

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI
FAKULTET

35/77
(Broj zahteva)

29.03.2013.
(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:

**„SORPCIJA JONA OLOVA, KADMIJUMA I CINKA IZ VODENIH RASTVORA NA
PRIRODNOM I MODIFIKOVANOM ZEOLITU“**
(pun naziv predložene teme doktorske disertacije)

NAUČNA OBLAST: HEMIJA I HEMIJSKA TEHNOLOGIJA

PODACI O KANDIDATU:

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

MARIJA (Tomislav) MIHAJLOVIĆ

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

3. Godina diplomiranja: 2004.

4. Naziv magistarske teze kandidata: /

Upisana na doktorske studije šk. 2006/2007. 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 28.03.2013. 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. 123. stav 4. Zakona o visokom obrazovanju i čl. 128. stav 3. Statuta TMF-a , na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta od 28.03.2013. 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 naučne zasnovanosti predložene teme i odobrava izrada ***doktorske disertacije*** doktorantu **MARIJI MIHAJLOVIĆ**, dipl. inž., pod nazivom: **„SORPCIJA JONA OLOVA, KADMIJUMA I CINKA IZ VODENIH RASTVORA NA PRIRODNOM I MODIFIKOVANOM ZEOLITU“**, uz uslov da Veće naučnih oblasti Univerziteta u Beogradu da saglasnost na predlog teme.

Za mentora se određuje: dr Rada Petrović, redovni profesor 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 Марију Т. Михајловић

Име и презиме ментора: Рада Д. Петровић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, D. Jovanović, S. Milonjić, Đ. Janačković, **R. Petrović**, "Adsorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} ions on to the natural and acid-activated sepiolites", *Applied Clay Science*, **37** (2007) 47-57 (IF (2007) = 1,861; ISSN 0169-1317).
2. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, D. Tanasković, V. Pavićević, Đ. Janačković, **R. Petrović**, "Sorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} Ions on Calcium Hydroxyapatite Powder Obtained by the Hydrothermal Method", *Journal of Environmental Engineering. ASCE (American Society of Civil Engineers)*, **134** (2008) 683-688 (IF 2007 = 1,085; ISSN 0733-9372)
3. S. Lazarević, Ž. Radovanović, Dj. Veljović, A. Onjia, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Characterization of sepiolite by inverse gas chromatography at infinite and finite surface coverage, *Applied Clay Science*, **43** (2009) 41-48 (IF (2009) = 2,784), ISSN 0169-1317).
4. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, V. Djokić, Ž. Radovanović, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Iron-Modified Sepiolite for Ni^{2+} Sorption from Aqueous Solution: An Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Study, *Journal of Chemical and Engineering Data*, **55** (2010) 5681–5689 (IF(2010) = 2,089; ISSN 0021-9568).
5. V. Marjanović, S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Potkonjak, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Chromium (VI) removal from aqueous solutions using mercaptosilane functionalized sepiolites, *Chemical Engineering Journal*, **166** (2011) 198-206 (IF(2010) = 3,074; ISSN 1385-8947).
6. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, A. Onjia, J. Krstić, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Surface characterization of iron-modified sepiolite by inverse gas chromatography, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **50** (2011) 11467-11475 ((IF(2010) = 2,071; ISSN 0888-5885).
7. **R. Petrović**, N. Tanasković, V. Djokić, Ž. Radovanović, I. Janković-Častvan, I. Stamenković, Dj. Janačković, Influence of the Gelation and Calcination Temperatures on Physical Parameters and Photocatalytic Activity of Mesoporous Titania Powders Synthesized by the Nonhydrolytic Sol–gel Process, *Powder Technology*, **219** (2012) 239-243 (IF(2010) = 1,887; ISSN 0032-5910).
8. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Potkonjak, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Removal of Co^{2+} ions from aqueous solutions using iron-[functionalized](#) sepiolite, *Chemical*

Engineering and Processing: Process Intensification, **55** (2012) 40 – 47 (IF (2010) = 1,729; ISSN 0255-2701).

