

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације: **АДСОРПЦИЈА ЈОНА ТЕШКИХ МЕТАЛА ИЗ ВОДЕНИХ РАСТВОРА КОРИШЋЕЊЕМ ПРИРОДНИХ АДСОРБЕНАСА**

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Металуршко инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Милан (Драги) Горгиевски

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање:

Технички факултет у Бору

3. Година дипломирања: **2007.**

4. Назив магистарске тезе кандидата:

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:

6. Година одбране магистарске тезе:

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **19.11.2013.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

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

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNIČKI FAKULTET U BORU

Nastavno-naučnom veću

Predmet: Izveštaj Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije dipl. inž. metalurg., Milana Gorgievskog

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, br. VI/4-11-8.3. od 11.10.2013. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije kandidata Milana Gorgievskog, dipl. inž. metalurg., pod naslovom: ADSORPCIJA JONA TEŠKIH METALA IZ VODENIH RASTVORA KORIŠĆENJEM PRIRODNIH ADSORBENASA. Predložena tema spada u naučno polje *tehničko-tehnoloških nauka* i pripada naučnoj oblasti *Metalurško inženjerstvo*, za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovao studijske programe za sva tri nivoa studija. Na osnovu raspoloživog materijala podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Opšti biografski podaci

Kandidat Milan Gorgievski rođen je 19.01.1982. godine u Boru, gde je završio osnovnu i srednju školu. Diplomirao je na Tehničkom fakultetu u Boru 2007. godine, sa prosečnom ocenom 9,11/10 tokom studija i ocenom 10/10 na diplomskom radu i time stekao zvanje diplomirani inženjer metalurgije. Tokom studija aktivno je učestvovao u naučno-istraživačkom radu i smotrama naučno-istraživačkih radova studenata. Boravio je u Švedskoj (Stokholm), na Kraljevskom Institutu za tehnologiju (KTH) u okviru "Internacionalnog letnjeg kursa metalurgije" u periodu od 1. juna do 31. jula 2006. godine i dobio je sertifikat o uspešno završenom kursu.

Upisao je doktorske akademske studije 2007. godine, na Katedri za metalurško inženjerstvo Tehničkog fakulteta u Boru, gde je položio sve ispite sa prosečnom ocenom 9,6/10. Usmeren je na dalji naučno-istraživački rad i razmatranje problematike prečišćavanja otpadnih voda od

jona metala korišćenjem prirodnih adsorbenasa. Septembra 2013. godine odbranio je seminarski rad sa ocenom 10/10 u okviru specijalnog kursa za definisanje teme doktorske disertacije na doktorskim studijama pod nazivom "Adsorpcija jona metala iz vodenih rastvora korišćenjem prirodnih adsorbenasa". Zaposlen od januara 2011. godine do oktobra 2013. godine u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, kao istraživač saradnik. Oktobra 2013. godine prelazi na Tehnički fakultet u Boru i biva izabran u zvanje asistenta za užu naučnu oblast Ekstraktivna metalurgija i metalurško inženjerstvo.

1.1.2. Istraživačka interesovanja:

Trenutno je angažovan na dva projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod nazivom **“Razvoj tehnologija za reciklažu plemenitih, retkih, i pratećih metala iz čvrstog otpada Srbije do visoko kvalitetnih proizvoda”**, (broj projekta TR34024, realizator: Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, rukovodilac: prof. dr Vlastimir Trujić), kao i projekta pod nazivom **“Razvoj novih inkapsulacionih i enzimskih tehnologija za proizvodnju biokatalizatora i biološki aktivnih komponenata hrane u cilju povećanja njene konkurentnosti, kvaliteta i bezbednosti”**, (broj projekta III46010, realizator: Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, rukovodilac: prof. dr Branko Bugarski).

Autor je ili koautor, 3 rada publikovanih u međunarodnim časopisima (od toga 2 rada su kategorije M21 i 1 rad kategorije M23), 5 radova publikovanih u nacionalnim časopisima, 21-og saopštenja sa konferencija međunarodnog značaja, 7 saopštenja nacionalnog značaja, kao i jednog tehničkog rešenja (nova proizvodna linija).

Oblast interesovanja – termodinamika i kinetika metalurških procesa; tehnološki aspekti poboljšanja i intenzifikacije procesa u ekstraktivnoj metalurgiji obojenih metala; zaštita životne sredine - tretman otpadnih voda, adsorpcija jona metala iz vodenih rastvora korišćenjem prirodnih adsorbenasa i eventualna njihova primena, kao zamena za komercijalne adsorbense, u cilju prečišćavanja otpadnih voda od jona teških metala.

1.1.3. Dodatne informacije (druge aktivnosti):

Član je Srpskog hemijskog društva od 2008. godine i član Saveza inženjera metalurgije Srbije.

