

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/32
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

13.03.2017.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Адсорбенти на бази отпадних и природних материјала за издвајање јона тешких метала и арсена“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

КРСТИМИР (Јован) ПАНТИЋ, дипл. инж. металургије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Универзитет у Приштини, Рударско-металуршки факултет у Косовској Митровици.**

3. Година дипломирања: 1996.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће**, на седници одржаној **23.02.2017. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

Студент је шк. **2015/2016. године поновно уписан на докторске академске студије, уписом на трећу годину студија, након прекорачења рока за завршетак студија.**

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 23.02.2017. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације КРСТИМИРУ ПАНТИЋУ, дипл. инж. металургије, под називом: „Адсорбенти на бази отпадних и природних материјала за издвајање јона тешких метала и арсена“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују: др Александар Маринковић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Злате Величковић, доцент Универзитета одбране у Београду, Војна академија.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Крстимир Пантић

Име и презиме ментора: Александар Маринковић

Звање: доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Taleb K., Markovski J., Milosavljević M., Marinović-Cincović M., Rusmirović J., Ristić M., **Marinković A.**: *Efficient arsenic removal by cross-linked macroporous polymer impregnated with hydrous iron oxide: Material performance*, Chemical Engineering Journal, Vol 279, 2015, pp. 66–78; ISSN: 1385-8947; IF(2015)=5,310; doi:10.1016/j.cej.2015.04.147,
2. J. S. Markovski, V. R. Đokić, M. Milosavljević, M. Mitrić, A. A. Perić-Grujić, A. E. Onjia, **A. D. Marinković**, "Ultrasonic assisted arsenate adsorption on solvothermally synthesized calcite modified by goethite, α -MnO₂ and goethite/ α -MnO₂", Ultrasonic Sonochemistry, Vol. 21, 2014, pp. 790-801; ISSN 1350-4177; IF (2014) = 3,516; doi:10.1016/j.ultsonch.2013.10.006.
3. J. S. Markovski, D. D. Marković, V. R. Đokić, M. Mitrić, M. Đ. Ristić, A. E. Onjia, **A. D. Marinković**, "Arsenate adsorption on waste eggshell modified by goethite, α -MnO₂ and goethite/ α -MnO₂", Chemical Engineering Journal, Vol. 237, 2014, pp. 430-442; ISSN: 1385-8947; IF (2014) = 3,473; doi: 10.1016/j.cej.2013.10.031.
4. Dragoslav Budimirović, Zlate S. Veličković, Veljko R. Djokić, Milutin Milosavljević, Jasmina Markovski, Steva Lević, **Aleksandar D. Marinković**, *Efficient As(V) removal by α -FeOOH and α -FeOOH/ α -MnO₂ embedded PEG-6-arm functionalized multiwall carbon nanotubes*, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 119, 2017, pp. 75-86, ISSN: 0263-8762; IF(2015) = 2,525; <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2017.01.010>.
5. Khaled Taleb, Jasmina Markovski, Zlate Veličković, Jelena Rusmirović, Milica Rančić, Vladimir Pavlović, **Aleksandar Marinković**, *Arsenic removal by magnetite-loaded amino modified nano/microcellulose adsorbents: Effect of functionalization and media size*, Arabian Journal of Chemistry, In press, 2017, ISSN: 1878-5352; IF(2015) = 3,613; <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.08.006>,

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: 13.02.2017.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Крстимир Пантић

Име и презиме ментора: Злате Величковић

Звање: доцент (избор 03.07.2014. године, Универзитет одбране)