9. V.R. Djokić, A.D. Marinković, M. Mitrić, P.S. Uskoković, **R.D. Petrović**, V.R. Radmilović, Dj. T. Janačković, Preparation of TiO₂/carbon nanotubes photocatalysts: the influence of the method of oxidation of the carbon nanotubes on the photocatalytic activity of the nanocomposites, *Ceramics International* **38** (2012) 6123-6129 (IF (2010) = 2,325; ISSN 0957-4530).
10. M. Mihajlović, S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Jokić, Dj. Janačković, **R. Petrović**, A comparative study of the removal of lead, cadmium and zinc ions from aqueous solutions by natural and Fe(III)-modified zeolite, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly / CICEQ*, 2013, DOI:10.2298/CICEQ121017010M (IF (2011) = 0,610; ISSN 1451-9372).

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: 26.03.2013.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаčkовић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидата Марије Т. Михајловић, дипл. инж. технологије за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр.35/55 од 28. 02. 2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Марије Т. Михајловић, дипл. инж. технологије за израду докторске дисертације и научне заснованости теме:

**Сорпција јона олова, кадмијума и цинка из водених раствора
на природном и модификованом зеолиту**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Марија Т. Михајловић је рођена 11. 11. 1979. године у Београду, где је завршила основну и средњу школу. Технолошко-металуршки факултет у Београду је уписала 1998. године. Дипломирала је на овом факултету 2004. године са просечном оценом 8,56. Школске 2004/05. године уписала је магистарске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду на смеру Неорганска хемијска технологија и положила све испите предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 10,00. Школске 2006/2007 уписала је другу годину докторских студија и положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10,00. Завршни испит са темом „Испитивање сорпције Pb^{2+} , Cd^{2+} и Zn^{2+} јона из водених раствора на природном и модификованом зеолиту“, под менторством професора др Раде Петровић положила је 2009. године са оценом 10,00.

Од 2005. године Марија Михајловић ради у ЈКП „Београдски водовод и канализација“ на пословима праћења контроле квалитета отпадних вода Београдског канализационог система и вођењу и контроли рада мини уређаја за пречишћавање комуналних отпадних вода. Од 2009. године поседује лиценцу за пројектовање технолошких процеса. Била је ревидент више пројеката из области екологије и заштите животне средине, првенствено на изградњи и опремању мобилних постројења за

пречишћавање отпадних вода ('Зуце', 'Пиносава' и 'Бели поток'). Од 2011. је члан комисије за изградњу постројења за пречишћавање отпадних вода 'Зуце', а од 2012. је члан радног тима испред Београдског водовода и канализације за сарадњу са јапанским консултантима који припремају Студију изводљивости за централно градско постројење у Великом селу.

До сада је објавила 1 рад у међународном часопису, 1 рад у националном часопису, један рад је саопштен на међународној конференцији и штампан у целини, а 8 радова је саопштено на скуповима националног значаја који су штампани у целини.

Преглед положених испита на докторским студијама:

Редни број	Назив предмета	Оцена
1.	Одабрана поглавља математичке анализе	10 (десет)*
2.	Хемијска кинетика	10 (десет)*
3.	Феномени преноса	10 (девет)*
4.	Фазна равнотежа у вишекомпонентним системима	10 (девет)*
5.	Теоријски основи керамике и стакла	10 (девет)
6.	Сепарационе методе у технолошкој контроли	10 (десет)*
7.	Органски загађивачи животне средине	10 (десет)*
8.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	10 (десет)*
9.	Санитарна микробиологија	10 (десет)*
10.	Завршни испит	10 (десет)

* - испит положен на магистарским студијама и признат као еквивалентан на докторским студијама

Преглед објављених научних радови и саопштења:

Рад у међународном часопису (M23)

1. **Mihajlović M.**, Lazarević S., Janković-Častvan I., Jokić B., Janačković Dj., Petrović R.: *A comparative study of the removal of lead, cadmium and zinc ions from aqueous solutions by natural and Fe(III)-modified zeolite*, - Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly / CICEQ, 2013, DOI:10.2298/CICEQ121017010M

Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини (M33)

1. **Mihajlović M.**, Lazarević S., Janković-Častvan I., Jokić B., Janačković Dj., Petrović R.: *Adsorption of zinc ions from aqueous solutions by natural and iron-oxide coated zeolite*, - Proceedings of the 44rd International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor 2012, pp. 339-342. (ISBN 978-86-7827-042-0)

Рад у часопису националног значаја (М52)

1. Бранисављевић Н., **Михајловић М.**, Продановић Д., Рајаковић Огњановић В., Ајтић Љ.: *Развој базе података параметара квалитета воде у Београдској канализацији*, Вода и санитарна техника, Вол. 38, Бр. 2, 2008., стр. 59-66 (ИССН 0350-5049).

Радови саопштени на скуповима националног значаја штампани у целини (М63)

1. **Михајловић М.**, Вукић Ј., Рајаковић-Огњановић В.: *Контрола квалитета отпадне воде - пројекат „осам мерних места” у ЈКП БВК*, Зборник радова 37. Конференције о актуелним проблемима коришћења и заштите вода ВОДА 2008, Матарушка бања 2008, стр. 319-324 (ИСБН 978-86-904241-5-3).
2. **Михајловић М.**, Вукић Ј., Јауковић А.: *Утицај атмосферских падавина на квалитет отпадне воде београдске канализације*, Зборник радова Девете међународне конференције „Водоводни и канализациони системи“, Јахорина, Пале 2009, стр. 323-327 (ИСБН 978-86-82931-29-4).
3. **Михајловић М.**, Вукић Ј.: *Мониторинг корисника београдског канализационог система*, Зборник радова Десете јубиларне међународне конференције „Водоводни и канализациони системи“, Јахорина, Пале 2010, стр. 286-290 (ИСБН 978-86-82931-34-8).
4. **Михајловић М.**, Петровић М.: *Системи за пречишћавање отпадних вода у Парк шуми Авала*, Зборник радова Десете јубиларне међународне конференције „Водоводни и канализациони системи“, Јахорина, Пале 2010, стр. 291-295 (ИСБН 978-86-82931-34-8).
5. **Михајловић М.**, Вукић Ј.: *Праћење потенцијалних загађивача београдског канализационог система*, Зборник радова Међународне конференције „Савремена техника канлисања“, Београд 2011, стр. 51-57 (ИСБН 978-86-82931-30-0).
6. **Михајловић М.**, Вукић Ј., Вуковић И.: *Пречишћавање комуналних отпадних вода СБР технологијом*, Зборник радова Међународне конференције „Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад“, Нишка Бања 2011, стр. 125-129 (ИСБН 978-86-82931-38-6).
7. Вукић Ј., **Михајловић М.**, Вуковић И.: *Мониторинг индустријских отпадних вода Београдског канализационог система*, Зборник радова Међународне конференције „Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад“, Нишка Бања 2011, стр. 89-93 (ИСБН 978-86-82931-38-6).
8. **Михајловић М.**: *Испитивање утицаја зеолита на квалитет комуналних отпадних вода*, Зборник радова Међународне конференције „Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад“, Чачак 2012, стр. 102-105 (ИСБН 978-86-82931-49-2).

