

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**
Beograd, Karnegijeva 4

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta održanog 14.04.2011. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije kandidata mr Sanje R. Marinović, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „*Primena novih polimernih nanokompozitnih materijala sa glinom u prečišćavanju voda koje sadrže derivate fenola*“. Posle pregleda i analize dostavljenog materijala, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Podaci o kandidatu

Sanja Marinović rođena je 24.07.1978. godine u Beogradu. Osnovnu i srednju školu završila je u Beogradu. Diplomirala je 2002. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, sa prosečnom ocenom 9,57.

Poslediplomske studije je upisala u novembru 2002. Magistarsku tezu pod naslovom "Sinteza i svojstva interpenetirajućih mreža na bazi hiperrazgranatih akrilata" je odbranila 06.11.2007. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu.

U Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju – Centar za katalizu i hemijsko inženjerstvo zaposlena je od 01.07.2007. godine, gde u kontinuitetu do danas učestvuje u radu na projektima osnovnih istraživanja i tehnološkog razvoja Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (sada Ministarstvo prosvete i nauke). Zvanje istraživač-saradnik stekla je 14.07.2008.

Rezultati dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada kandidata prikazani su u **5** (pet) radova objavljenih u naučnim časopisima međunarodnog značaja (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M21, 4 rada; M22, 1 rad**), **5**(pet) radova objavljenih u zbornicima međunarodnih naučnih skupova (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M33, 4 rada i M34, 1 rad**).

1.1. Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima - M21

1. **S. Simić**, B. Dunjić, S. Tasić, B. Božić, D. Jovanović, I. Popović, "Synthesis and characterization of interpenetrating polymer networks with hyperbranched polymers through thermal-UV dual curing", *Progress in organic coatings* (2008), 63(1): 43-48.
2. **S. Marinović**, B. Dunjić, S. Tasić, B. Božić, D. Jovanović, I. Popović, "The influence of different components on interpenetrating polymer network's (IPN's) characteristics as automotive top coats", *Progress in organic coatings* (2010), 68(4): 293–298.
3. P. Banković, Z. Mojović, A. Milutinović-Nikolić, N. Jović-Jovičić, **S. Marinović**, D. Jovanović, "Mixed pillared bentonite for electrooxidation of phenol", *Applied clay science* (2010), 49: 84-89.

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu - M22

1. V. Marinović, **S. Marinović**, M. Jovanović, J. Jovanović, S. Štrbac, "The electrochemical reduction of trinitrotoluene on a platinum wire modified by chemisorbed acetonitrile" *Journal of electroanalytical chemistry* (2010), 648: 1-7.

Radovi saopšteni na skupovima međunarodnog značaja štampani u celini-M33

1. D. Nikolova, M. Stanković, **S. Simić**, M. Gabrovska, P. Stefanov, R. Edreva-Kardjieva, "XPS study of the Nickel oxidation state in the reduced (Ag)NiMg/SiO₂ vegetable oil hydrogenation catalysts", *Proceedings of IX International Conference on fundamental and applied aspects of Physical chemistry*, Beograd, Serbia, (2008), Vol.1, 175-177.
2. **S. Marinović**, Z. Vuković, A. Nastasović, A. Milutinović-Nikolić, "The influence of bentonite filler on the thermal stability of glycidyl methacrylate based composite", *Proceedings of X International Conference on fundamental and applied aspects of Physical chemistry*, Beograd, Serbia (2010), 509-511.

3. Z. Mojović, P. Banković, N. Jović-Jovičić, M. Žunić, A. Abu Rabi-Stanković, **S. Marinović**, „Methanol electrooxidation from alkaline solution on Pt and PtRu modified zeolite X“ *Proceedings of X International Conference on fundamental and applied aspects of Physical chemistry*, Beograd, Serbia (2010), 286-288.
4. A. Z. Ivanović, Ž. D. Čupić, **S. R. Marinović**, G. Schmitz, Lj. Z. Kolar-Anić, „Critical manifold of the model for Bray-Liebhafsky oscillatory reaction“, Beograd, Serbia (2010), 236-238.

