

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 8.03.2012. godine, određeni smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Vesne V. Panić, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom

„Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima”.

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

**I Z V E Š T A J
o urađenoj doktorskoj disertaciji**

1. UVOD

Naslov i obim disertacije

Doktorska disertacija kandidata Vesne V. Panić napisana je na 200 strana, u okviru kojih se nalazi 75 slika, 51 tabela i 295 literaturnih navoda. Doktorska disertacija kandidata Vesne Panić, dipl. inž. tehnologije, sadrži četiri celine: Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak, podeljene u osam poglavlja. Takođe, sadrži kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku, Uvod, Literaturu i biografiju autora.

Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 18.11.2010. godine - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije Vesne Panić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**” i za mentora ove doktorske disertacije imenovan je dr Sava Veličković, docent TMF.
- 7.2.2011. godine – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka (Univerzitet u Beogradu) data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Vesne V. Panić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**”.
- 8.03.2012. godine – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Vesne V. Panić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**”.

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

Biografski podaci o kandidatu

Vesna V. Panić (rođ. Pavlović) je rođena u Beogradu, 02.03.1982. godine. Osnovnu školu je završila u Novoj Pazovi, a opštu gimnaziju u Staroj Pazovi. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je 2001. godine. Diplomirala je na katedri za Organsku hemijsku tehnologiju i polimerno inženjerstvo 2006. godine sa prosečnom ocenom 9,97, odbranivši diplomski rad na temu „Sinteza i svojstva semi-interpenetrirajućih polimernih mreža na bazi poli(*N*-izopropilakrilamida) i poli(vinilalkohola)” sa ocenom 10,0. Dobitnik je pet diploma „Panta S. Tutundžić” za izuzetan uspeh na osnovnim studijama i kao student generacije. Takođe, dobitnik je nagrade Srpskog hemijskog društva za ukupan uspeh postignut tokom osnovnih studija i kao najbolji student Tehnološko-metalurškog fakulteta koji je diplomirao u školskoj 2005/2006. godini.

U januaru 2007. godine upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smer „Hemija i hemijska tehnologija” i položila sve predviđene ispite, kao i Završni ispit sa srednjom ocenom 10,0.

Od februara 2007. do januara 2011. godine bila je angažovana na projektu „Sinteza i karakterizacija polimera i polimernih (nano)kompozita definisane molekulske i nadmolekulske strukture“ (ev. br.142023) kao stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Od 1.2.2011. godine zaposlena je u Inovacionom centru Tehnološko-metalurškog fakulteta, u okviru projekta OI 172062 pod nazivom "Sinteza i karakterizacija novih funkcionalnih polimera i polimernih (nano)kompozita". U zvanje istraživač-saradnik izabrana je 22.9.2011. godine.

2. OPIS DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidata Vesne Panić, dipl. inž. tehnologije, sadrži četiri celine: Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak, podeljene u osam poglavlja. Na početku disertacije dat je kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku i Uvod, dok su na kraju date Literatura i biografija autora.

Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U Uvodu disertacije istaknut je značaj hidrogelova osetljivih na spoljne stimulanse koji, zahvaljujući sposobnosti da promenom jednog ili više svojstava odgovore na veoma male promene u spoljašnjoj sredini, kao i mekoj i elastičnoj konzistenciji, poroznosti i velikom sadržaju vode, izazivaju veliko interesovanje. Zbog izuzetno dobrih svojstava našli su primenu u oblasti kontrolisanog i ciljanog otpuštanja supstanci, kozmetici, inženjerstvu tkiva i regenerativnoj medicini kao matrice za reparaciju i regeneraciju tkiva i organa, dijagnostici, imobilizaciji i separaciji biomolekula i ćelija, uklanjanju polutanata iz otpadnih voda, itd. I pored velikih mogućnosti, postoje i ograničavajući faktori u primeni hidrogelova i to su pre svega slaba mehanička svojstva i nedovoljno brz odziv na spoljašnji stimulans, pa je prevazilaženje ovih nedostataka smernica za buduća istraživanja ovih materijala. U Uvodu je predstavljen predmet disertacije koji se odnosi na sintezu i karakterisanje pH-osetljivih hidrogelova na bazi metakrilne kiseline, njihovu modifikaciju zeolitima A i ZSM-5 i ispitivanje potencijalne primene za

uklanjanje katjonske boje Basic Yellow 28 (BY 28) iz vodenih rastvora sorpcijom na dobijenim PMAA hidrogelovima i kompozitima.