1.2. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата током докторских студија и у оквиру научно-истраживачког рада Марија Т. Михајловић, дипл. инж. технологије, показала је велику склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом. Из области предложене докторске дисертације до сада је објавила 1 рад у међународном часопису (M23), један рад је саопштен на скупу међународног значаја и штампан у целини (M33) и један рад је саопштен на скупу националног значаја и штампани у целини, што указује на подобност кандидата за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Зеолити су природни или синтетски микропорозни хидратисани алумосиликати, чија се структура одликује постојањем канала у којима су смештени изменљиви катјони и зеолитска вода [1-3]. Захваљујући великом капацитету измене катјона, али и другим добрим својствима, зеолити заузимају значајно место међу сорбентима за уклањање неорганских јона из природних и отпадних вода [4-11]. Предност зеолита у поређењу са синтетичким јоноизмењивачким смолама, поред ниже цене и боље термичке стабилности, јесте селективност захваљујући пре свега чињеници да димензије канала одређују који јони могу у њих ућу и заменити природно присутне катјоне. Природни зеолити у односу на синтетичке [12-14] имају мање капацитете сорпције, па су бројна истраживања била посвећена модификацији природних зеолита у циљу повећању сорпционог капацитета, пре свега за јоне токсичних метала [15-18]. Један од поступака је модификација површине зеолита коришћењем оксида неких метала, најчешће гвожђа и мангана [19-26]. И оксиди гвожђа и мангана су активни сорбенти и играју значајну улогу у имобилизацији јона у седиментима у природи. Међутим, у пракси се ови оксиди не могу користити као сорбенти, јер се јављају у виду веома финих честица, што отежава њихово одвајање од воде по завршеном процесу адсорпције. Због тога се наносе на површину материјала који су такође добри сорбенти, чиме се добијају мешовити системи са повећаним капацитетом сорпције [27].

Предмет ове докторске дисертације је проучавање сорпције јона олова, кадмијума и цинка из једнокомпонентних и вишекомпонентних водених раствора на природном и зеолиту који ће бити модификован гвожђе(III)-хлоридом у јако базним условима у циљу добијања мешовитог система зеолит/гвожђе(III)-оксихидроксид. Испитивани јони одабрани су због широке распрострањености у животној средини изазване пре свега људским активностима. Упркос многобројним проучавањима интеракције зеолита са јона двовалентних метала у воденој средини, механизми сорпције још увек нису у потпуности разјашњени, па ће основни циљ истраживања у оквиру ове дисертације бити објашњење разлика у механизмима сорпције и сорпционим капацитетима природног и модификованог зеолита. Анализом литературних података утврђено је да је до сада веома мало пажње посвећено сорпцији јона олова, кадмијума и цинка на Fe(III)-модификованом зеолиту, а посебно је мало података о сорпцији из

вишекомпонентних водених раствора, било да су у питању раствори у дестилованој или у отпадној води. Такође, предмет ове дисертације биће и испитивање адсорпције органских супстанци из гасне фазе на природном и модификованом зеолиту методом инверзне гасне хроматографије, имајући у виду да Fe(III)-модификован зеолит до сада није проучаван инверзном гасном хроматографијом.

У оквиру ове дисертације извршиће се детаљна карактеризација оба сорбента и утврдити утицај процеса модификације зеолита на параметре површине од интереса за сорпцију: тачку нултог наелектрисања, константе јонизације површинских функционалних група, термодинамичке параметре адсорпције и др. Сорпција јона олова, кадмијума и цинка на оба сорбента биће испитивана из једнокомпонентних и вишекомпонентних раствора у деминерализованој води, као и из реалних раствора, односно из комуналне отпадне воде. У циљу поређења сорпционих својстава природног и модификованог зеолита, биће одређене сорпционе изотерме за испитиване јоне и дефинисани доминантни механизми сорпције. Такође ће бити испитан утицај времена контакта и температуре на сорпцију наведених јона на испитиваним сорбентима.

