

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI
FAKULTET

35/196
(Broj zahteva)

28.06.2013.
(Datum)

UNIVERZITET U BEOGRADU

Veće naučnih oblasti tehničkih nauka
(Naziv veća naučne oblasti i kome se
zahtev upućuje)

Z A H T E V
za davanje saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije

Molimo da, shodno članu 46. st. 5. tačl. 3 Statuta Univerziteta u Beogradu („Glasnik Univerziteta“, broj 131/06), date saglasnost na predlog teme doktorske disertacije:

**„UKLANJANJE ARSENA PRIMENOM PRIRODNOG I SOLVOTERMALNO
SINTETISANOG KALCITA MODIFIKOVANOG OKSIDIMA METALA“**

(pun naziv predložene teme doktorske disertacije)

NAUČNA OBLAST: INŽENJERSTVO ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

PODACI O KANDIDATU:

1. Ime, ime jednog od roditelja i prezime kandidata:

JASMINA (Slobodan) MARKOVSKI

2. Naziv i sedište fakulteta na kome je stekao visoko obrazovanje: Univerzitet u Beogradu-Tehnološko-metalurški fakultet

3. Godina diplomiranja: 2010.

4. Naziv magistarske teze kandidata: /

Upisana na doktorske studije šk. 2010/2011. godine.

5. Naziv fakulteta na kome je magistarska teza odbranjena: /

6. Godina odbrane magistarske teze: /

Obaveštavamo Vas da je Nastavno-naučno veće,

(naziv nadležnog tela Fakulteta)

na sednici održanoj **27.06.2013. godine** razmotrilo predloženu temu i zaključilo da je tema podobna za izradu doktorske disertacije.

DEKAN FAKULTETA

Prof. dr Đorđe Janačković

Prilog: 1. Predlog teme doktorske disertacije sa obrazloženjem.

2. Akt nadležnog tela fakulteta o podobnosti teme za izradu doktorske disertacije.

3. Podaci o mentoru

Na osnovu čl. 30. stav 3. Zakona o visokom obrazovanju, čl. 38. Statuta TMF-a i čl. 32. Pravilnika o doktorskim studijama TMF, na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 27.06.2013. godine, doneta je

O D L U K A

***o prihvatanju Izveštaja Komisije za ocenu naučne zasnovanosti
teme i odobrenju izrade doktorske disertacije***

Prihvata se Izveštaj Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata **JASMINE MARKOVSKI, dipl. inž.**, za izradu *doktorske disertacije* pod nazivom: „**UKLANJANJE ARSENA PRIMENOM PRIRODNOG I SOLVOTERMALNO SINTETISANOG KALCITA MODIFIKOVANOG OKSIDIMA METALA**“, uz uslov da Veće naučnih oblasti Univerziteta u Beogradu da saglasnost na predlog teme.

Za mentora se određuje dr Aleksandar Marinković, docent TMF.

Odluku dostaviti: Veću naučnih oblasti na saglasnost, kandidatu, mentoru, Službi za nastavno studentske poslove i arhivi Fakulteta.

D E K A N

Prof. dr Đorđe Janačković

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Јасмину Марковски

Име и презиме ментора: Др Александар Маринковић
Звање: доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. D. Vukovic, Aleksandar D. Marinkovic, Miodrag Colic, Mirjana D. Ristic, Radoslav Aleksic, Aleksandra A. Peric-Grujic, Petar S Uskokovic. "Removal of cadmium from aqueous solutions by oxidized and ethylenediamine-functionalized multi-walled carbon nanotubes". *Chem. Eng. J.* (Amsterdam, Netherlands) 157(1) (2010) 238-248.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2009.11.026>
2. Nureddin Ben Issa, Aleksandar D. Marinković, Ljubinka V. Rajaković, "Separation and determination of dimethylarsenate in natural waters", *Journal of the Serbian Chemical Society* 77(6) (2012) 775-788. [doi:10.2298/JSC110510010B](http://dx.doi.org/10.2298/JSC110510010B)
3. Goran D. Vuković, Aleksandar D. Marinković, Srečo D. Škapin, Mirjana Đ. Ristić, Radoslav Aleksić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Petar S. Uskoković, "Removal of lead from water by amino modified multi-walled carbon nanotubes",
Chem. Eng. J. (Amsterdam, Netherlands) 173(3) (2011) 855–865;
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.036>.
4. Nureddin Ben Issa, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Aleksandar D. Marinković, Ljubinka V. Rajaković, "Separation and determination of arsenic species in water by selective exchange and hybrid resins",
Anal. Chim. Acta, 706(1) (2011) 191–198; <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2011.08.015>.
5. Zlate Veličković, Goran D. Vuković, Aleksandar D. Marinković, Maria-Simona Moldovan, Aleksandra A. Perić-Grujić, Petar S. Uskoković, Mirjana Đ. Ristić, "Adsorption of arsenate on iron(III) oxide coated ethylenediamine functionalized multiwall carbon nanotubes", *Chem. Eng. J.* (Amsterdam, Netherlands) 181-182 (2012) 174–181; <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.11.052>.