Teorijski deo disertacije se sastoji iz tri poglavlja: Hidrogelovi: pojam, svojstva, primena; Zeoliti: pojam, svojstva, primena i Sorpcija. U okviru poglavlja Hidrogelovi: pojam, svojstva, primena data je definicija ovih polimernih materijala, njihove osnovne karakteristike, klasifikacija i primena, sa posebnim osvrtom na dosadašnja istraživanja hidrogelova na bazi metakrilne kiseline i srodnih monomera (akrilata i metakrilata). Detaljno je razmatran proces bubrenja hidrogelova, parametri koji na njega utiču, kao i kinetički modeli koji se koriste za opis kinetike procesa bubrenja. Posebna pažnja posvećena je parametrima mreže i mehaničkim svojstvima hidrogelova kao i načinima za njihovo poboljšanje. U poglavlju pod nazivom Zeoliti: pojam, svojstva, primena razmatrana je struktura ovih materijala, njihova klasifikacija i oblasti primene sa akcentom na zeolitima tipa A i ZSM-5 koji su u okviru ove disertacije korišćeni za sintezu kompozitnih hidrogelova poli(metakrilna kiselina)/zeolit. Takođe je dat i pregled do sada objavljenih radova koji se bave kompozitima polimer/zeolit. U poglavlju Sorpcija obrađen je proces sorpcije, modeli adsorpcionih izoterma i kinetika sorpcije, korišćeni u ovom istraživanju, kao i prikaz sorbenata, između ostalih i polimernih, korišćenih za uklanjanje boja iz otpadnih voda.

U Eksperimentalnom delu su dati osnovni podaci o upotrebljenim reaktantima i detaljan opis sinteza hidrogelova na bazi metakrilne kiseline i kompozita PMAA/zeolit A, odnosno ZSM-5. Prikazane su eksperimentalne metode i tehnike koje su korišćene za karakterizaciju sintetisanih hidrogelova: infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR), skenirajuća elektronska (SEM) i optička mikroskopija, termogravimetrijska analiza (TGA), dinamičko-mehanička analiza (DMA), gravimetrijsko praćenje procesa bubrenja i dehidratacije, sorpcija boje Basic Yellow 28 UV- Vis spektrofotometrom i analiza slike obojenih hidrogelova.

Rezultati i diskusija obuhvataju tri poglavlja: Hidrogelovi na bazi poli(metakrilne kiseline), Kompozitni hidrogelovi na bazi PMAA i zeolita i Sorpcija boje BY28 iz vodenih rastvora na hidrogelovima na bazi PMAA i kompozitima PMAA/zeolit.

U prvom poglavlju su sintetisani hidrogelovi na bazi metakrilne kiseline, radikalnom polimerizacijom i umrežavanjem na 80°C, konvencionalno i pod dejstvom mikrotalasnog polja, pri čemu je variran stepen neutralizacije monomera, koncentracija monomera, inicijatora i umreživača. Sintetisani su makroporozni materijali sa veoma različitom morfologijom, osnovnim strukturnim parametrima, mehaničkim svojstvima i ponašanjem pri bubrenju, što je pokazano njihovim karakterisanjem primenom FTIR, SEM i DMA analize i praćenjem kinetike bubrenja. Ispitana je mogućnost uspostavljanja međuzavisnosti između reakcionih parametara sinteze PMAA hidrogelova, ravnotežnog stepena bubrenja i kinetičkih parametara bubrenja, i primarnih parametara strukture kserogela, sa ciljem da se omogući dobijanje PMAA hidrogelova sa unapred zadatim svojstvima. Utvrđeno je da ispitivane korelacije postoje i da su stepenog oblika. Rezultati ispitivanja su pokazali da je sinteza hidrogelova konvencionalno realtivno jednostavna za izvođenje, da hidrogelovi imaju bolja svojstva i jasnije definisane zavisnosti između reakcionih parametara i svojstava dobijenih hidrogelova. S druge strane, kod sinteza u mikrotalasnom polju veći broj parametara utiče na ishod sinteze, otežana je kontrola dobijanja željenih svojstava