1.2. Spisak saopštenih i objavljenih radova

TEHNIČKO REŠENJE- NOVA PROIZVODNA LINIJA (M82)

1. S. Dragulović, V. Trujić, S. Dimitrijević, Z. Ljubomirović, B. Trumić, R. Marković, D. Božić, **M. Gorgievski**, Dobijalje rodijuma visoke čistoće (min. 99,95% Rh) iz sekundarnih sirovina metodom solventne ekstrakcije, (2011); <http://irmbor.co.rs/images/projekti/TR34024/tr2y2011p34024.pdf>

RADOVI U ČASOPISIMA MEĐUNARODNOG ZNAČAJA – M20 (3)

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **M. Gorgievski**, D.Božić, V.Stanković, G.Bogdanović, Copper electrowinning from acid mine drainage: A case study from the closed mine “Cerovo”, Journal of Hazardous Materials 170(2-3) (2009) pp. 716-721 (ISSN 0304-3894) **IF (2009) = 4.144 (Engineering, Environmental 4/42).**
2. D. Božić, V. Stanković, **M. Gorgievski**, G. Bogdanović, R. Kovačević, Adsorption of heavy metal ions by sawdust of deciduous trees, Journal of Hazardous Materials 171(1-3) (2009) pp. 684-692 (ISSN 0304-3894) **IF (2009) = 4.144 (Engineering, Environmental 4/42).**

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. V. Stanković, D. Božić, **M. Gorgievski**, G. Bogdanović, Heavy metal ions adsorption from mine waters by sawdust, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly 15(4) (2009) pp. 237–249 (YU ISSN 1451-9372).
IF2 (2009) = 1,060 (Materijali i hemijske tehnologije, Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS).

ČASOPISI NACIONALNOG ZNAČAJA – M50 (5)

Rad u vodećem nacionalnom časopisu (M51)

1. D. Živković, D. Manasijević, B. Marjanović, D. Marković, **M. Gorgievski**, I. Borisov, Predviđanje termodinamičkih karakteristika i karakterizacija nekih legura u sistemu Pb-Bi-In, Tehnika RGM, 56 (4) (2005) str. 6-10 (YU ISSN 0040-2176).

Rad u nacionalnom časopisu (M52)

1. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, V. Trujić, Biosorpcija jona bakra korišćenjem pšenične slame kao adsorbensa, Zbornik radova Tehnološkog fakulteta u Leskovcu 20, (2011) str. 35-43 (ISSN 0352-6542).
2. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, V. Trujić, Adsorpcija jona bakra korišćenjem trine bukve, Zbornik radova Tehnološkog fakulteta u Leskovcu 20, (2011) str. 27-34 (ISSN 0352-6542).
3. S. Dragulović, D. Božić, **M. Gorgievski**, Lj. Mladenović, S. Dimitrijević, Z. Stanojević Šimšić, V. Conić, Proizvodnja srebro jodida iz srebra dobijenog preradom različitih sekundarnih sirovina, Bakar 37 (2) (2012) str. 31-36 (ISSN 0353-0212).
4. S. Dragulović, **M. Gorgievski**, Lj. Mladenović, S. Dimitrijević, Z. Stanojević Šimšić, V. Conić, D. Božić, Definisane optimalnih parametara elektrohemijaskog rastvaranja zlata u rastvoru kalijum-cijanida, Bakar 37 (2) (2012) str. 43-48 (ISSN 0353-0212).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, G. Bogdanović, Copper electrowinning from seepages of closed mine "Cerovo", 40th International October Conference on Mining and Metallurgy, Sokobanja (Serbia), October 5-8th (2008), Proceedings pp. 386 – 392 (ISBN 978-86-80987-60-6).
2. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, G. Bogdanović, R. Kovačević, Removal of heavy metals from mine waters by adsorption on sawdust, 40th International October Conference on Mining and Metallurgy, Sokobanja (Serbia), October 5-8th (2008), Proceedings pp. 277 – 284 (ISBN 978-86-80987-60-6).
3. V. Cvetanovski, D. Božić, **M. Gorgievski**, M. Šteharnek, V. Stanković, Electroplating plants rinse waters treatment by column adsorption onto wheat straw, XVIII International Scientific and Professional Meeting "Ecological Truth" ECO-IST'10, Spa Junaković, Apatin, Serbia, (2010), Proceedings, str. 366-371 (ISBN 987-86-80987-79-1).
4. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, Column adsorption of copper, zinc and nickel ions onto beech sawdust and wheat straw, 42nd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2010), Proceedings, pp. 78-81 (ISBN 978-86-80987-79-8).
5. D. Božić, **M. Gorgievski**, S. Ivanović, Z. Ljubomirović, T. Apostolovski-Trujić, Column adsorption of copper ions onto beech sawdust and wheat straw, 11TH International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2011, Albena, Bulgaria, (2011), Proceedings Volume III, pp. 815-819 (ISSN 1314-2704; DOI: 10.5593/sgem 2011).
6. D. Božić, **M. Gorgievski**, Lj. Mišić, V. Trujić, Adsorption of zinc ions onto beech sawdust, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management, Zaječar, Serbia, (2011), Proceedings, pp. 136-141 (ISBN 978-86-80987-88-0).
7. **M. Gorgievski**, D. Božić, Lj. Mišić, V. Trujić, Adsorption of zinc ions onto wheat straw, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management, Zaječar, Serbia, (2011), Proceedings, pp. 158-163 (ISBN 978-86-80987-88-0).
8. S. Dragulović, D. Božić, **M. Gorgievski**, Ž. Kamberović, M. Korać, B. Petrović, Electrolitcal purification of Rh from $\text{Rh}_2(\text{SO}_4)_3$ solution, 15TH International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", TMT 2011, Prague, Czech Republic, Year 15, No.1 (2011), Proceedings, pp. 693-696 (ISSN 1840-4944).
9. Lj. Mladenović, V. Trujić, **M. Gorgievski**, B. Trumić, R. Marković, D. Stanković, Obtaining the platinum (IV) – Chloride PtCl_4 of commercial quality, 15TH International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", TMT 2011, Prague, Czech Republic, Year 15, No.1 (2011), Proceedings, pp. 225-227 (ISSN 1840-4944).
10. S. Ivanović, **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Trujić, Lj. Mišić, Removal of platinum group metals (PGMs) from the spent automobile catalyst by the pyrometallurgical process, 15TH