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 06.06.2013

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Jasmine Markovski za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/54 od 28.02.2013. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Jasmine Markovski za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Uklanjanje arsena primenom prirodnog i solvothermalno sintetisanog kalcita modifikovanog oksidima metala“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Markovski (Slobodan) Jasmina rođena je 8. avgusta 1985. godine u Loznici, Republika Srbija. Osnovnu školu je završila u Krupnju 2000. godine, a Srednju medicinsku školu na smeru za farmaceutskog tehničara u Beogradu 2004. godine. Iste godine je upisala Tehnološko-metalurški fakultet, a dana 31.05.2010. godine završila studije na odseku za Organsku hemijsku tehnologiju i polimerno inženjerstvo, sa prosečnom ocenom 8,78 (8 i 78/100) u toku studija. Odbranila je diplomski rad na temu „*Određivanje piridon/2-hidroksipiridin tautomerije na primeru 3-cijano-6-fenil-4-(2-, 3- i 4-metoksi fenil)-2-piridona*“ sa ocenom 10 (deset) na katedri za Organsku hemiju. Školske 2010/2011. godine upisala je doktorske studije na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine pod rukovodstvom dr Aleksandra Marinkovića. Od 2011. godine pa do danas zaposlena je kao istraživač na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (broj projekta III43009) pod nazivom „*Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja*“ u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“. Rešenjem Nastavno-naučnog veća Intituta za nuklearne nauke „Vinča“ br. 1683/17 od 21.09.2011. godine, Jasmina Markovski je izabrana u zvanje istraživač saradnik.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Jasmina Markovski je u okviru doktorskih studija položila sve ispite (11) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,91 (9 i 91/100). U maju 2011. godine odbranila je završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „*Razvoj i ispitivanje novih formi sorpcionih materijala za uklanjanje arsena iz vodenih rastvora*“ sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Aleksandar Marinković, docent, dr Petar Uskoković, red. prof. i dr Dušan Antonović, red. prof.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija:

R. br.	Naziv predmeta	ESPB
1.	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	4
2.	Odabrana poglavlja matematičke analize	5
3.	Industrijska ekologija	5
4.	Hemijska kinetika	5
5.	Strukturna analiza organskih molekula	6
6.	Modelovanje atmosferske disperzije	5
7.	Viši kurs analitičke hemije	5
8.	Principi bioprocesnog inženjerstva u prečišćavanju otpadnih voda	6
9.	Prečišćavanje otpadnih voda	5
10.	Upravljanje čvrstim i opasnim otpadom	4
11.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	30
Ukupno		80

Oblast naučnoistraživačkog rada Jasmine Markovski obuhvata razvoj novih formi sorpcionih materijala za uklanjanje arsena iz vodenih rastvora korišćenjem prirodno dostupnih i sintetski dobijenih materijala kao i njihovom modifikacijom.

Jasmina Markovski je koautor 1 rada objavljenog u časopisu od međunarodnog značaja (M23) i 11 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih (8) i nacionalnih skupova (3).

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

– Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. Sovrlić M., Milosavljević M.M., Marinković A.D., **Đukanović J.S.**, Brković D., Konstantinović S.: *Comparative analysis of the oxidative processes of N-alkyl, N,N-dialkyl and N-cycloalkyl-O-isobutyl thioncarbamates synthesis*, Hemijska Industrija, Vol 65, 2011, pp. 541-549, ISSN 0367-598X, IF 0,205.