hidrogelova usled teškoća sa održavanjem konstantne temperature i sprečavanjem lokalnog pregrevanja.

Nakon analize i optimizacije dobijenih rezultata, u drugom poglavlju su konvencionalnom radikalnom polimerizacijom sintetisani kompozitni hidrogelovi na bazi PMAA sa stepenom neutralizacije monomera od 80% i neorganskih punila, zeolita A i ZSM-5 u koncentracijama 10-30 mas%. Karakterisanje dobijenih kompozita izvedeno je FTIR, SEM, TGA i DMA analizom i praćenjem ponašanja pri bubrenju i dehidrataciji pod uticajem različitih eksperimentalnih uslova: prirode i pH medijuma, temperature, dejstva ultrazvučnog i mikrotalasnog polja. FTIR spektri dobijenih materijala su pokazali da su kompoziti uspešno sintetisani, kao i da su ostvarene interakcije fizičke, najverovatnije vodonične veze. Utvrđeno je da je zeolit ravnomerno raspoređen u PMAA matrici i to u slučaju obe vrste i svih koncentracija zeolita. Pokazano je i da su sintetisani kompoziti boljih mehaničkih svojstava, bržeg odziva i veće termičke stabilnosti u odnosu na referentni hidrogel, dok su potpuno neosetljivi na promenu temperature, u ispitivanom temperaturnom opsegu, ukoliko nisu izloženi dejstvu utrazvučnog ili mikrotalasnog polja. Koncentracija inkorporiranog zeolita pokazala je značajan uticaj na svojstva sintetisanih kompozita, dok je uticaj tipa zeolita prisutan ali manje izražen. Utvrđeno je da su kompozitni hidrogelovi osetljivi na dejstvo i ultrazvučnog i mikrotalasnog polja. Međutim, vrednosti ravnotežnog stepena bubrenja u mikrotalasnom polju su značajno smanjene, ali je brzina bubrenja veća za tri, odnosno dva, reda veličine u odnosu na klasično bubrenje u sušnici i pod dejstvom ultrazvučnog polja.

Na osnovu dobijenih rezultata utvrđeno je da bi ispitivani hidrogelovi mogli da se primene kao sorbenti za uklanjanje polutanata iz otpadnih voda. U trećem delu je ispitana mogućnost primene sintetisanih PMAA hidrogelova i kompozita PMAA/zeolit za uklanjanje katjonske boje Basic Yellow 28 sorpcijom iz vodenih rastvora. Ispitan je uticaj stepena neutralizacije monomera, prisustva, vrste i koncentracije zeolita u kompozitnim hidrogelovima, prirode i pH medijuma, mase sorbenta, početne koncentracije boje u rastvoru i temperature na uspešnost uklanjanja boje BY28 sorpcijom. Pokazano je da su sintetisani materijali pogodni za uklanjanje BY28 iz vodenih rastvora i da su uspešnost i tok procesa sorpcije uslovljeni vrstom sorbenta i primenjenim uslovima. Vrednosti termodinamičkih parametara procesa sorpcije navedene boje na PMAA hidrogelovima i kompozitima sa zeolitom ukazuju da postoji doprinos i fizisorpcije i hemisorpcije, pri čemu dominacija jednog ili drugog tipa sorpcije zavisi od vrste sorbenta. Ispitivanje kinetike sorpcije pokazalo je da ispitivani procesi mogu da se opišu kinetikom prvog reda, dok se primenom Jelović-evog, Bangham-ovog i modela unutarčestične difuzije zaključuje da je difuzija kroz pore sorbenta jedan od procesa koji kontrolišu brzinu sorpcije ali ne i jedini i dominantan. U radu je ispitano slaganje Langmir-ovog, Frundlich-ovog, Dubinin-Raduškevič-evog i Temkin-ovog adsorpcionog modela sa eksperimentalnim ravnotežnim podacima. Langmuir-ov i Frundlich-ov model pokazali su se najbolji za opis sorpcije BY28, prvi na PMAA/80N hidrogelu i kompozitima sa zeolitom ZSM-5, a drugi na PMAA/0N hidrogelu i kompozitima sa zeolitom A. Pokazano je i da metoda analize slike obojenih hidrogelova može uspešno da se primeni na ispitivanje navedenih procesa sorpcije.