Radovi saopšteni na skupovima od međunarodnog značaja štampani u izvodu-M34

1. **S. Marinović**, Z. Stanković, S. Tasić, B. Božić, „Hyperbranched Acrylates in Dual-Curing Systems“, 4th International Conference on the Chemical Societies of the South-East European Chemical Societies, (2004), Belgrade, Serbia, Book of Abstracts ICOSECS 4, Vol.2, p.57.
2. V. Marinović, **S. Marinović**, M. Jovanović, J. Jovanović, „The reduction of nitroaromatic compounds on the platinum electrode“, The Second Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE 2), (2010) Belgrade, Serbia, ESD-P-07, Book of Abstracts, p.76
3. V. Marinović, **S. Marinović**, M. Jovanović, J. Jovanović, S. Štrbac, „Electrochemical Reduction of Trinitrotoluene on a Modified Platinum Electrode“, 61st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (ISE), (2010) Nice, France, CD.

1.2. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu biografskih podataka, podataka o magistraturi, spiska objavljenih radova i dosadašnjeg rada sa kandidatom, Komisija ocenjuje da mr Sanja Marinović može sa uspehom da realizuje sva predviđena istraživanja i pruži konkretne odgovore i objašnjenja u okviru predložene teme doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet rada doktorske disertacije je sinteza i karakterizacija novih polimernih nanokompozitnih materijala sa glinom i njihova primena u prečišćavanju voda koje sadrže različite derivate fenola. Derivati fenola predstavljaju veoma značajnu grupu zagađujućih supstanci zbog njihove izuzetne toksičnosti i kancerogenosti, kao i mogućnosti akumulacije u životnoj sredini. Hronični toksični efekti koje fenolna jedinjenja izazivaju kod ljudi su: povraćanje, otežano gutanje, oštećenja jetre i bubrega, nesvestice i mentalna oštećenja. Upravo zbog visoke toksičnosti i teškoća vezanih za biološku degradaciju jedinjenja fenola, postavljene su veoma stroge granice dozvoljenih koncentracija ovih jedinjenja u životnoj sredini. Svetska zdravstvena organizacija je odredila da je maksimalna koncentracija jedinjenja fenola u pijaćoj vodi 0,001 mg/l. Prema važećim zakonima Republike Srbije maksimalna dozvoljena koncentracija fenola i njegovih derivata u vodi za piće je takođe 0,001 mg/l. Pošto se derivati fenola često nalaze u otpadnim vodama industrijskih postrojenja jer predstavljaju intermedijere u industriji boja, pesticida, insekticida, rafinerijama nafte, i sl. potrebno je izvršiti prečišćavanje ovih otpadnih voda pre njihovog ispuštanja u vodotokove.

Tehnologije prečišćavanja mogu biti podeljene u tri kategorije: biološke, hemijske (oksidacija ozonom i Fentonovim reagensom, elektrohemijaska degradacija i dr.) i fizičko-hemijske (membranska filtracija, elektrokinetička koagulacija). Mana postojećih metoda je pre svega, nedovoljna efikasnost za kvantitativno uklanjanje zagađivača, kao i njihova visoka cena i složenost procesa. Takođe većina metoda zahteva dugotrajan tretman i efikasna je pri niskim koncentracijama zagađivača.

Od svih metoda, sorpcija je najzastupljenija zbog jednostavnosti samog postupka i lakoće njegovog izvođenja, kao i relativno jednostavne regeneracije sorbenata. Najčešće korišćeni sorbent, aktivni ugalj je skup i teško se regeneriše, zato se u novije vreme poklanja sve više pažnje razvijanju novih sorbenata koji bi bili efikasni za uklanjanje derivata fenola iz otpadnih voda.

Makroporozni kopolimeri glicidilmetakrilata i etilenglikoldimetakrilata [skraćeno PGME] su već uspešno korišćeni za uklanjanje različitih organskih zagađivača, teških i plemenitih metala i tekstilnih boja iz vodenih rastvora. Naime, molekul glicidilmetakrilata (GMA, 2,3-epoksipropilmetakrilat) sadrži epoksidnu grupu koja je podložna reakcijama otvaranja prstena, sa nukleofilnim i elektrofilnim reagensima, pri čemu se relativno lako prevodi u hidroksilnu, keto, karboksilnu, amino ili neku drugu funkcionalnu grupu, čime se svojstva ovih kopolimera mogu prilagođavati različitim oblastima primene. Sa druge strane, promenom vrste monomera, umreživača, inertne komponente i njihovog međusobnog odnosa u reakcionoj smeši, direktno se može uticati na sastav i morfologiju makroporoznih kopolimera, što znači da se odgovarajućim izborom sastava smeše za kopolimerizaciju mogu sintetizovati kopolimeri sa željenim parametrima porozne strukture.