Литература:

1. Castaldi P., Santona L., Enzo S., Melis P.: *Sorption processes and XRD analysis of a natural zeolite exchanged with Pb^{2+} , Cd^{2+} and Zn^{2+} cations*, J. Hazard. Mater., Vol 156, 2008, pp. 428–434.
2. Kurtoglu A.E., Atun G.: *Determination of kinetics and equilibrium of Pb/Na exchange on clinoptilolite*, Sep. Purif. Technol., Vol 50, 2006, pp. 62–70.
3. Stylianou M.A., Hadjiconstantinou M.P., Inglezakis V.J., Moustakas K.G., Loizidou M.D.: *Use of natural clinoptilolite for the removal of lead, copper and zinc in fixed bed column*, J. Hazard. Mater., Vol 143, 2007, pp. 575–581.
4. Alvarez-Ayuso E., Garcia-Sanchez A., Querol X.: *Purification of metal electroplating waste waters using zeolites*, Water Res., Vol 37, 2003, pp. 4855–4862.
5. Wang S., Yuelian P.: *Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment*, Chem. Eng. J., Vol 156, 2010, pp. 11–24.
6. Erdem E., Karapinar N., Donat R.: *The removal of heavy metal cations by natural zeolites*, J. Colloid Interf. Sci., Vol 280, 2004, pp. 309–314.
7. Trgo M., Peric J., Vukojević Medvidović N.: *A comparative study of ion exchange kinetics in zinc/lead—modified zeolite-clinoptilolite systems*, J. Hazard. Mater., Vol B 136, 2006, pp. 938–945.
8. Inglezakis V.J., Loizidou M.D., Grigoropoulou H.P.: *Ion exchange of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , and Cr^{3+} on natural clinoptilolite: selectivity determination and influence of acidity on metal uptake*, J. Colloid. Interf. Sci., Vol 261, 2003, pp. 49–54.
9. Culfaz M., Yagiz M.: *Ion exchange properties of natural clinoptilolite: lead–sodium and cadmium–sodium equilibria*, Sep. Purif. Technol., Vol 37, 2004, pp. 93–105.
10. Petrus R., Warchol J.: *Ion exchange equilibria between clinoptilolite and aqueous solutions of Na^+/Cu^{2+} , Na^+/Cd^{2+} and Na^+/Pb^{2+}* , Micropor. Mesopor. Mat., Vol 61, 2003, pp. 137–146.
11. Doula M., Dimirkou A.: *Use of an iron-overexchanged clinoptilolite for the removal of Cu^{2+} ions from heavily contaminated drinking water samples*, J. Hazard. Mater., Vol 151, 2008, pp. 738–745.