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

Iako u literaturi postoji veliki broj radova čija se pažnja fokusira na hidrogelove osetljive na spoljne stimulanse, usavršavanje postojećih i razvoj novih oblasti primene ovih hidrogelova zahteva razvoj sinteze različitih materijala sa unapred definisanim svojstvima i rešavanje problema slabih mehaničkih svojstava i nedovoljno brzog odziva na spoljašnji stimulans. Osnovni preduslov za sintezu hidrogelova željenih svojstava jeste uspostavljanje veza između parametara sinteze, strukturnih parametara materijala i željenih svojstava. Težnja da se stvore novi materijali, optimalnih i predvidljivih svojstava, podstakla je veliko interesovanje za razvoj hibridnih materijala u kojima kombinacijom organskih polimera i neorganskih komponenti mogu da se dobiju značajno izmenjena mehanička, fizička i hemijska svojstva, bitno uslovljena kako izborom komponenti tako i načinom sinteze. U poslednjih 20 godina povećano je interesovanje za zeolite, kako prirodne zbog otkrića velikih mineralnih rezervi, tako i sintetske zbog jednako interesantnih i korisnih fizičko-hemijskih svojstava kao što su jono-izmenjivački i adsorpcioni potencijal, efekat molekulskih sita itd. I pored izuzetno interesantnih svojstava, inkorporiranje zeolita u hidrogelove je otežano usled slabih interakcija zeolita i polimerne mreže.

Jedan od velikih izazova današnjice je i rešavanje pitanja otpadnih voda pri čemu su efikasnost i cena tretmana zagađenih voda sve značajniji i sve je veće interesovanje za pronalaženjem adekvatnih, ekonomičnijih zamena za skupe sorbente, koje poseduju visok sorpcioni kapacitet, veliku brzinu sorpcije i selektivnost, kao i dovoljno dobra mehanička svojstva. Kao jedna od alternativa za uklanjanje boja i jona metala u poslednje vreme se javljaju polimerni hidrogelovi i njihovi kompoziti.

Predmet doktorske disertacije Vesne Panić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**” je sinteza, konvencionalno i pod dejstvom mikrotalasnog polja, i karakterisanje pH-osetljivih hidrogelova na bazi metakrilne kiseline, njihova modifikacija zeolitima A i ZSM-5 i ispitivanje potencijalne primene za uklanjanje katjonske boje Basic Yellow 28 sorpcijom iz vodenih rastvora.

Iako su objavljena brojna istraživanja vezana za pH-osetljive hidrogelove, na osnovu dosadašnjih saznanja detaljna analiza uticaja reakcionih parametara na svojstva hidrogelova na bazi delimično neutralisane poli(metakrilne kiseline) i uspostavljanje međusobnih korelacija izvedeni u ovom radu, nisu bili predmet ranijih istraživanja. U dosadašnjoj literaturi postoji veoma mali broj radova koji se bave kompozitima na bazi polimernih matrica i zeolita. U ovoj doktorskoj disertaciji su prvi put sintetisani i detaljno proučeni kompozitni hidrogelovi na bazi delimično neutralisane metakrilne kiseline i zeolita A, odnosno ZSM-5, i utvrđena je njihova osetljivost na promenu pH medijuma. Takođe, u ovom radu je ispitan i uticaj mikrotalasnog polja na bubrenje što do sada nije bio predmet istraživanja, kao i uticaj dejstva i frekvencije ultrazvučnog polja, što se tek odnedavno ispituje kao stimulans za bubrenje hidrogelova. Ovim je dat doprinos razvoju