International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", TMT 2011, Prague, Czech Republic, Year 15, No.1 (2011), Proceedings, pp.701-704 (ISSN 1840-4944).

11. S. Ivanović, Lj. Mišić, **M. Gorgievski**, B. Čadenović, T. Apostolovski-Trujić, D. Božić, The manufacturing of chamotte pots and magnesite cupels intended for cupellation analysis of precious metals, 43nd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2011), Proceedings, pp. 412-415 (ISBN 978-86-80987-87-3).

12. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, N. Štrbac, S. Dragulović, Z. Stanojević-Šimšić, Z. Ljubomirović, Adsorption of nickel ions onto beech sawdust, 43nd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2011), Proceedings, pp.396-399, (ISBN 978-86-80987-87-3).

13. Z. Stanojević-Šimšić, S. Dragulović, Z. Ljubomirović, V. Conić, D. Božić, **M. Gorgievski**, D. Simonović, An overview of the plating bath preparation from recycled rhodium to rhodium (III) – sulphate, 43nd International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, (2011), Proceedings, pp.136-138, (ISBN 978-86-80987-87-3).

14. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, N. Štrbac, S. Dragulović, Wheat straw as an adsorbent for nickel ions adsorption from aqueous solutions, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, (2012), Proceedings, pp. 613-616 (ISBN 978-86-7827-042-0).

15. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, N. Štrbac, S. Dragulović, Beech sawdust and wheat straw as natural adsorbents for the adsorption of zinc ions from synthetic solution, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, (2012), Proceedings, pp. 603-606, (ISBN 978-86-7827-042-0).

16. D. Božić, N. Štrbac, **M. Gorgievski**, V. Stanković, Column adsorption of zinc ions onto beech sawdust and wheat straw, 45th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, (2013), Proceedings, pp. 668-671 (ISBN 978-86-6305-012-9).

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, Removal of copper ions from aqueous solution by adsorption onto wheat straw, 37th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Slovakia, (2010), Proceedings, p. 110 (ISBN 978-80-227-3290-1).

2. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, Sawdust as an adsorbent for the copper ions adsorption, 37th International Conference of Slovak Society of Chemical Engineering, Slovakia, (2010), Proceedings, p. 109 (ISBN 978-80-227-3290-1).

3. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, V. Trujić, Biosorpcija jona bakra korišćenjem pšenične slame kao adsorbensa, IX Simpozijum "Savremene tehnologije i privredni razvoj", Leskovac 21-22. Oktobar (2011), Zbornik izvoda radova, p. 148 (ISBN 978-86-82367-92-5).

4. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, V. Trujić, Adsorpcija jona bakra korišćenjem trine bukve, IX Simpozijum "Savremene tehnologije i privredni razvoj", Leskovac 21-22. Oktobar (2011), Zbornik izvoda radova, p. 149 (ISBN 978-86-82367-92-5).

5. **M. Gorgievski**, D. Božić, Lj. Mišić, V. Trujić, Adsorption of zinc ions onto wheat straw, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management, Zaječar, Serbia, (2011), Book of Abstracts, p. 29 (ISBN 978-86-80987-88-0).
6. D. Božić, **M. Gorgievski**, Lj. Mišić, V. Trujić, Adsorption of zinc ions onto beech sawdust, 1st International Symposium on Environmental and Material Flow Management, Zaječar, Serbia, (2011), Book of Abstracts, p. 26 (ISBN 978-86-80987-88-0).
7. N. Štrbac, **M. Gorgievski**, D. Minić, D. Živković, A. Mitovski, D. Božić, Termijska analiza prirodnog mineral galenita, Šesti simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, (2013), Zbornik izvoda radova, p. 18, (ISBN 978-86-6305-014-3).