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Z. Veličković**, G. Vuković, A. Marinković, M.S. Moldovan, A.A. Perić-Grujić, P. Uskoković, M. Ristić, Adsorption of arsenate on iron(III) oxide coated ethylenediamine functionalized multiwall carbon nanotubes, Chemical Engineering Journal, Vol. 181-182, 2012, pp. 174- 181 (M21A); ISSN: 1385-8947; IF(2012)=3,473; <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.11.052>.
2. Zoran J. Bajić, **Zlate S. Veličković**, Veljko R. Djokić, Aleksandra A. Perić-Grujić, Ovidiu Ersen, Petar S. Uskoković, Aleksandar D. Marinković, Adsorption Study of Arsenic Removal by Novel Hybrid Copper Impregnated Tufa Adsorbents in a Batch System, Clean – Soil, Air, Water, Vol. 44, 2016, 1–12 (M21); ISSN 1863-0650; IF(2015)=2,716; DOI: 10.1002/clen.201500765.
3. K. Taleb, J. Markovski, **Z. Veličković**, J. Rusmirović, M. Rančić, V. Pavlović, A. Marinković, Arsenic removal by magnetite-loaded aminomodified nano/microcellulose adsorbents: Effect of functionalization and media size, Arabian Journal of Chemistry, Arabian Journal of Chemistry, In press, 2017, ISSN: 1878-5352; IF(2015) = 3,613; <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.08.006>.
4. **Z. Veličković**, Z. Bajić, M. Ristić, V. Đokić, A. Marinković, P. Uskoković, M. Vuruna, Modification of multi-wall carbon nanotubes for the removal of cadmium, lead and arsenic from wastewater, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructure, Vol. 8 (2), 2013, 501 – 511 (M22); ISSN 1842-3582; IF(2013)=1,123; (http://www.chalcogen.infim.ro/501_VELICKOVIC.pdf).
5. **Z. Veličković**, A. Marinković, Z. Bajić, J. Marković, A. Perić-Grujić, P. Uskoković, M. Ristić, Oxidized and ethylenediamine-functionalized multi-walled carbon nanotubes for the separation of low concentration arsenate from water, Separation Science and Technology, 48 (2013) 2047–2058 (M22); ISSN: 0149-6395; IF(2013)=1,200; <http://dx.doi.org/10.1080/01496395.2013.790446>

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, 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 односно 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: _____

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Pantić Krstimira za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 33/56 od 22.11.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Pantić Krstimira za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Adsorbenti na bazi otpadnih i prirodnih materijala za izdvajanje jona teških metala i arsena“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1.Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Pantić (Jovan) Krstimir rođen je 18. januara 1972. godine u Kosovskoj Mitrovici, Republika Srbija gde je završio osnovnu, a potom i srednju školu 1990. godine, stekavši zvanje: Mašinski tehničar-konstruktor. Nakon završetka srednje škole upisao je Tehnološko-metalurški fakultet u Kosovskoj Mitrovici, smer - Metalurgija, na Univerzitetu u Prištini. Diplomirao je 1996. godine, stekavši zvanje Diplomirani inženjer metalurgije.

Doktorske studije, na smeru Inženjerstvo zaštite životne sredine prvi put je upisao školske 2007/2008. godine, a drugi put školske 2015/2016 godine. Ispite na doktorskim studijama je položio u roku sa prosečnom ocenom 9,25 i odbranio Završni ispit u septembru 2016. godine. Kandidat poseduje široko radno iskustvo i radio je na poslovima:

1998-1999 : Inženjer procesa u smeni u RMHK TREPČA, u sledećim pogonima: Rafinerija olova, Kupelacija srebra i zlata,

1999-2010 : Inženjer procesa u smeni, u pogonima Pržionica olovnog koncentrata i Topionica olova

2010-2012 : Predsednik opštine Kosovska Mitrovica

2012-2014 : Zamenik direktora Kancelarije za Kosovo i Metohiju u Vladi Republike Srbije

2014-2016 : Narodni poslanik u Narodnoj skupštini Republike Srbije

Kandidat poznaje rad na računaru – napredni nivo (programiranje baza podataka, Web programiranjem i drugo). Koristi se engleskim jezikom. Oženjen je i ima dvoje dece.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Pantić Krstimir je u okviru doktorskih studija položio sve ispite (11) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,25 (9 i 25/100). U septembru 2016. godine je odbranio završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije), pod nazivom: „Razvoj i ispitivanje poliakrilonitrilnih i celuloznih vlakana za uklanjanje teških metala (As, Cd,Pb, Ni) iz vodenih rastvora“ sa ocenom 10 (deset) pred komisijom u sastavu:

dr Aleksandar Marinković, docent,

dr Mirjana Ristić, redovni profesor,

dr Aleksandra Pejić-Grujić, redovni professor.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija:

R. br.	Naziv predmeta	ESPB
1.	Analiza tragova specifičnih zagadjuvača	4
2.	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5
3.	Analogije fenomena prenosa	4
4.	Industrijska ekologija	5
5.	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	4
6.	Industrijska ekologija	5
7.	Hemijska kinetika	5
8.	Organske zagadjujuće supstance	4
9.	Odabrani mikrobiološki procesi u ZŽS	4
10.	Prečišćavanje otpadnih voda	5
11.	Hemija metal-organskih jedinjenja	5
12.	Završni ispit	30
	Ukupno	80

Oblast naučnoistraživačkog rada Pantić Krstimira obuhvata razvoj novih adsorbenata modifikacijom jeftinih otpadnih materijala (vlakna poliakrilo nitrila) ali i prirodnih materijala (glina - montmorilonit) za uklanjanje jona teških metala i arsena iz vode.