hidrogelova osetljivih na spoljne stimulanse, kao i jedno od mogućih rešenja problema slabijih mehaničkih svojstava i sporog odziva na spoljašnji stimulans ovih materijala, čime se proširuju potencijalne oblasti njihove primene. U disertaciji su prikazani i sorpcioni potencijali novosintetisanih hidrogelova za uklanjanje boje Basic Yellow 28 iz vodenih rastvora, čime je ponuđeno originalno rešenje mogućnosti njihove aplikacije u preradi otpadnih voda.

Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Na kraju disertacije su data 295 literaturna navoda, korišćena prilikom izrade doktorske disertacije. Navedeni naučni radovi sa tematikom od suštinskog značaja za izradu doktorske disertacije, 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, i omogućili su da se prikaže stanje u ispitivanim oblastima kao i da se na osnovu njihovih nedostataka uoče smernice za istraživanja sprovedena u okviru ove disertacije. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova u prijavi koju je kandidat podneo, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja i aktuelnog stanja ovoj oblasti u svetu.

Analiza primenjenih naučnih metoda i njihova adekvatnost za sprovedeno istraživanje

Da bi se uspešno ostvarili ciljevi postavljeni u okviru ove disertacije primenjene su sledeće metode:

- Konvencionalna metoda sinteze hidrogelova na bazi metakrilne kiseline, kao i sinteza u mikrotalasnom reaktoru (CEM Discovery) koji poseduje mogućnost kontrole temperature, čime je pregrevanje, osnovni nedostatak komercijalnih mikrotalasnih pećnica, prevaziđeno;
- Ispitivanje uticaja temperature, pH medijuma, ultrazvučnog i mikrotalasnog polja na bubrenje sintetisanih hidrogelova i kompozita; praćenje dehidracije pri promeni pH medijuma i dehidracije usled gubitka vode na konstantnoj temperaturi; određivanje kinetičkih parametara bubrenja i dehidracije primenom Peppas-ovog modela i metode normalizovanog vremena;
- Karakterizacija dobijenih uzoraka:
 - infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR) – radi utvrđivanja vrsta uspostavljenih veza ,
 - skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i optička mikroskopija– radi utvrđivanja morfologije sintetisanih hidrogelova i kompozita i veličine pora;
 - termogravimetrijska analiza (TGA) sa diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC)– radi ispitivanja termičke stabilnosti hidrogelova i kompozita i načina degradacije;
 - dinamičko-mehanička analiza (DMA) – ispitivanje mehaničkih svojstava sintetisanih hidrogelova na mehaničkom spektrometru Rheometrics 605;
- Uticaj parametara procesa na sorbovanu količinu boje BY28 i mehanizam sorpcije ispitan je u šaržnom sistemu; praćenje sorpcije je izvedeno pomoću UV-Vis spektrofotometra i analize slike obojenih hidrogelova pomoću softverskog paketa Image-Pro-Plus.

