavanjem radova na međunarodnim skupovima. Iz disertacije su proistekla tri rada objavljena u vrhunskim međunarodnim časopisima i jedan rad objavljen u međunarodnom časopisu.

Radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima (M 21)

1. **Slavica Lazarević**, Ivona Janković-Častvan, Veljko Djokić, Željko Radovanović, Djordje Janačković, Rada Petrović, Iron-Modified Sepiolite for Ni^{2+} Sorption from Aqueous Solution: An Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Study, J. Chem. Eng. Data 55 (2010) 5681–5689 (ISSN 0021-9568, IF (2010) = 2,089).
2. **Slavica Lazarević**, Ivona Janković-Častvan, Antonije Onjia, Jugoslav Krstić, Djordje Janačković, Rada Petrović, Surface Characterization of Iron-Modified Sepiolite by Inverse Gas Chromatography, Ind. Eng. Chem. Res. 50 (2011) 11467–11475 (ISSN 0888-5885, IF (2011) = 2,237).
3. **Slavica Lazarević**, Ivona Janković-Častvan, Branislav Potkonjak, Djordje Janačković, Rada Petrović, Removal of Co^{2+} ions from aqueous solutions using iron-functionalized sepiolite, Chem. Eng. Process. 55 (2012) 40–47 (ISSN 0255-2701, IF (2010) = 1,729).

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja (M 23)

1. **Slavica Lazarević**, Ivona Janković-Častvan, Željko Radovanović, Branislav Potkonjak, Đorđe Janačković, Rada Petrović, Sorption of Cu^{2+} and Co^{2+} from aqueous solutions onto sepiolite: an equilibrium, kinetic and thermodynamic study, J. Serb. Chem. Soc. 76 (1) (2011) 101–112 (ISSN 0352-5139, IF (2011) = 0,879).

Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u celini (M 33)

- 1 **Slavica Lazarević**, Violeta Arsovski, Bojan Jokić, Ivona Janković-Častvan, Đorđe Janačković, Rada Petrović, Adsorption of nickel ions from aqueous solutions by manganese oxide-coated sepiolite, 43th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, 2011, 473-477.

Rad saopšten na skupu međunarodnog značaja štampan u izvodu (M 34)

1. **Slavica Lazarević**, Ivona Janković-Častvan, Bojan Jokić, Rada Petrović, Djordje Janačković, Preparation, Characterization and Sorption Properties of Sepiolite-Iron Oxide System, Second International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials, Strasbourg, France, 2011.

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega napred iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija mr Slavice Lazarević, dipl.inž.tehnologije, pod nazivom „**Proučavanje uticaja različitih postupaka modifikacije na fizičko-hemijske karakteristike i sorpciona svojstva sepiolita**” predstavlja značajan, originalni naučni doprinos u oblasti Hemije i hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštenja na međunarodnim konferencijama.

Predlog Komisije Nastavno-naučnom veću

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF-a da prihvati ovaj Izveštaj i da ga zajedno sa podnetom doktorskom disertacijom mr Slavice Lazarević da na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka ove procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije, pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 06. 09.2012.

Članovi Komisije:

1. Dr Rada Petrović, van. prof. TMF
2. Dr Đorđe Janačković, red. prof. TMF
3. Dr Antonije Onjia, naučni savetnik, INN Vinča