Jedan od ciljeva ove disertacije je sinteza novog tipa polimernog nanokompozita sa glinom. Kod ovog materijala se ugrađivanjem gline u strukturu umreženih makroporoznih kopolimera dobija materijal sa poboljšanim mehaničkim i termičkim svojstvima pri čemu bi kompozit imao željenu poroznu strukturu. Kao metoda sinteze biće

primenjena radikalna suspenziona kopolimerizacija. Ovakav način sinteze nanokompozita PGME sa glinom nije korišćen, a preliminarne istraživanja su pokazala da je na ovaj način moguće dobiti kompozit koji zadržava makroporoznost koju ima kopolimer PGME. Makroporoznost nanokompozita neophodna je da bi se on mogao koristiti kao sorbent. Ako se uzme u obzir i činjenica da je jedna od komponenti za dobijanje ovog kompozita glina, dobijena iz nalazišta u našoj zemlji, a koja nije u dovoljnoj meri iskorišćena, ekonomski aspekt dobijanja ovih kompozita je veoma povoljan.

Dobijeni makroporozni nanokompoziti sa glinom će se zatim funkcionalizovati reakcijom otvaranja prstenova bočnih epoksi grupa pomoću dietilentriamina. Funkcionalizacija kompozita se vrši da bi se povećao sorpcioni afinitet kompozita prema derivatima fenola.

Imajući u vidu navedeno, predlaže se da predmet ovog rada bude sintetisanje i karakterizacija kopolimernih nanokompozitnih materijala sa glinom, funkcionalizovanih sa dietilentriaminom, nakon čega će biti ispitan uticaj parametara koji utiču na njihovu efikasnost u uklanjanju derivata fenola iz voda, kao što su: početna koncentracija derivata fenola, vreme sorpcije, pH rastvora, itd.

Do sada u literaturi nisu opisani nanokompoziti ovakvog tipa, koji zadržavaju makroporoznost karakterističnu za kopolimer, uz istovremeno poboljšanje drugih svojstava koja se postižu ugrađivanjem gline. Zbog činjenice da je nanokompozit sa glinom makroporozan može se razmatrati njegova primena kao sorbenta u procesima uklanjanja derivata fenola iz vode, što će biti i predmet ispitivanja u ovom radu.

Na osnovu dobijenih rezultata razmatraće se primenljivost ovih materijala u realnim uslovima.

Naučni ciljevi ove disertacije su:

- sinteza novih kopolimernih nanokompozitnih materijala sa glinom (sa različitim sadržajem gline)
- karakterizacija dobijenih materijala
- ispitivanje efikasnosti ovih materijala u procesu sorpcije derivata fenola iz vode
- poređenje efikasnosti sorpcije za različite derivate fenola (2-nitrofenol, 4-nitrofenol, 2-hlorfenol, 4-hlorfenol)
- ispitivanje uticaja različitih parametara na efikasnost sorpcije derivata fenola (početna koncentracija derivata fenola, vreme, pH rastvora)

3. Polazne hipoteze

Zbog pojačane brige o životnoj sredini, uklanjanje derivata fenola dobija značajno mesto u rešavanju ekoloških problema. Sorpcija predstavlja jednostavnu, brzu i uspešnu metodu prečišćavanja otpadnih voda koje sadrže ova jedinjenja. Iako je izbor mogućih sorbenata veliki svetski trendovi istraživanja idu u pravcu pronalaženja selektivnog, efikasnog, brzog sorbenta koji istovremeno ima veliki kapacitet sorpcije i ima mogućnost regeneracije i korišćenja u više ciklusa sorpcije i desorpcije. Očekuje se da novi tip nanokompozitnog materijala koji će se sintetisati u toku izrade ove disertacije zadrži makroporoznost kopolimera i njegovu sposobnost uvođenja različitih funkcionalnih grupa čija selektivnost prema određenim jedinjenjima uz razvijenu poroznost čini ove materijale uspešnim sorbentima. Ugradnja gline u kopolimer dovodi do promene u poroznoj strukturi i poboljšanja termičkih i mehaničkih svojstava što je pretpostavka za proširenje primenljivosti novosintetisanog sorbenta na zahtevnije eksploatacione uslove.