Pantić Krstimir je koautor u 2 naučna saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini (M33).

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini – M33

1. Milošević Milena, Anđela Živković, Ivana Popović, Jelena Rusmirović, Jasmina Markovski, **Krstimir Pantić**, Aleksandar Marinković, Synthesis and techno-economic analyssis of plasticizers based on bis(diethylene glycol)terephthalate used for rubber processing, 5th International Conference "Economics and Management-

Based on New Technologies" EMoNT 2015, Vrnjačka Banja, Serbia, A-29, pp 336-343, 2015 (ISBN 978-86-6075-055-8).

2. Nenad Đorđević, Ivana Stojiljković, Milica Rančić, Jelena Rusmirović, **Krstimir Pantić**, Milutin Milosavljević, Alksandar Marinković, Barrier properties of films based on nanocellulose, 5th International Conference "Economics and Management-Based on New Technologies" EMoNT 2015, Vrnjačka Banja, Serbia, A-16, pp 249-257, 2015 (ISBN 978-86-6075-055-8).

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Pantić Krstimir je pokazao izuzetnu sklonost i sposobnost u bavljenju naučnoistraživačkim radom. To se ogleda u samostalnom kreiranju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije. Do sada je koautor u 2 naučna saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih naučnih skupova štampanih u celini (M33) i u postupku je objavljivanja dva rada u časopisima međunarodnog značaja (M20). Shodno navedenom, Komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Nagla industrijalizacija i urbanizacija u razvijenim zemljama Evrope i sveta, pa samim tim i u Srbiji, doveli su do velike potrošnje prirodnih resursa što je dovelo do bržeg zagađivanja životne sredine, zemljišta, vode i vazduha. Povećane koncentracije teških metala u vodi predstavljaju toksične zagađujuće materije koje, ukoliko se unesu u organizam putem vode ili lanca ishrane akumuliraju se u živim bićima, što nosi veliki rizik po zdravlje životinja i ljudi. Iako su u niskim koncentracijama pojedini teški metali esencijalni za funkcionisanje živih organizama, ukoliko se unesu u organizam u koncentracijama većim od dozvoljenih, zbog kumulativnog efekta, trajne inhibicije pojedinih enzima izazivaju toksične efekte i predstavljaju rastući, ne samo ekološki problem već i zdravstveni problem kod stanovništva izloženog dejstvu ovih zagađujućih materija. Zbog uočenih zdravstvenih efekata zakonske regulative brojnih zemalja su usvojile početkom XXI veka nove, strožije kriterijume koji regulišu sadržaj teških metala u vodi za piće i otpadnim vodama koje se ispuštaju u životnu sredinu. Novi standardi u kvalitetu vode neminovno uslovljavaju i uvođenje novih tehnika i materijala za uklanjanje jona teških metala iz vode. To je podstaklo napore brojnih istraživača da stalno razvijaju nove ili modifikuju postojeće materijale i tehnike za uklanjanje teških metala iz vode za piće i otpadnih voda.

Mnoge tehnike se koriste u cilju minimiziranja zagađenja teškim metalima. Neke od njih su tradicionalne gde se uklanjaju sve zagađujuće materije u vodi poput: flokulacije, koagulacije, membranske tehnike, taloženja, jonske izmene i adsorpcije. Adsorpcija je separaciona tehnika koja se koristi za uklanjanje teških metala iz voda zbog kapacitivnosti, reverzibilnosti i selektivnosti procesa. Najčešće primenjivani adsorbent je aktivni ugalj koji je relativno visoke cene koštanja i koji poskupljuje cenu uklanjanja teških metala iz vode. U novije vreme, sve više

istraživanja se bavi nanostrukturnim materijalima kao potencijalnim adsorbentima, međutim i ovi materijali umnogome poskupljuju cenu prerade vode. Pošto je uklanjanje teških metala iz vode pored naučnih, predmet i ekonomskih kalkulacija, to je inspirisalo mnoge istraživače da krenu u razvoj alternativnih jeftinih adsorpcionih materijala. U principu, pod jeftinim adsorbentom smatramo materijal koga je lako prilagoditi nameni, ima ga obimno u prirodi ili je otpadni materijal iz industrije.