Oцена primenjivosti i verifikacije ostvarenih rezultata

U doktorskoj disertaciji su sintetisani pH-osetljivi hidrogelovi na bazi metakrilne kiseline, izvršena je detaljna analiza uticaja reakcionih parametara na svojstva hidrogelova i opis međusobnih korelacija, čime je omogućena sinteza PMAA hidrogelova sa željenim svojstvima za specifičnu primenu, tzv. dirigovana sinteza. Uspešno su sintetisani i kompozitni PMAA/zeolit hidrogelovi i prikazani rezultati njihovog karakterisanja. Sve korišćene metode su opisane dovoljno detaljno da se istraživački rezultati mogu jednostavno reprodukovati, odnosno verifikovati. Podaci o karakteristikama sintetisanih materijala imaju praktičan značaj, jer određuju način njihove primene. Modifikacija zeolitima dala je nove materijale, koji su zadržali pH osetljivost uz povećanje brzine odziva, imaju poboljšana mehanička svojstva i veću termičku stabilnost, kao i osetljivost na dejstvo ultrazvučnog i mikrotalasnog polja. Sintezom kompozita sa neorganskim punilima tipa zeolita, prikazanom u okviru ove doktorske disertacije, ostvaren je značajan doprinos u razvoju polimernih hidrogelova i otklanjanju osnovnih nedostataka ovih materijala,. Primenom sintetisanih materijala za uklanjanje boje BY28 iz vodenih rastvora potvrđena je jedna od mogućih primena ovih materijala kao sorbenata za uklanjanje katjonskih boja iz otpadnih voda. Od posebnog značaja je mogućnost zamene konvencionalnih sorbenata novodobijenim materijalima, zbog jednostavne procedure dobijanja, ekonomičnosti, netoksičnosti, kao i zbog efikasne sorpcije boja pri niskim koncentracijama i malim masama sorbenta. Podaci dobijeni ispitivanjem uticaja eksperimentalnih parametara na sorpcione procese i modela koji dobro opisuju kinetiku procesa, kao i ravnotežu, neophodni su za tehnoekonomsku analizu. Verifikacija rezultata je potvrđena objavljivanjem u međunarodnim časopisima.

Ocena sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom i stručnom radu Vesna Panić, dipl. inž. tehnologije, je pokazala samostalnost u pretraživanju literature, kreiranju i realizaciji eksperimenata i obradi rezultata. Pored navedenog, poznavanje engleskog jezika i korišćenje PC-a (Microsoft Office, Microcal Origin, Image-Pro-Plus) sa internet konekcijom u svakodnevnom radu, kvalifikuju kandidata za samostalni naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Kandidat svojim rezultatima doprinosi nauci u oblasti sinteza PMAA hidrogelova sa željenim svojstvima za specifičnu primenu, dobijanja novih, hibridnih materijala u vidu kompozitnih PMAA/zeolit hidrogelova, njihove karakterizacije, i ispitivanja njihove potencijalne primene za uklanjanje katjonskih boja sorpcijom iz otpadnih voda. Modifikacija zeolitima predstavlja poseban doprinos nauci s obzirom da je dala nove materijale koji su zadržali pH osetljivost uz povećanje brzine odziva, imaju poboljšana mehanička svojstva i veću termičku stabilnost, kao i osetljivost na dejstvo ultrazvučnog i mikrotalasnog polja. Takodje, ovo istraživanje je pokazalo da je moguće jednostavnom procedurom dobiti kompozitne PMAA hidrogelovi sa inkorporiranim visokim udelom zeolita u polimernoj matrici. Od posebnog značaja je mogućnost korišćenja novodobijenih materijala za uklanjanje katjonskih boja i činjenica da zbog jednostavne procedure dobijanja, ekonomičnosti, netoksičnosti, kao i efikasne sorpcije boja pri niskim koncentracijama i malim masama sorbenta mogu uspešno da zamene konvencionalne

sorbente. Karakterizacija i svojstva ovih materijala ukazuju da mogu imati potencijalnu primenu i u drugim oblastima. Na osnovu izloženog može se zaključiti da doktorska disertacija ima naučni značaj.

Kritička analiza rezultata

Na osnovu definisanih ciljeva istraživanja određena je metodologija istraživanja koja je primenjena u doktorskoj disertaciji. S obzirom na složenost problematike, primenjeno je više metoda istraživanja. Metode koje su korišćene za karakterizaciju sintetisanih hidrogelova i kompozita, kao i matematički modeli korišćeni za opis kinetike procesa bubrenja i dehidratacije, i kinetike i ravnoteže procesa sorpcije, u skladu su sa metodama iz literature. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti istraživanja i rezultate istraživanja dobijene primenom odabrane metodologije u okviru ovoga rada, može se primetiti da nije bilo značajnijih odstupanja i neslaganja rezultata od očekivanih.