4. Naučne metode istraživanja

Sintetisani polimerni nanokompozitni materijali sa glinom biće detaljno karakterisani fizičko-hemijskim metodama. Strukturna svojstva materijala biće ispitivana rendgensko difrakcionom analizom (XRD), infracrvenom spektroskopijom (FT-IC), mikroskopskim ispitivanjima korišćenjem transmisivnog (TEM) i skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM). Za ispitivanje teksturalnih svojstava uzoraka primenjivaće se dve komplementarne metode: živina porozimetrija, i određivanje adsorpciono-desorpcionih izoterma azota na 77 K. Termička svojstva uzorka biće ispitana termo-gravimetrijskom analizom (TGA). Za ispitivanje sorpcije derivata fenola od strane nanokompozita koristiće se UV-Vis spektroskopija. Svi eksperimenti biće realizovani u Institutu za hemiju, tehnologiju i metalurgiju (IHTM) u Centru za katalizu i hemijsko inženjerstvo i Centru za hemiju, u okviru istraživanja na projektima (III45001 i III 43009) koje finansira Ministarstvo prosvete i nauke.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos istraživanja u okviru ove doktorske disertacije ogleda se u sledećem:

- razvoj postupka i optimizacija parametara sinteze novih polimernih nanokompozitnih materijala sa glinom,
- funkcionalizovanje razvijenih kompozitnih materijala reakcijom epoksidne grupe u molekulu monomera GMA, čime se dobijaju sorbenti sa izraženom selektivnošću prema derivatima fenola,
- dobijanje sorbenta prihvatljivog kako sa ekološkog tako i sa ekonomskog aspekta,

- optimizacija uslova sorpcije derivata fenola iz vodenih rastvora
- određivanje kinetičkih parametara sorpcije derivata fenola na novom polimernom nanokompozitnom materijalu sa glinom ,
- procena efikasnosti i potencijalne primene razvijenog novog sorbenta u prečišćavanju industrijskih otpadnih voda,

6. Plan istraživanja i struktura rada

Literaturni pregled obuhvatiće analizu prethodnih istraživanja koja se odnose na:

- gline i modifikaciju glina
- makroporozne kopolimere
- kompozite i nanokompozite polimera i glina
- štetnost fenola i derivata fenola
- metode uklanjanja fenola i derivata fenola iz otpadnih voda
- pregled najčešće korišćenih sorbenata za uklanjanje fenola i derivata fenola iz otpadnih voda

U okviru eksperimentalnog dela biće opisani:

- sinteza i funkcionalizacija novog polimernog nanokompozitnog materijala sa glinom
- karakterizacija dobijenih materijala (definisanje hemijskih, strukturnih, morfoloških, teksturalnih i termičkih svojstava materijala)
- sorpciona studija u sistemima sorbent (funkcionalizovani polimerni nanokompozitni materijali sa glinom)-sorbit (vodeni rastvori 2-nitrofenola, 4-nitrofenola, 2-hlorfenola, 4-hlorfenola)

Nakon realizacije eksperimentalnog dela rada izvršiće se pregled i analiza dobijenih rezultata. Na osnovu analize dobijenih rezultata izvešće se glavni zaključci i dati smernice za nastavak istraživanja koja će biti realizovana u okviru ove doktorske disertacije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije „Primena novih polimernih nanokompozitnih materijala sa glinom u prečišćavanju voda koje sadrže derivate fenola“ koju je predložila mr Sanja R. Marinović, dipl.inž.tehnologije, naučno zasnovana, pa predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati i da za mentora imenuje dr Dušana Antonovića, redovnog profesora na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu. Predložena tema pripada oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine.

U Beogradu, 16.05.2011. god.

ČLANOVI KOMISIJE

1. Dr Dušan Antonović, redovni profesor TMF
2. Dr Aleksandra Milutinović-Nikolić, naučni savetnik IHTM
3. Dr Sava Veličković, docent TMF
4. Dr Aleksandra Nastasović, viši naučni saradnik IHTM