U našoj zemlji je razvijena industrija koja koristi veštačka vlakna poliakril nitrila (PAN) iz koje nastaje otpad čije odlaganje stvara probleme u životnoj sredini. Takođe Srbija obiluje prirodnim mineralima poput gline, čija primena kao adsorbenta već uveliko privlači pažnju istraživača u svetu. Stoga, primena ovog otpada i minerala kao adsorbenta nudi visoko efikasne materijale za uklanjanje teških metala iz voda i rešavanje problema njihovog odlaganja uz minimum investicija. Zbog toga postoji velika potreba da se svi mogući izvori jeftinih adsorbenata u Srbiji istraže kao i mogućnost njihove primene za uklanjanje teških metala iz vode.

Cilj predložene doktorske teze je sinteza jeftinih adsorbenata, optimalnih adsorpcionih i tehn-ekonomskih svojstava primenljivih u realnim sistemima za uklanjanje jona teških metala, kadmijuma, olova, nikla i arsena kroz:

- Modifikaciju otpadnih vlakana poliakrilo nitrila(PAN) funkcionalizacijom površine vlakana u cilju poboljšanja adsorpcionih karakteristika prema jonima teških metala;
 - Unapređenje adsorpcionih svojstava prirodnog materijala gline impregnacijom nanočesticama srebra i gvožđa;
 - Ispitivanje adsorpcionih svojstava novih materijala u šaržnom i protočnom sistemu;
 - Optimizaciju procesa modifikacije adsorbenata i adsorpcije jona kadmijuma, olova, nikla i arsena na sintetisane adsorbente upotrebom metode odzivnih površina sa ciljem smanjivanja ukupnog broja eksperimenata.
- **Osvrt na relevantne bibliografske izvore i ostvarene rezultate na koje se nadovezuju predviđena istraživanja u predloženoj disertaciji**

Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora različitim metodama i adsorbentima su predmet brojnih studija kojima se bave istraživači širom sveta. Razvoj efikasnih adsorbenata niske cene koštanja za uklanjanje jona teških metala je takođe bio predmet brojnih istraživanja, koja su se bavila primenom nemodifikovanih ili modifikovanih različitih vrsta minerala zeolita, gline, silike, industrijskog otpada itd. Svi ovi materijali su najpre različitim fizičkim i mehaničkim metodama pripremani u oblike koji su pogodni za dalju primenu ili modifikaciju. Modifikacije pripremljenih materijala su vršene površinskom funkcionalizacijom i/ili impregnacijom materijala različitim nanočesticama. Nakon sinteze dobijeni adsorbenti su detaljno okarakterisani primenom brojnih instrumentalnih metoda FTIR, XRD, BET, SEM, TEM, EDS [1-13].

Uklanjanje teških metala adsorpcijom iz vode pomoću jeftinih i široko rasprostranjenih prirodnih materijala (glina, zeolit, celuloza, biootpad) se pokazao kao uspešan metod u širokom rasponu pH vrednosti ispitivane sredine [1-3, 5-10]. Modifikovana poliakrilonitrilna vlakana su takođe korišćena za uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora, pri čemu je proces modifikacije najčešće vršen u dva koraka. Prvi uvođenjem odgovarajućih funkcionalnih grupa na površinu vlakana i drugi podešavanjem površine za adsorpciju određenog katjona nanošenjem nanočestica materijala koji ima afiniteta ka određenom katjonu [4, 11-18].

Primena različitih softvera (Desing Expert 9.0) i metoda u cilju predikcije rezultata istraživanja i optimizacije procesa sinteze adsorbenta uveliko se koriste jer doprinose smanjenju pritiska na životnu sredinu koji se ogleda u velikom smanjenju broja eksperimenata a time i štetnih hemikalija koje se ispuštaju u životnu sredinu kao i smanjenju troškova istraživanja [2, 5, 16].