ZBORNICI SKUPOVA NACIONALNOG ZNAČAJA – M60 (7)

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)

1. D. Božić, V. Stanković, **M. Gorgievski**, G. Bogdanović, Adsorpcija jona bakra u koloni sa trinom kao adsorbensom, Ekološka istina, Kladovo (2009), Zbornik radova, str. 133-136 (ISBN 978-86-80987-69-9).
2. D. Božić, **M. Gorgievski**, V. Stanković, G. Bogdanović, Adsorpcija jona teških metala korišćenjem trine kao adsorbensa, Reciklažne tehnologije i održivi razvoj, Kladovo (2009), Zbornik radova, str. 352-355 (ISBN 978-86-80987-73-6).
3. **M. Gorgievski**, D. Božić, V. Stanković, G. Bogdanović, Adsorpcija jona bakra sa pšeničnom slamom kao adsorbensom, Reciklažne tehnologije i održivi razvoj, Kladovo (2009), Zbornik radova, str. 356-359 (ISBN 978-86-80987-73-6).
4. J.V. Kalinović, D. Božić, V. Stanković, **M. Gorgievski**, S.M. Šerbula, T.S. Kalinović, A.A. Ilić, R. Stamenkovski, Adsorpcija jona Pb^{2+} iz sintetičkih rastvora na trini bukve, III International Symposium "MINING 2012", Zlatibor, Serbia (2012), Proceedings, pp. 467-472 (ISBN 978-86-80809-69-4).
5. T.S. Kalinović, D. Božić, V. Stanković, **M. Gorgievski**, S.M. Šerbula, A.A. Ilić, J.V. Kalinović, V. Cvetanovski, Adsorpcija jona Pb^{2+} iz sintetičkih rastvora na pšeničnoj slami, III International Symposium "MINING 2012", Zlatibor, Serbia (2012), Proceedings, pp. 480-484 (ISBN 978-86-80809-69-4).

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. D. Živković, D. Manasijević, I. Borisov, **M. Gorgievski**, Termodinamika i karakterizacija nekih legura ternarnog sistema Pb-Bi-In, XLII Savetovanje SHD, Novi Sad, 2004, Program i izvodi radova, str. 83 (ISBN 86-7132-016-2).
2. D. Božić, N. Štrbac, I. Mihajlović, Ž. Živković, **M. Gorgievski**, Termijska analiza i kinetika procesa oksidacije prirodnog minerala enargita, IV Simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Zaječar (2009), Zbornik izvoda radova str. 16 (ISBN 978-86-80987-71-2).

Učešće na projektima MNTR (2)

1. Naziv projekta: **Razvoj tehnologije za reciklažu plemenitih, retkih i pratećih metala iz čvrstog otpada Srbije do visokokvalitetnih proizvoda** (broj projekta TR 34024), realizator: Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru, rukovodilac: prof. dr Vlastimir Trujić, vreme trajanja projekta: 2011 - 2014. godine.

2. Naziv projekta: **Razvoj novih inkapsulacionih i enzimskih tehnologija za proizvodnju biokatalizatora i biološki aktivnih komponenata hrane u cilju povećanja njene konkurentnosti, kvaliteta i bezbednosti**, (broj projekta III46010), realizator: Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, rukovodilac: prof. dr Branko Bugarski, vreme trajanja projekta: 2011 – 2014. godine.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu prethodno izloženog, Komisija konstatuje da kandidat dipl. inž. metalurg., Milan Gorgievski ima naučno-stručnu usmerenost ka oblasti kojoj pripada predložena tema (metalurško inženjerstvo) te se ocenjuje podobnim za rad na toj temi. Komisija zaključuje da kandidat dipl. inž. metalurg., Milan Gorgievski poseduje sve potrebne kvalifikacije i ispunjava formalne uslove za odobravanje izrade doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja doktorske disertacije ADSORPCIJA JONA TEŠKIH METALA IZ VODENIH RASTVORA KORIŠĆENJEM PRIRODNIH ADSORBENASA pripada naučnoj oblasti *Metalurško inženjerstvo*, za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovan na nivou doktorskih studija.

Teški metali u otpadnim vodama predstavljaju opasne zagađujuće materije. Većina njih je vrlo toksična; neki su kancerogeni, imaju svojstvo bioakumulacije u tkivima, tako da ulaze u lanac ishrane, na čijem se kraju nalazi čovek kao krajnji konzument. Učinjeni su i čine se brojni pokušaji od strane naučnika širom sveta za prečišćavanje otpadnih voda sa niskim koncentracijama jona metala, primenom konvencionalnih tehnologija kao što su: hemijska precipitacija jona metala u obliku hidroksida, sulfida, ili karbonata; cementacija, elektrodobijanje, jonska izmena, adsorpcija, solventna ekstrakcija, te dijaliza, elektrodijaliza, i druge membranske tehnike. Većina ovih tehnologija daju kao krajnji proizvod koncentrovani rastvor jednog ili više jona metala, koji se mora dalje tretirati, kako bi se dobio odgovarajući bilo komercijalni, ili ekološki prihvatljiv proizvod.