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini – M33

1. **Markovski J.S.**, Marković J.M., Brković D.V., Trišović N.P., Milosavljević M.M., Marinković A.D., Uskoković P.S.: *Iron(III)-oxide/chitosan as an hybride sorbent for arsenic removal*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI, Vrnjačka Banja 2012., pp.1071-1077, ISBN 978-86-6075-037-4.
2. **Markovski J.S.**, Markovski M.V., Marković J.M., Trišović N.P., Milosavljević M.M., Marinković A.D., Uskoković P.S.: *Synthesis and characterization of iron(III)-oxide/chitosan hybrid sorbents*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI, Vrnjačka Banja 2012., pp.1078-1082, ISBN 978-86-6075-037-4.
3. Brković D.V., **Markovski J.S.**, Vuković G.D, Trišović N.P., Milosavljević M.M., Marinković A.D., Uskoković P.S.: *Improving dispersion properties of multi-walled carbon nanotubes in PMMA composites through amino-functionalization*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI, Vrnjačka Banja 2012., pp.953-959, ISBN 978-86-6075-037-4.
4. Marković J.M, Brković D.V., **Markovski J.S.**, Budimirović D.S., Džunuzović E.S., Spasojević P.M., Marinković A.D.: *Synthesis of alkyd resins from postconsumer polyethylene terephthalate bottles*, 12th International Conference, Research and Development in Mechanical Industry, RaDMI, Vrnjačka Banja 2012., pp.1065-1070, ISBN 978-86-6075-037-4.
5. **Đukanović J.S.**, Marinković A.D., Milosavljević M.M., Marković J.M., Božić A.R., Budimirović D.S.: *Catalytic synthesis of N-alkyl, N,N-dialkyl and N-cycloalkyl-O-isobutyl thioncarbamates applied at semi-industrial level*, 11th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI, Sokobanja 2011., pp. 1123-1127, ISBN 978-86-6075-028-2.
6. Marković J.M., Brković D.V., **Đukanović J.S.**, Kačarević-Cvetković J., Budimirović D.S., Marinković A.D.: *Glycolysis of polyethylene terephthalate waste*, 11th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI, Sokobanja 2011., pp. 1156-1161, ISBN 978-86-6075-028-2.
7. Milosavljević M.M., Marinković A.D., **Đukanović J.S.**, Brković D.V., Kačarević-Cvetković J., Živanović M.Z.: *Synthesis of N-alkyl, N, N-dialkyl and N-cycloalkyl-O-isobutylthioncarbamates: A catalytic study*, 11th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI, Sokobanja 2011., pp. 1178-1183, ISBN 978-86-6075-028-2.
8. Živanović M.Z., **Đukanović J.S.**, Sovrlić V.R., Stanković S.J.: *An overview of air pollution dispersion models with special regard to pollutant dispersion over complex*

and urban terrain, 11th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI, Sokobanja 2011., pp. 1320-1326, ISBN 978-86-6075-028-2.

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

– Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini – M63

1. Živanović M., Đukanović J., Davidović M., Čekerevac D., Stanković S.: *Computer model overview of atmosphere pollutant moving with special regard to radiopollutant*, - XXVI Simpozijum društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Tara 2011., pp. 92-95, ISBN 978-86-7306-105-4.
2. Živanović M., Đukanović J., Kovačević M.: *KM2.0 Program description that developed internally in Vinca Institute of Nuclear Sciences*, - XXVI Simpozijum društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Tara 2011., pp. 340-343, ISBN 978-86-7306-105-4.

– Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu – M64

1. Đukanović J.S., Brković D.V., Mijin D.Ž., Marinković A.D.: *2-Pyridone/2-hydroxypyridone tautomeric equilibrium of 3-cyano-4-(2-, 3- i 4-methoxyphenyl)-6-phenyl-2(1H)-pyridones*, - 49th Meeting of the Serbian Chemical Society, Kragujevac 2011., pp. 133.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Jasmina Markovski je pokazala izuzetnu sklonost i sposobnost u bavljenju naučnoistraživačkim radom. To se ogleda, kako u samostalnom kreiranju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije, tako i kroz rad na ostalim istraživanjima koja se izvode u okviru projekata na kojima je angažovana. Do sada je koautor 1 rada objavljenog u časopisu od međunarodnog značaja i 11 naučnih saopštenja u zbornicima radova. Shodno navedenom, Komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

- Prikaz predmeta i cilja istraživanja

Prisustvo arsena u vodi je problem svetskih razmera čije je rešenje postalo izazov za inženjere i naučnike. Na osnovu izvršenih istraživanja o štetnom uticaju arsena na ljudsko zdravlje maksimalno dozvoljena koncentracija arsena u vodi za piće svedena je na 10 µg/L od strane regulatornih tela, uključujući Američku agenciju za zaštitu životne sredine, Svetsku zdravstvenu organizaciju, kao i važeći Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode za piće u Srbiji.

Uklanjanje arsena iz vode u mnogome zavisi od oblika pojave arsena u životnoj sredini, njegove mobilnosti, a naročito od hemijske forme u kojoj se nalazi. Postoji više tehnika za uklanjanja arsena iz vode. Neke od njih su tradicionalne metode koje se koriste u tehnologiji voda a kojima se uklanja arsen zajedno sa drugim zagađujućim materijama. Druge su u eksperimentalnoj fazi ili se još uvek ne koriste u punom obimu. U slučajevima izuzetno

visokih koncentracija arsena potrebno je koristiti nekoliko metoda uklanjanja. Izbor metode prečišćavanja je pored naučnih, predmet i ekonomskih kalkulacija.

Adsorpcija je jedna od separacionih tehnika koja se koriste u uklanjanju arsena a čije se prednosti ogledaju u kapacitivnosti, reverzibilnosti i selektivnosti procesa. U novijoj praksi se adsorpcija najčešće vezuje za upotrebu prirodno dostupnih materijala i nanočestica koje zahvaljujući razvijenoj specifičnoj površini a samim tim i velikom broju reaktivnih funkcionalnih grupa ostvaruju veliki kapacitet adsorpcije u tretmanu vode namenjene ljudskoj upotrebi.

Cilj predložene doktorske teze je pronalazak novih materijala optimalnih adsorpcionih i tehnno-ekonomskih svojstava kroz:

- Sintezu visokoporoznog kalcita razvijene specifične površine primenom solvothermalne tehnike;
- Unapređenje adsorpcionih svojstava solvothermalno sintetisanog kalcita modifikacijom sa nanočesticama gvožđa i mangana;
- Poređenje adsorpcionih svojstava sintetski dobijenog kalcita sa prirodno dostupnim kalcitom iz ljuske kokošnjeg jajeta, prethodno modifikovanim na identičan način.

- Osvrt na relevantne bibliografske izvore i ostvarene rezultate na koje se nadovezuju predviđena istraživanja u predloženoj disertaciji

Među komercijalno dostupnim metodama koje se koriste za uklanjanje arsena kao što su koagulacija i flokulacija, adsorpcija i jonska izmena, membranska filtracija, procesi precipitacije, alternativne ozonske, biološke, elektrohemijske i solarne tehnike [1], sorpcija zauzima posebno mesto zbog svoje jednostavnosti, efikasnosti, ekonomičnosti i fleksibilnosti [2,3]. Kao rezultat geohemijskih interakcija arsena, značajan broj naučnih radova razmatra kalcit, mineral kalcijum karbonata, kao potencijalni adsorbent za uklanjanje arsena iz vodenih rastvora [4]. Rezultati ovih studija ukazuju na adsorpciju kao brz i efikasan proces što neki naučnici povezuju sa prisutnim mineralnim udelom gvožđe oksida/oksihidroksida pre nego sa kalcitom [4]. Nano čestice metala gvožđa [1,2,5], mangana [2], aluminijuma [2], titana [2], aluminijuma [2], magnezijuma [2], cerijuma [2], cirkonijuma i metalnih oksida alumine [2], predstavljaju jako važnu grupu adsorbenata specifičnog afiniteta prema teškim metalima [2]. Više vrsta oksida/oksihidroksida/hidroksida gvožđa, prirodnog ili sintetskog porekla, dobro su poznati sorbenti za uklanjanje arsena [2,5]. Predmet brojnih israživanja predstavljaju goetit (α -FeOOH), hematit (α -Fe₂O₃), amorfni hidratizirani gvožđe oksidi, maghemit (γ -Fe₂O₃), magnetit (Fe₃O₄) i različite kompozitne strukture gvožđe/gvožđe oksida (Fe@Fe_xO_y) [2]. Takođe, nanostrukturni mangan(IV)-oksid [6], sam ili kao binarni sistem gvožđe/mangan(IV)-oksid [7,8], korišćeni su u studijama sorpcije arsena. Međutim, pored brojnih prednosti koje poseduju materijali nano dimenzija, mali prečnik metalnih nano čestica zahteva impregnaciju u/na poroznu podlogu velike specifične površine sa ciljem prevazilaženja gubitka aktivnosti usled nastanka aglomeracije [2].