Procesi adsorpcije se mogu opisati primenom velikog broja različitih modela. Programski paket Visual MINTEQ je besplatan softver koji opisuje procese površinskog kompleksiranja omogućavajući matematičko izračunavanje termodinamičkih parametara. Koristi se kao uporedna metoda za eksperimentalno dobijene rezultate adsorpcije [18, 19].

Literatura

- [1] Z.J. Bajić, V.R. Djokić, Z.S. Veličković, M.M. Vuruna, M.Đ. Ristić, N. Ben Issa, A. D. Marinković, Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on removal of Cd(II), Pb(II) and As(V) from wastewater using carp (*Cyprinus Carpio*) scales, *Dig. J. of Nanomat. and Biostruct.* (2013), 8 (4), 1581 – 1590.
- [2] Z.J.Bajić, Z.S. Veličković, V.R. Djokić, A.A. Perić-Grujić, O. Ersen, P.S. Uskoković, A.D. Marinković, Adsorption Study of Arsenic Removal by Novel Hybrid Copper Impregnated Tufa Adsorbents in a Batch System, *Clean – Soil, Air, Water* 2016, 44, 1–12
- [3] D. Stojakovic, J. Milenkovic, S. Stupar, Z. Velickovic, N. Rajic, Binary adsorption of nickel and zinc from aqueous solutions onto the Serbian natural clinoptilolite, *Desalination and Water Treatment* (2015) 1-7; DOI: 10.1080/19443994.2015.1094426,
- [4] P. K. Neghlani, M. Rafizadeh, F. A. Taromi, Preparation of aminated-polyacrylonitrile nanofiber membranes for the adsorption of metal ions: Comparison with microfibers, *Journal of Hazardous Materials* 186 (2011) 182–189.
- [5] K.A. Taleb, J. D. Rusmirović, M. P. Rančić, J. B. Nikolić, S. Ž. Drmanić, Z. S. Veličković, A. D. Marinković, Efficient pollutants removal by amino modified nanocellulose impregnated with iron oxide, *J. Serb. Chem. Soc.* (2016), doi: 10.2298/JSC160529063T.
- [6] B. Mu, J. Tang, L. Zhang, A. Wang, Preparation, characterization and application on dye adsorption of a well-defined two-dimensional superparamagnetic clay/polyaniline/ Fe₃O₄ nanocomposite, *Applied Clay Science* 132–133 (2016) 7–16.
- [7] H. Chen, G. Qian, X. Ruan, R.L. Frost, Removal process of nickel(II) by using dodecyl sulfate intercalated calcium aluminum layered double hydroxide, *Applied Clay Science* 132–133 (2016) 419–424.