Sve gore nabrojane konvencionalne metode za prečišćavanje otpadnih voda od jona teških metala ne daju uvek zadovoljavajuće rezultate u pogledu:

- često nedovoljnog stepena uklanjanja jona teških metala;
- potrebe za prekomernom količinom hemikalija, koje se troše u procesu prečišćavanja, te značajnih operativnih troškova prerade;
- nastajanja znatnih količina mulja i potrebe za njegovim daljim servisiranjem;

- visokih troškova investicionih ulaganja u nekim slučajevima; nedobijanja komercijalnog, ili ekološki prihvatljivog proizvoda, pa se postavlja zahtev za dodatnom preradom dobijenog proizvoda prečišćavanja vode, što poskupljuje ceo proces.

Zbog svih ovih razloga se intenzivno radi na iznalaženju bilo efikasnijeg, bilo jeftinijeg tehnološkog postupka prečišćavanja otpadnih voda sa niskim sadržajem jona teških metala u sebi. Kao jedna od alternativa postojećim tehnologijama prečišćavanja otpadnih voda ispituje se i razvija proces adsorpcije jona metala iz vodenih rastvora primenom prirodnih adsorbenasa – biosorpcija.

Biosorpcija jona teških metala iz vodenih rastvora je novi, još uvek u razvoju proces koji se, čak i na laboratorijskom nivou, pokazao efikasnim za uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora. Može se reći da biosorpcija može postati alternativa postojećim konvencionalnim tehnologijama za prečišćavanje industrijskih otpadnih voda, posebno onih sa niskim sadržajem jona teških obojenih metala.

Glavna prednost biosorpcije u odnosu na konvencionalne metode prečišćavanja, pored njene efikasnosti u uklanjanju jona metala iz vodenih rastvora, je dostupnost i cena ovakvih adsorbenasa, koji su najčešće otpadni proizvod bilo agrara, ili prehrambene, odnosno drvne industrije i, veoma često, imaju malu, ili nikakvu ekonomsku, vrednost, pa se u relevantnoj literaturi nazivaju „low-cost“ adsorbensi.

U literaturi ima brojnih primera ispitivanja ovih „low-cost“ adsorbenasa kao što su: ljuske oraha i lešnika, koštice masline, ljuske kikirikija, ljuske pirinča, otpaci pri preradi kafe i čaja, paprat, i drugi slični biljni otpadni materijali, za adsorpciju jona metala.

Posebno interesantna grupa biosorbenata su otpadni materijali i nus-proizvodi drvne industrije, kao što su na primer kora drveta i piljevina. Ovi otpadni materijali proizvode se u ogromnim količinama pri eksploataciji i preradi drveta i njihovo odlaganje predstavlja, u nekim slučajevima, ekološki problem, pa se kao jedno od rešenja nameće njihova upotreba kao adsorbenasa za adsorpciju, jona teških metala iz otpadnih voda pre svega. Piljevina različitih vrsta drveća kao što su: javor, hrast, jela, topola, bor, orah, mango i drugo, više ili manje, egzotično drveće, zavisno od zemlje u kojoj su eksperimenti realizovani, su predmet novijeg interesovanja brojnih naučnika.

Pored piljevine različitih vrsta drveća, slama različitih žitarica se takođe pokazala kao potencijalno efikasan adsorbens za adsorpciju jona teških metala. Pšenična slama je posebno atraktivna za istraživanje, zbog mogućnosti da imobilise u sebi jone teških metala, kao i zbog svoje rasprostranjenosti i lake dostupnosti.

2.2. Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj ove doktorske disertacije, biće da se ispituju adsorpcione sposobnosti pšenične slame za adsorpciju jona teških metala iz vodenih rastvora; da se ispita uticaj pojedinih parametara procesa, kao i da se rasvetli mehanizam adsorpcije i uloga alkalnih i zemnoalkalnih metala prisutnih u strukturi adsorbensa, na proces adsorpcije. Takođe,

pokušaće se da se objasni uticaj pojedinih fiziko-hemijskih osobina jona metala na adsorpciju datog jona.

Rezultati koji budu dobijeni u toku izrade ove doktorske disertacije biće publikovani u formi naučnih radova u međunarodnim časopisima sa SCI liste, domaćim časopisima i saopšteni na domaćim i međunarodnim skupovima.

2.3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Uklanjanje jona metala iz vodenih rastvora korišćenjem prirodnih adsorbenasa - biosorpcija, posebno je aktuelna poslednjih dvadesetak godina, što je rezultovalo publikovanjem velikog broja radova iz ove oblasti. Biosorpcija, kao alternativa postojećim konvencionalnim tehnologijama, bila je i još uvek je predmet interesovanja naučnika sa ciljem da se komercijalni adsorbensi zamene nešto manje efikasnim, ali zato mnogo jeftinijim prirodnim adsorbensima.