Solvothermalna sinteza kalcita opisana je u radu Zhao-a i saradnika [9]. Dobijanje gvožđe(III)-oksihidroksida u obliku goetita prikazali su Schwertmann i Cornell [10]. Than je saradnicima vršio modifikaciju laterita sa α -MnO₂ [5] a kombinaciju goetita i α -MnO₂ moguće je ostvariti podešavanjem reakcionih uslova gde se kao oksidaciono sredstvo za prelazak dvovalentnog u trovalentno gvožđe koristi kalijum-permanganat [3].

Procesi adsorpcije se mogu opisati primenom više različitih modela. Programski paket Visual MINTEQ [11] je besplatan softver koji opisuje procese površinskog kompleksiranja omogućavajući matematičko izračunavanje termodinamičkih parametara. Koristi se i kao uporedna metoda za eksperimentalno dobijene rezultate adsorpcije [3].

Primena ultrazvuka u adsorpcionim procesima u cilju uklanjanja zagađivača iz životne sredine korišćena je od strane više autora [12-14]. Ultrazvučna energija, odnosno transformisana električna energija, ima značajan uticaj na proces adsorpcije koji se ogleda kroz povećanje masenog protoka kroz pore [15-17]. Hamdaoui i Naffrechoux su u svom radu pokazali da u prisustvu ultrazvuka dolazi do značajnog poboljšanja u pogledu stepena i kapaciteta adsorpcije kao i koeficijenta intrapartikularne difuzije [18].

Literatura

- [1] Choong T.S.Y., Chuah T.G., Robiah Y., Gregory Koay F.L., Azni I.: *Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview*, - Desalination, Vol 217, 2007, pp. 139–166.
- [2] Ming H., Shujuan Z., Bingcai P., Weiming Z., Lu L., Quanxing Z.: *Heavy metal removal from water/ by nanosized metal oxides: A review*, - Journal of Hazardous Materials, Vol 211-212, 2012, pp. 317-331.
- [3] Veličković Z., Vuković G.D., Marinković A.D., Moldovan M.-S., Perić-Grujić A.A., Uskoković P.S., Ristić M.Đ.: *Adsorption of arsenate on iron(III) oxide coated ethylenediamine functionalized multiwall carbon nanotubes*, - Chemical Engineering Journal, Vol 181–182, 2012, pp. 174–181.
- [4] Winkel L.H.E., Casentini B., Bardelli F., Voegelin A., Nikolaidis N. P., Charlet L.: *Speciation of arsenic in Greek travertines: Co-precipitation of arsenate with calcite*, - Geochimic et Cosmochimic Acta, Vol 106, 2013, pp. 99–110.
- [5] Giles D.E., Mohapatra M., Issa T.B., Anand S., Singh P.: *Iron and aluminium based adsorption strategies for removing arsenic from water*, - Journal of Environmental Management, Vol 92, 2011, pp. 3011-3022.
- [6] Thanh D.N., Singh M., Uldrich P., Stepanek F., Stradanova N.: *As(V) removal from aqueous media using α -MnO₂ nanorods-impregnated laterite composite adsorbents*, - Materials Research bulletin, Vol 47, 2012, pp. 42-50.
- [7] Zhang G.S., Qu J.-H., Liu H.-J., Liu R.-P., Li G.-T.: *Removal Mechanism of As(III) by a Novel Fe-Mn Binary Oxide Adsorbent: Oxidation and Sorption*, - Environmental Science & Technology, Vol 41, 2007, pp. 4613-4619.
- [8] Zhang G., Liu H., Liu R., Qu J.: *Adsorption behavior and mechanism of arsenate at Fe-Mn binary oxide/water interface*, - Journal of Hazardous Materials, Vol 168, 2009, pp. 820-825.
- [9] Zhao Z., Zhang L., Dai H., Dub Y., Meng X., Zhang R., Liu Y., Deng J.: *Surfactant-assisted solvo- or hydrothermal fabrication and characterization of high-surface-area porous calcium carbonate with multiple morphologies*, - Microporous and Mesoporous Materials, Vol 138, 2011, pp. 191–199.
- [10] Schwertmann U., Cornell R.M.: *Iron Oxides in the Laboratory, Preparation and Characterization*, second ed., WILEY-VCH Verlag GmbH, 2000.
- [11] Gustafsson J.P., *Visual MINTEQ 3.0, beta*, <http://www.lwr.kth.se/English/OurSoftware/vminteq/index.htm>. Stockholm, Sweden, 2011.