- [8] J. Gao, Q. Yang, F. Ran, G. Ma, Z. Lei, Preparation and properties of novel eco-friendly superabsorbent composites based on raw wheat bran and clays- Review , *Applied Clay Science* 132–133 (2016) 739-747
- [9] Z. Veličković, B. Aleksić, Z. Bajić, Synthesis of the adsorbent based on pegylated cellulose for the removal of Pb(II) and Cd(II) ions from water, 6th Scientific international conference on defensive technologies OTEH 2014, 09-10.10.2014., pp. 684-688, Belgrade, ISBN: 978-86-81123-71-3.
- [10] H.S. Jung, D.S. Moon, J.K. Lee, Quantitative analysis and efficient surface modification of silica nanoparticles, *Journal of Nanomaterials* 2012 (2012)1- 8
- [11] P. Kampalanonwat, P. Supaphol, Preparation and Adsorption Behavior of Aminated Electrospun Polyacrylonitrile Nanofiber Mats for Heavy Metal Ion Removal, *Applied materials&interface* 2 (12) (2010) 3619–3627.
- [12] S. Deng, R.B. Bai, Aminated Polyacrylonitrile Fibers for Humic Acid Adsorption: Behaviors and Mechanisms, *Environ. Sci. Technol.* 37 (2003) 5799-5805
- [13] M. Abdouss, A. M.Shoushtari, A. Haji, B. Moshref, Fabrication of chelating diethylenetriaminated pan micro- and nano-fibers for heavy metal removal, *CI&CEQ* 18 (1) (2012): 27–34.
- [14] G.D. Vuković, A.D. Marinković, M. Čolić, M.Đ. Ristić, R. Aleksić, A.A. Perić-Grujić P.S. Uskoković, Removal of cadmium from aqueous solutions by oxidized and ethylenediamine-functionalized multi-walled carbon nanotubes, *Chem. Eng. J.* 173 (3) (2011) 855-865.
- [15] G.D. Vuković, A.D. Marinković, S.D. Škapić, M.Đ. Ristić, R. Aleksić, A.A. Perić-Grujić and P.S. Uskoković, Removal of lead from water by amino modified multi-walled carbon nanotubes, *Chem. Eng. J.* 173 (3) (2011): 855-865.
- [16] K. Taleb , J. Markovski, Z. Veličković , J. Rusmirović, M. Rančić, V. Pavlović, A. Marinković, Arsenic removal by magnetite-loaded amino modified nano/microcellulose adsorbents: Effect of functionalization and media size, *Arabian Journal of Chemistry* (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.08.006>
- [17] Q. Wang, D. Zhang, S. Tian, P. Ning, Simultaneous Adsorptive Removal of Methylene Blue and Copper Ions from Aqueous Solution by Ferrocene-Modified Cation Exchange Resin, *J. Appl. Polym. Sci.* 2014, DOI: 10.1002/APP.41029
- [18] Z.S. Veličković, G.D. Vuković, A.D. Marinković, M.S. Moldovan, A.A. Perić-Grujić, P.S. Uskoković, M.Đ. Ristić, Adsorption of arsenate on iron(III) oxide coated ethylenediamine functionalized multiwall carbon nanotubes, *Chem. Eng. J.* 181-182 (2012) 174-181.
- [19] Gustafsson J.P., Visual MINTEQ 3.0, beta, <http://www.lwr.kth.se/English/OurSoftware/vminteq/index.htm>. Stockholm, Sweden, 2011.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- Otpadni materijali iz industrije poput vlakana poliakrilo nitrila predstavljaju osnovu čijom modifikacijom dobijamo adsorbente visokih performansi za uklanjanje teških metala iz vode zahvaljujući reaktivnosti funkcionalizovanih grupa na površini vlakana PAN.
- Široko rasprostranjeni prirodni materijal glina već se koristi kao adsorbent za uklanjanje organskih zagađujućih materija ali modifikacijom putem nanošenja različitih nanočestičnih formi u strukturu gline dobija se adsorbent izuzetnih adsorpcionih karakteristika za teške metale.
- Optimizacijom procesa sinteze - modifikacije otpadnih vlakana PAN-a, odnosno kontrolom vrste i količine uvedenih funkcionalnih grupa, može se uticati na njihova krajnja fizičko-hemijska a samim tim i adsorpciona svojstva za katjone (Pb(II) i Cd(II)) iz vode.
- Impregnacijom modifikovanih vlakana PAN-a gvožđe(III)-oksihidroksidom postiže se veliki afinitet ka arsenu stvaranjem monodentatnih i bidentatnih kompleksa.
- Stvaranje hibridnih struktura adsorbenata daje mogućnost kombinovanja dobrih svojstava više korišćenih materijala.
- Optimizacijom odgovarajućih parametara (temperature, pH vrednosti, koncentracije adsorbata i dr.) moguće je ostvariti maksimalno uklanjanje teških metala iz vode tako da koncentracija njihovih jona bude ispod maksimalno dozvoljene koncentracije.

4. Naučne metode istraživanja

Kako bi se potvrdile postavljene hipoteze, biće korišćene opšte i posebne naučne metode istraživanja: induktivno i deduktivno zaključivanje, komparacija, analiza i sinteza, apstrakcija i konkretizacija, generalizacija i specijalizacija.

U eksperimentima adsorpcije koristiće se modifikovani prirodni materijal glina (montmorilonit) i modifikovana otpadna vlakna poliakril nitrila.

Glina će se pogodnim fizičkim i mehaničkim metodama pripremati za dalju modifikaciju precipitacijom nanočestica srebra i gvožđe(III)-oksida. Precipitacija nanočestica srebra i gvožđe(III)-oksida na glinu vršiće se kombinacijom različitih metoda (hemijskih i fotohemijskih) i količina nanočestica u cilju dobijanja adsorbenta sa najboljim adsorpcionim karakteristikama.

Otpadna vlakna poliakril nitrila modifikovaće se površinskom modifikacijom amino grupama kombinujući uslove modifikacije (temperaturu, vreme, koncentraciju reaktanata i pH vrednost) u cilju dobijanja adsorbenta sa velikim brojem aktivnih amino grupa i najboljim adsorpcionim karakteristikama za katjone. U cilju postizanja dobrih adsorpcionih karakteristika za anjone površinski modifikovana vlakna biće naknadno impregnirana nanočesticama getita.