Pregledom literature ustanovljeni su relevantni referentni izvori od značaja za ispitivanu problematiku:

- R. Pérez-López, J. Miguel Nieto, G., Immobilization of Toxic Elements in Mine Residues Derived from Mining Activities in the Iberian Pyrite Belt (SW Spain): Laboratory Experiments, *Applied Geochemistry* 22 (2007) 1919–1935.
- K. Jüttner, U. Galla, H. Schmieder, Electrochemical approaches to environmental problems in the process industry, *Electrochem Acta* 2000; 45:2575-2594.
- F. Fenglian, Q. Wang, Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A Review, *Journal of Environmental Management* 92 (2011) 407-418.
- J. Febrianto, A. N. Kosasih, J. Sunarso, Y. Ju, N. Indraswati and S. Ismadji, Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies; *Journal of Hazardous Materials* 162 (2009) 616-645.
- B. Volesky, Z.R. Holan, Biosorption of Heavy Metals, *Biotechnology Progress* 11 (1995) 235-250.
- S. S. Shukla, L. J. Yu, K. L. Dorris, A. Shukla, Removal of Nickel from Aqueous Solutions by Sawdust, *Journal of Hazardous Materials* 121 (2005) 243–246.
- B. Yu, Y. Zhang, A. Shukla, S. S. Shukla, The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption- removal of copper, *Journal of Hazardous Materials* 80 (2000) 33–42.
- M. Šćiban, B. Radetić, Z. Kevresan, M. Klačnja, Adsorption of heavy metals from electroplating wastewater by wood sawdust, *Bioresource Technology* 98 (2007) 402–409.
- H. Doan, A. Lohi, Removal of Zn^{2+} and Ni^{2+} by Adsorption in a Fixed Bed of Wheat Straw, *Process Safety and Environment Protection*, 86 (2008) 259-267.
- Y. Wu, L. Zhang, Adsorption of Copper Ions and Methylene Blue in a Single and Binary System on Wheat Straw, *Journal of Chemical & Engineering Data* 54 (2009) 3229-3234.
- V.B.H. Dang, H.D. Doan, Equilibrium and Kinetics of Biosorption of Cadmium (II) and Copper (II) Ions by Wheat Straw, *Bioresource Technology* 100 (2009) 211-219.
- U. Farooq, M. Khan, *Triticum Aestivum*: A Novel Biosorbent for Lead (II) Ions, *Agrochimica* 51 (2007) 309-318.

- K. Chojnacka, Biosorption of Cr (III) Ions by Wheat Straw and Grass: A Systematic Characterization of New Biosorbents, Polish Journal of Environmental Studies, 15 (2006) 845-852.
- H. Doan, A. Lohi, Batch and Continuous Fixed-Bed Column Biosorption of Cd^{2+} and Cu^{2+} , Chemical Engineering Journal 158 (2010) 369-377.
- R. Han, L. Zhang, Characterization of Modified Wheat Straw, Kinetic and Equilibrium Study about Copper Ion and Methylene Blue Adsorption in Batch Mode, Carbohydrate Polymers, 79 (2010) 1140-1149.
- H. Aydin, Y. Bulut, Removal of Copper (II) from Aqueous Solution by Adsorption onto Low-Cost Adsorbents, Journal of Environmental Management 87 (2008) 37- 45.
- K. Shahzad, H. Doan, Multicomponent Isotherms for Biosorption of Ni^{2+} and Zn^{2+} , Desalination 249 (2009) 429-439.
- M. Šćiban, M. Klačnja, B. Škrbić, Adsorption of Copper Ions from Water by Modified Agricultural by-products, Desalination 229 (2008) 170-180.
- S. Gupta, B.V. Babu, Removal of toxic metal Cr (VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies; Chemical Engineering Journal, 150 (2009) 352-365
- G. Tan, D. Xiao, Adsorption of Cadmium Ion from Aqueous Solution by Ground Wheat Stems, Journal of Hazardous Materials 164 (2009) 1359-1363.
- M. Ibrahim, M.S. Norliyama, A Novel Agricultural Waste Adsorbent for the Removal of Lead (II) Ions from Aqueous Solutions, Journal of Hazardous Materials 182 (2010) 377-385.
- W. Zhang, H. Yan, Removal of Dyes from Aqueous Solutions by Straw Based Adsorbents: Batch and Column Studies, Chemical Engineering Journal 168 (2011) 1120-1127.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Polazne hipoteze, kojima je definisan predmet istraživanja, proizašle su iz analize literature i sve veće potrebe za primenu otpadnih bio-materijala, kao zamena za komercijalne adsorbense za adsorpciju jona teških metala iz vodenih rastvora.

Osnovna hipoteza ove disertacije jeste da se, na osnovu utvrđenih adsorpcionih sposobnosti pšenične slame, kao i utvrđenih pojedinih parametara procesa, ispita mogućnost njene eventualne praktične primene u cilju prečišćavanja otpadnih voda od jona metala.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Za ispitivanja u ovoj disertaciji biće korišćene eksperimentalne metode karakterizacije adsorbensa, analitičke metode i određeni matematički modeli. Predloženi matematički modeli biće verifikovani dobijenim eksperimentalnim rezultatima.