- [12] Entezari M.H., Bastami T.R.: *Influence of ultrasound on cadmium ion removal by sorption process*, Ultrasonics Sonochemistry, Vol 15, 2008, pp. 428–432.
- [13] Ji J.-B., Lu X.-H., Xu Z.-C.: *Effect of ultrasound on adsorption of Geniposide on polymeric resin*, - Ultrasonics Sonochemistry, Vol 13, 2006, pp. 463–470.
- [14] Nouri L., Hamdaoui O.: *Ultrasonication-Assisted Sorption of Cadmium from Aqueous Phase by Wheat Bran*, - Journal of Physical Chemistry A Vol 111, 2007, pp. 8456–8463.
- [15] Paniwnyk L., Beaufoy E., Lorimer J.P., Mason T.J.: *The extraction of rutin from flower buds of Sophora japonica*, - Ultrasonics Sonochemistry, Vol 8, 2001, pp. 299–301.
- [16] Vinatoru M., Toma M., Radu O., Filip P.I., Lazurca D., Mason T.J.: *The use of ultrasound for the extraction of bioactive principles from plant materials*, - Ultrasonics Sonochemistry, Vol 4, 1997, pp. 135–139.
- [17] Breitbach M., Bathen D.: *Influence of ultrasound on adsorption processes*, - Ultrasonics Sonochemistry, Vol 8, 2001, pp. 277–283.
- [18] Hamdaoui O., Naffrechoux E.: *Adsorption kinetics of 4-chlorophenol onto granular activated carbon in the presence of high frequency ultrasound*, - Ultrasonics Sonochemistry, Vol 16, 2009, pp. 15–22.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- Nanostrukturni materijali imaju veliki značaj u procesu adsorpcije zahvaljujući razvijenoj specifičnoj površini i velikom broju dostupnih funkcionalnih grupa.
- Optimizacijom procesa sinteze, odnosno kontrolom veličine, morfologije i kristalne forme sintetskih materijala, za razliku od prirodnih, može se uticati na njihova krajnja fizičko hemijska a samim tim i adsorpciona svojstva.
- Kalcit, gvožđe(III)-oksid i mangan(IV)-oksid pokazuju veliki afinitet ka arsenu stvaranjem monodentatnih i bidentatnih kompleksa.
- Stvaranje hibridnih struktura adsorbenata daje mogućnost kombinovanja dobrih svojstava više korišćenih materijala.
- Osim arsena, zagađivača iz prirodnog ili antropogenog izvora, u vodi su normalno prisutni i drugi joni koji značajno utiču na proces adsorpcije i čiji efekat je potrebno ispitati.

4. Naučne metode istraživanja

- Kako bi se potvrdile postavljene hipoteze, biće korišćene opšte i posebne naučne metode istraživanja. Od opštih naučnih metoda istraživanja biće primenjene: induktivno i deduktivno zaključivanje, komparacija, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija.
- U eksperimentima adsorpcije koristiće se hibridni materijali dobijeni metodama precipitacije nanočestica metala na prirodno dostupan i solvotermalno sintetisan kalcit.
- Na osnovu eksperimentalnih podataka dobijenih različitim instrumentalnim tehnikama (Brunauer-Emmett-Teller izotermom - BET, difrakcijom X zraka – XRD,

infracrvenom spektroskopijom – FTIR, skenirajućom elektronskom mikroskopijom – SEM, transmisijom elektronskom mikroskopijom – TEM) izvršiće se karakterizacija dobijenih hibridnih materijala određivanjem specifične površine, zapremine pora, definisanjem faznih i strukturnih svojstava i morfologije.