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, RAMAN spektroskopijom) izvršiće se karakterizacija dobijenih 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 teških metala (Cd(II), Pb(II), Ni(II) i As(V) u tretiranom uzorku.

Matematičke funkcije greške biće korišćene u svrhu statističke obrade eksperimentalnih rezultata.

Programski paket Desing Expert 9.0 koristiće se za optimizaciju sinteze adsorbenata i predikciju rezultata adsorpcije Modelom odzivnih površina. Iz ovog programskog paketa za testiranje rezultata istraživanja koristiće se i Analiza varijanse (ANOVA) statistička metoda zaključivanja zasnovana na generalnim linearnim modelima koji će ukazati na značaj i prihvatanje ili odbacivanje predviđenih rezultata.

5. Očekivani naučni doprinos

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

- Nove jeftine, efikasne materijale različitih teksturalnih svojstva i površinskih funkcionalnosti koja će imati dobar afinitet prema teškim metalima;
- Optimizaciju postupaka funkcionalizacije i metoda taloženja u zavisnosti od radnih uslova i post-procesiranje dobijenih adsorbenata kako bi se dobili materijali sa poboljšanim adsorpcionim svojstvima u procesima uklanjanja olova, kadmijuma, nikla i arsena iz vode;
- Potpunu karakterizaciju novih adsorbenata na bazi otpadnih vlakana PAN-a i gline (montmorilonita);
- Ostvariti primenu dobijenih adsorbenata u procesima adsorpcije;
- Analizu ravnotežnih i kinetičkih podataka adsorpcije, odrediti adsorpcioni, kinetički i termodinamički parametri, modelovanje procesa u protočnom sistemu primenom sofisticiranih programa;
- Doprinos saznanjima o međusobnom uticaju svojstava materijala i parametara procesa na efikasnost uklanjanja teških metala;
- Bolji pristup u potpunom sagledavanju procesa i sinteze novih jeftinih 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 sinteza jeftinih adsorbenata na bazi otpadnih materijala vlakana PAN-a i široko rasprostranjenog prirodnog materijala gline, optimalnih adsorpcionih i tehno-ekonomskih svojstava primenljivih u realnim sistemima za uklanjanje jona teških metala, kadmijuma, olova, nikla i arsena iz vode. Takođe i 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 kadmijuma, olova, nikla i arsena u vodi za piće, posledice po ljudsko zdravlje i aktuelne zakonske regulative sa ciljem uvida u potrebu pronalaska novih metoda i materijala i optimalnih tehno-ekonomskih svojstava za njegovo uklanjanje;
- Prikaz postojećih tehnika koje se koriste u uklanjanju kadmijuma, olova, nikla i arsena iz vode, sa naglaskom na metodi adsorpcije i najčeće korišćenim adsorbentima;
- Detaljan opis adsorbenata na bazi vlakana PAN, gline i nanočestica metala koji se koriste kao adsorbenti za uklanjanje kadmijuma, olova, nikla i arsena iz vode;
- Pregled postojećih načina modifikacije vlakana PAN-a i redukcije nanočestica srebra i gvožđe(III)-oksihidroksida na različitim materijalima, opis primenjenih procesa funkcionalizacije, njihovu optimizaciju i karakterizaciju dobijenih materijala.
- Određivanje adsorpcionih izoterma, kinetičkih i termodinamičkih parametara, uticaja pH vrednosti sredine, uticaj ometajućih jona, kao i pretpostavljanje reakcionog mehanizma.
- Statističku obradu eksperimentalnih podataka i
- Modelovanje procesa adsorpcije i predikciju izlaznih rezultata.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidat Pantić Krstimir ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Pantić Krstimira pod naslovom „Adsorbenti na bazi otpadnih i prirodnih materijala za izdvajanje jona teških metala i arsena“, 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, a za komentora, dr Zlate Veličković, docent Univerziteta odbrane u Beogradu, Vojna Akademija.

Beograd, 13.02.2017. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

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

Dr Zlate Veličković, docent
Univerziteta odbrane u Beogradu,
Vojna akademija

Dr Mirjana Ristić, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni
profesor Univerziteta u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet

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