4.1. Eksperimentalne metode istraživanja

Eksperimentalna istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće prevashodno obavljena na Tehničkom fakultetu u Boru, dok će dodatno, pojedine metode karakterizacije biti urađene na Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor i Tehnološkom fakultetu u Leskovcu Univerziteta

u Nišu, obzirom da ove institucije poseduju potrebnu opremu za navedena ispitivanja. U cilju karakterizacije adsorbensa, uzorci adsorbensa (pšenične slame) će najpre biti samleveni, zatim prosejani kroz seriju laboratorijskih sita i određena frakcija čestica biće korišćena za eksperimente adsorpcije. Kao vodeni rastvor za eksperimente adsorpcije koristiće se sintetički rastvori jona bakra, nikla, cinka i olova, određene početne koncentracije.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Očekivani naučni doprinos ove disertacije se sastoji u sledećem:

- Karakterizacijom pšenične slame, korišćenjem navedenih eksperimentalnih metoda, biće određene njene fizičke, hemijske i fiziko-hemijske osobine.
- Na osnovu dobijenih rezultata FTIR-a biće definisane funkcionalne grupe u adsorbensu odgovorne za izmenu jona.
- Na osnovu dobijenih rezultata za kapacitet izmene katjona odrediće se dominantan jon u izmenjivom položaju koji se u procesu adsorpcije mehanizmom jonske izmene može izmeniti sa jonima metala.
- Određivanjem sadržaja alkalnih i zemnoalkalnih metala u adsorbensu, kao i u rastvoru nakon ispiranja adsorbensa destilovanom vodom i u rastvoru nakon adsorpcije, pokušaće se da se objasni mehanizam adsorpcije i uloga alkalnih i zemnoalkalnih metala prisutnih u molekulskoj strukturi adsorbensa na proces adsorpcije.
- Na osnovu izabranih teorijskih kinetičkih modela, koji će pokazati najbolje slaganje sa eksperimentalnim podacima, odrediće se brzina adsorpcije određenog jona metala na adsorbensu. Kinetika adsorpcije je jedna od bitnih karakteristika, koja definiše efikasnost adsorpcije i sposobnost upotrebe adsorbensa u kontrolisanju zagađivanja vode. Velika brzina adsorpcije je povoljna okolnost, jer u tom slučaju nije potrebno dugo vreme kontakta adsorbensa i tečne faze, što dozvoljava manje dimenzije potrebnih uređaja na industrijskom nivou.
- Pokušaće se da se objasni uticaj pojedinih fiziko-hemijskih osobina jona metala na adsorpciju datog jona.

Ispitivanja obuhvaćena predloženom doktorskom disertacijom predstavljaju deo istraživanja u okviru tekućeg naučnog projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod nazivom **“Razvoj tehnologija za reciklažu plemenitih, retkih, i pratećih metala iz čvrstog otpada Srbije do visoko kvalitetnih proizvoda”**, (broj projekta TR 34024, realizator: Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, rukovodilac: prof. dr Vlastimir Trujić).

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

6.1. Plan istraživanja

Plan istraživanja, koji određuje tok rada na disertaciji, sastoji se iz sledećih faza:

- Proučavanje relevantnih izvora literature
- Eksperimentalna istraživanja:
 - Priprema adsorbensa (mlevenje, sejanje, pranje)
 - Karakterizacija adsorbensa:
 - Određivanje hemijskog sastava;
 - Određivanje sadržaja vlage;
 - Određivanje specifične površine;
 - Određivanje rastvornih organskih materija u vodi od pranja adsorbensa (COD);
 - Određivanje kapaciteta izmene katjona (KIK);
 - Uradiće se FTIR analiza adsorbensa pre i nakon adsorpcije;
 - Određivanje tačke nultog naelektrisanja (pH_{zpc});
 - Eksperimenti adsorpcije jona metala na adsorbensu:
 - Odrediće se kapacitet adsorpcije, kao i njegova promena sa vremenom;
 - Pratiće se promena pH vrednosti rastvora tokom ispiranja adsorbensa vodom, kao i tokom adsorpcije jona metala;
 - Odrediće se kinetika adsorpcije;
 - Odrediće se izoterme adsorpcije;
 - Predložiće se mehanizam adsorpcije;
 - Ustanoviće se uticaj pojedinih fiziko-hemijskih osobina jona metala na adsorpciju datih jona;
 - Uradiće se obrada i diskusija dobijenih rezultata;
 - Daće se zaključna razmatranja;

6.2. Struktura rada

6.2.1. Uvodni deo

- Literaturni pregled dosadašnjih istraživanja;
- Značaj i složenost predmeta istraživanja;
- Pregled i analiza dosadašnjih istraživanja;
- Metode istraživanja;
- Ciljevi istraživanja;

- Hipoteze istraživanja;