- Spregnuti ICP-MS sistem (indukovano spregnuta plazma sa masenom spektroskopijom) će se koristiti za određivanje koncentracije arsena u tretiranom uzorku.
- Matematičke funkcije greške biće korišćene u svrhu statističke obrade eksperimentalnih rezultata.
- Rezultati dobijeni korišćenjem programskog paketa Visual MINTEQ će biti korišćeni za analizu uticaja različitih parametara i prisutnih jona u vodi za piće na proces adsorpcije, kao i poređenje sa eksperimentalnim rezultatima.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije:

- Dati nove materijale prirodnog i sintetskog porekla sa poboljšanim adsorpcionim svojstvima u procesima uklanjanja arsena iz vode;
- Prikazati dobijanje i potpunu karakterizaciju novih vrsta modifikovanih prirodnih i sintetskih materijala;
- Ostvariti primenu dobijenih materijala u procesima adsorpcije;
- Doprineti saznanjima o međusobnom uticaju svojstava materijala i parametara procesa na efikasnost uklanjanja arsena;
- Dati bolji pristup u potpunom sagledavanju procesa i sinteze novih materijala na osnovu eksperimentalnih i rezultata modelovanja.

Takođe se očekuje da će razvijena metodologija omogućiti proaktivno i efikasno vođenje politike zaštite i održivog razvoja u cilju poboljšanja kvaliteta životne sredine.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije je ispitivanje mogućnosti uklanjanja arsena primenom prirodnog i solvotermalno sintetisanog kalcita modifikovanog nanočesticama metalnih oksida, poređenje adsorpcionih sposobnosti materijala i tumačenje uticaja sinteze i modifikacije na krajnja svojstva i mogućnost primene dobijenih materijala.

Rad će obuhvatiti:

- Opis problematike vezane za prisustvo arsena u vodi za piće, posledice po ljudsko zdravlje i aktuelne zakonske regulative sa ciljem uvida u potrebu pronalaska novih metoda i materijala optimalnih tehnološko-ekonomskih svojstava za njegovo uklanjanje;
- Prikaz postojećih tehnika koje se koriste u uklanjanju arsena iz vode za piće, sa naglaskom na metodi adsorpcije i najčešće korišćenim adsorbentima;

- Detaljan opis kalcita i nanočestica metala koji se koriste kao adsorbenti za uklanjanje arsena i predstavljanje dosadašnjih rezultata ostvarenih primenom prirodno dostupnog kalcita, gvožđe(III)-oksihidroksida i mangan(IV)-oksida;
- Pregled postojećih načina sinteze kalcita, gvožđe(III)-oksihidroksida i mangan(IV)-oksida, opis primenjenih procesa sinteze, njihovu optimizaciju i karakterizaciju dobijenih materijala.
- Određivanje adsorpcionih izoterma, kinetičkih i termodinamičkih parametara, uticaj pH vrednosti sredine i primenjenog ultrazvuka, kao i prepostavljanje reakcionog mehanizma.
- Statističku obradu eksperimentalnih podataka;
- Modelovanja procesa adsorpcije.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidat Jasmina Markovski ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Jasmine Markovski pod naslovom „Uklanjanje arsena primenom prirodnog i solvotermalno sintetisanog kalcita modifikovanog oksidima metala“, naučno zasnovana, i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Aleksandar Marinković, docent Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 11.06.2013. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Aleksandar Marinković, docent
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Ljubinka Rajaković, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Aleksandra Perić-Grujić, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Dušan Antonović, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu

Dr Antonije Onjia, naučni savetnik
Institut za nuklearne nauke Vinča Univerziteta u Beogradu

Dr Miodrag Mitrić, naučni savetnik
Institut za nuklearne nauke Vinča Univerziteta u Beogradu