Očekivana primena rezultata u praksi

Na osnovu rezultata ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije jedna od očekivanih primena hidrogelova na bazi metakrilne kiseline i kompozitnih poli(metakrilna kiselina)/zeolit hidrogelova je u uklanjanju katjonskih boja sorpcijom iz otpadnih voda, što je pokazano na primeru uklanjanja modela katjonske boje Basic Yellow 28. Kao sorbenti, sintetisani hidrogelovi su se pokazali ekonomičnim i efikasnim u uklanjanju boje BY28, na osnovu čega je zaključeno da mogu da zamene konvencionalne sorbente. S obzirom da je u okviru disertacije sintetisan veliki broj hidrogelova i kompozita čija svojstva variraju u širokom spektru, realno je očekivati da mogu da se primene i u drugim oblastima u kojima bi njihove karakteristike došle do izražaja: npr. kontrolisanom otpuštanju pod dejstvom ultrazvučnog ili mikrotalasnog polja, jer je utvrđeno da su osetljivi na dejstvo ovih stimulansa.

Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenjima na konferencijama

Iz disertacije je do sada objavljen jedan rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), jedan rad u međunarodnom časopisu (M23), jedno saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33) i dva saopštenja nacionalnog značaja štampana u izvodu (M64).

Naučni radovi objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21)

Vesna V. Panić, Borivoj K. Adnađević, Sava J. Veličković, Jelena D. Jovanović, „The effects of the synthesis parameters on the xerogels structures and on the swelling parameters of the poly(methacrylic acid) hydrogels”, Chemical Engineering Journal 2010;156(1):206-214. ISSN1385-8947, IF(2010)=3.074

Naučni radovi objavljeni u međunarodnim časopisima (M23)

V.V. Panić, J. D. Jovanović, B.K. Adnađević, S. J. Veličković, „Effect of synthesis parameters on poly(methacrylic acid) xerogel structures and equilibrium swelling”, Russian Journal of Physical Chemistry A 2009;83(9):1558-1562.ISSN0036-0244, IF(2010)=0.503

Saopštenja sa međunarodnog skupa štampana u celini (M33)

V. Pavlović, J. Jovanović, B. Adnađević, S. Veličković, „Effect of synthesis parameters on poly(methacrylic acid) xerogel structures and equilibrium swelling”, Physical chemistry 2008, Vol II, 588-590

Saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampana u izvodu (M64)

V.Pavlović, S.Velicković, D.Knežević, J.Jovanović, B.Adnadjević, „Svojstva hidrogelova na bazi poli(metakrilne kiseline) punjenih zeolitom A”, K-IPG 2008, 5. KONGRES INŽENJERA PLASTIČARA I GUMARA, Zrenjanin 21-24. oktobar 2008. Knjiga izvoda P-08

V.Panić, J.Momić, S.Veličković, B.Adnadjević, J.Jovanović, „Influence of zeolite A on the properties of hydrogels of methacrylic acid”, COST action MP0701 Workshop , 2010, Novi Sad, Knjiga izvoda radova, str 23.

5. ZAKLJUČAK

Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega napred iznetog Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Vesne V. Panić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**” predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni.

Komisija, takođe, smatra da doktorska disertacija pod nazivom „**Sinteza i svojstva hidrogelova na bazi metakrilne kiseline modifikovanih zeolitima**” u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume i da je kandidat ispoljio izuzetnu naučno-istraživačku sposobnost u svim fazama izrade ove disertacije.

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 disertacijom Vesne V. Panić, dipl. inž. tehnologije, da na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku, kao i da, nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 09.04.2012.

ČLANOVI KOMISIJE

1. Dr Sava Veličković, docent TMF, mentor
2. Dr Katarina Jeremić, red. prof. TMF
3. Dr Melina Kalagasidis Krušić, docent TMF
4. Dr Aleksandar Grujić, viši naučni saradnik IHTM