6.2.2. Eksperimentalni deo

- Korišćeni materijali;
- Eksperimentalna tehnika;

6.2.3. Rezultati i diskusija

- Rezultati eksperimentalnih istraživanja;
- Analiza dobijenih rezultata;

6.2.4. Zaključak

- Pregled i analiza doprinosa istraživanja;
- Predviđeni pravci daljeg istraživanja;

6.2.5. Literatura

- Spisak korišćene literature

Doktorska disertacija će sadržati više poglavlja svrstanih u celinu. Okvirna struktura rada predstavljena je sledećim celinama:

1. Uvodni deo;
2. Pregled literature u ispitivanoj oblasti;
3. Cilj rada;
3. Eksperimentalni deo;
4. Teorijske osnove;
5. Rezultati i diskusija;
6. Zaključak;
7. Literatura;
8. Prilozi;
9. Biografija kandidata i pregled radova objavljenih iz okvira doktorske disertacije;

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu analize prijave i obrazloženja predložene teme doktorske disertacije, Komisija za ocenu ispunjenosti uslova kandidata i naučne zasnovanosti teme, zaključuje da kandidat dipl. inž. metalurg., Milan Gorgievski ispunjava sve zakonske i ostale uslove za izradu predložene doktorske disertacije. Takođe, Komisija zaključuje da je prijavljena tema adekvatna za izradu doktorske disertacije.

Komisija predlaže Naučno-nastavnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se dipl. inž. metalurg., Milanu Gorgievskom odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: **ADSORPCIJA JONA TEŠKIH METALA IZ VODENIH RASTVORA KORIŠĆENJEM PRIRODNIH ADSORBENASA** i da se za mentora imenuje dr Nada Štrbac, redovni profesor na Tehničkom fakultetu u Boru.

U Boru, 06 .11. 2013. god.

KOMISIJA:

Dr Nada Štrbac, *redovni profesor*
Tehničkog fakulteta u Boru

Dr Mirjana Rajčić - Vujasinović, *redovni profesor*
Tehničkog fakulteta u Boru

Dr Milorad Cakić, *redovni profesor*
Tehnološkog fakulteta u Leskovcu

Dr Dragana Živković, *redovni profesor*
Tehničkog fakulteta u Boru

Dr Velizar Stanković, *redovni profesor u penziji*
Tehničkog fakulteta u Boru

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-12-12.3.
Бор, 19. 11. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 19. 11. 2013. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме, кандидата и ментора, докторске дисертације кандидата **Милана Горгиевског**, дипл. инж. металургије. Извештај је сачинила Комисија у саставу: др Нада Штрбац, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор; др Мирјана Рајчић Вујасиновић, редовни професор Техничког факултета у Бору – члан; др Милорад Цакић, редовни професор Технолошког факултета у Лесковцу – члан; др Драгана Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – члан; др Велизар Станковић, редовни професор у пензији Техничког факултета у Бору – члан.

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „Адсорпција јона тешких метала из водених раствора коришћењем природних адсорбенса“.

III За ментора се именује др Нада Штрбац, редовни професор Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- Већу научне области Универзитета у Београду
- именованом
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

За кандидата: **Милана Горгиевског**

Име и презиме ментора: **Проф. др Нада Штрбац**

Звање: **Редовни професор**

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Štrbac, N.**, Mihajlović, I., Minić, D., Živković, Ž., Characterization of the natural mineral form from the PbS-Sb₂S₃ system, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, 46 (1) (2010), 75-86. (M 21)
ISSN 1450-5339; IF (2010) = 1.294
2. **Štrbac, N.**, Mihajlović, I., Andrić, V., Živković, Ž., Rosić, A., Kinetic investigations of two processes for zinc recovery from zinc plant residue, *Canadian Metallurgical Quarterly*, 50 (1) 2011, 28-36. (M 23)
ISSN 0008-4433; IF (2011) = 0.443
3. **Štrbac, N.**, Mihajlović, I., Minić, D., Živković, D., Živković, Ž., Kinetics and mechanism of arsenic sulfides oxidation, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy* 45 (1) (2009), 59-67. (M 22)
ISSN 1450-5339; IF(2009) = 0.548
4. Živković, D., Ćosović, V., Živković, Ž., **Štrbac, N.**, et. al., Kinetic investigation of silver sulfide phase transformations, *Material Science and Semiconductor Processing*, 16 (1) (2013), 217-220. (M22)
ISSN 1369-8001; IF (2011) = 0,944
5. Sokić M., Marković B., Matković V., Živković D., **Štrbac N.**, Stojanović J., Kinetics and mechanism of sphalerite leaching by sodium nitrate in sulphuric acid solution, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, 48 (2) (2012), 185-195. (M 21)
ISSN 1450-5339; IF(2011) = 1,317

(навести најмање један рад у случају менторске дисертације која се пријављује до 31. 12. 2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује од 1.01.2009. до 31.12.2009.године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 7. 10. 2013. године

Проф. др Милан Антонијевић