12. El-Kamash A.M., Zaki A.A., El Geleel M.A.: *Modeling batch kinetics and thermodynamics of zinc and cadmium ions removal from waste solutions using synthetic zeolite A*, J. Hazard. Mater., Vol B127, 2005, pp. 211–220.
13. Hui K.S., Chao C.Y.H., Kot S.C.: *Removal of mixed heavy metal ions in wastewater by zeolite 4A and residual products from recycled coal fly ash*, J. Hazard. Mater., Vol B127, 2005, pp. 89–101.
14. Jha V.K., Nagae M., Matsuda M., Miyake M.: *Zeolite formation from coal fly ash and heavy metal ion removal characteristics of thus-obtained Zeolite X in multi-metal systems*, J. Environ. Manage., Vol 90, 2009, pp. 2507–2514.
15. Sprynskyy M., Buszewski B., Terzyk A.P., Namiesnik J.: *Study of the selection mechanism of heavy metal (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+}) adsorption on clinoptilolite*, J. Colloid Interface Sci., Vol 304, 2006, pp. 21–28.
16. Coruh S.: *The removal of zinc ions by natural and conditioned clinoptilolites*, Desalination, Vol 225, 2008, pp. 41–57.
17. Vasylechko V.O., Gryshchouk G.V., Kuzma Yu.B., Zakordonskiy V.P., Vasylechko L.O., Kalytovs'ka M.B.: *Adsorption of cadmium on acid-modified Transcarpathian clinoptilolite*, Micropor. Mesopor. Mat., Vol 60, 2003, pp. 183–196.
18. Leyva-Ramos R., Jacobo-Azuara A., Diaz-Flores P.E., Guerrero-Coronado R.M., Mendoza-Barron J., Berber-Mendoza M. S.: *Adsorption of chromium(VI) from an aqueous solution on a surfactant-modified zeolite*, Colloid Surface, Vol A 330, 2008, pp. 35–41.
19. Feng D., Aldrich C., Tan H.: *Removal of heavy metal ions by carrier magnetic separation of adsorptive particulates*, Hydrometallurgy, Vol 56, 2000, pp. 359–368.
20. Garcia-Mendieta A., Solache-Rios M., Olguin M.T.: *Evaluation of the sorption properties of a Mexican clinoptilolite-rich tuff for iron, manganese and iron–manganese systems*, Micropor. Mesopor. Mat., Vol 118, 2009, pp. 489–495.
21. Han R., Zou W., Li H., Li Y., Shi J.: *Copper(II) and lead(II) removal from aqueous solution in fixed-bed columns by manganese oxide coated zeolite*, J. Hazard. Mater., Vol B 137, 2006, pp. 934–942.
22. Siljeg M., Cerjan Stefanovic S., Mazaj M., Novak Tusar N., Arcon I., Kovac J., Margeta K., Kaucic V., Zabukovec Logar N.: *Structure investigation of As(III)- and As(V)-species bound to Fe-modified clinoptilolite tuffs*, Micropor. Mesopor. Mat., Vol 118, 2009, pp. 408–415.
23. Nah I. W., Hwang K. Y., Jeon C., Choi H. B.: *Removal of Pb ion from water by magnetically modified zeolite*, Miner. Eng., Vol 19, 2006, pp. 1452–1455.
24. Dimirkou A.: *Uptake of Zn^{2+} ions by a fully iron-exchanged clinoptilolite. Case study of heavily contaminated drinking water samples*, Water Res., Vol 41, 2007, pp. 2763–2773.
25. Li Z., Jean J.-S., Jiang W.-T., Chang P.-H., Chen C.-J., Liao L.: *Removal of arsenic from water using Fe-exchanged natural zeolite*, J. Hazard. Mater., Vol 187, 2011, pp. 318–323.
26. Du G., Li Z., Liao L., Hanson R., Leick S., Hoeppner N., Jiang W.-T.: *Cr(VI) retention and transport through Fe(III)-coated natural zeolite*, J. Hazard. Mater., Vol 221–222, 2012, pp. 118–123.
27. Doula M.: *Synthesis of a clinoptilolite–Fe system with high Cu sorption capacity*, Chemosphere, Vol 67, 2007, pp. 731–740.

2. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Примена природних зеолита за третман отпадних вода је последњих деценија била усмерена углавном на уклањање амонијум-јона и тешких метала захваљујући пре свега великом капацитету измене катјона. При томе је показано да сорпционе карактеристике зеолита зависе од броја, врсте и положаја изменљивих катјона у структури зеолита. Међутим, није много пажње посвећивано другим могућим механизмима интеракције јона из водене средине са зеолитом и интеракцији површине самог зеолита са воденом средином. Такође, највећи број истраживања се односио на испитивања из синтетичких једнокомпонентних раствора, при чему је акценат био на зависности капацитета сорпције од различитих параметара, као што су рН вредност раствора, време, температура и јонска јачина раствора. С обзиром да реалне отпадне воде садрже различите примесе и смешу јона, последњих година је више пажње посвећено сорпцији из вишекомпонентних раствора и испитивању утицаја различитих примеса у водама на капацитет сорпције природних, али и зеолита који су модификовани на различите начине. Показано је у неколико радова да модификација зеолита солима гвожђа у базној средини доприноси повећању степена уклањања јона бакра, мангана, хрома, арсена, цинка и олова из водене средине у односу на немодификовани зеолит, при чему је праћен степен јонске измене у односу на укупни капацитет сорпције. Имајући у виду да се овом модификацијом добија материјал значајно веће специфичне површине у односу на полазни зеолит, вероватно је да величина и природа површине модификованог зеолита играју значајну улогу у сорпцији јона из раствора. Због тога, у овој докторској дисертацији ће се детаљно анализирати и упоредити физичко-хемијска својства природног и модификованог зеолита, са посебним акцентом на површинска својства од значаја за сорпцију. Испитање сорпције јона олова, кадмијума и цинка на природном и модификованом зеолити бити усмерено на дефинисање механизмима сорпције у циљу објашњења разлике у капацитетима сорпције и утицаја температуре и примеса у реалним водама на сорпциони капацитет. Такође, применом инверзне гасне хроматографије упоређиће се кисело-базна својства природног и модификованог зеолита и проучити интеракције оба зеолита са различитим органским молекулима из гасне фазе у условима нулте и коначне прекривености површине, у циљу дефинисања могућих примена за сорпције из гасне фазе.

3. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Физичко-хемијска својства природног и модификованог зеолита биће одређена применом рендгенске дифракционе анализе (XRD), инфрацрвене спектроскопске анализе (FT-IR), диференцијално-термијске анализе (DTA), скенирајуће електронске микроскопије (SEM), трансмисионе електронске микроскопије (ТЕМ) и адсорпције азота на температури течног азота за одређивање специфичне површине и расподеле величина пора.

За одређивање тачке нултог наелектрисања и константи јонизације површинских функционалних група користиће се методе уравнотежавања посебних проба и потенциометријска титрација. Сорпција јона олова, кадмијума и цинка на оба сорбента биће испитивана применом методе уравнотежавања на константној температури. Концентрације јона олова, кадмијума и цинка, као и концентрације јона калцијума, магнезијума, калијума и натријума у раствору услед процеса јонске измене биће одређиване оптичко емисионом спектроскопијом (ICP+OS). Применом рендгенске фотоелектронске спектроскопије (XPS) биће одређен начин везивања и садржај јона олова, кадмијума и цинка у оба сорбента, сорбованих из еквимоларног вишекомпонентног раствора.

Интеракције између зеолита и различитих органских супстанци из гасне фазе биће проучаване применом инверзне гасне хроматографије (IGC) у условима занемарљиве (нулте) прекривености и у случају коначне прекривености површине.

4. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Као резултат предложених истраживања очекују се следећи научни доприноси:

- дефинисање доминантних механизма сорпције јона олова, кадмијума и цинка на природном и зеолиту модификованом гвожђе(III)-хлоридом у јако базним условима,
- објашњење утицаја модификације гвожђе(III)-хлоридом у јако базним условима на капацитет сорпције зеолита,
- утврђивање утицаја примеса у реалним отпадним водама на капацитет сорпције природног и модификованог зеолита,
- објашњење утицаја температуре на капацитет сорпције природног и модификованог зеолита из једнокомпонентних и вишекомпонентних раствора и одређивање термодинамичких параметара сорпције,
- дефинисање кинетике сорпције испитиваних јона на природном и модификованом зеолиту и утврђивање афинитета сорбената према појединим јонима,
- објашњење начина везивања јона олова, кадмијума и цинка на природном и модификованом зеолиту,
- одређивање термодинамичких параметара адсорпције органских супстанци на природном и модификованом зеолиту и одређивање кисело – базних својстава површине у условима занемарљиве (нулте) прекривености;
- одређивање адсорпционих изотерми органских супстанци, капацитета монослоја и специфичне површине у условима коначне прекривености.

5. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

У докторској дисертацији ће бити обрађена следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментали део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

У поглављу *Увод* биће приказан кратак осврт на подручје испитивања, дефинисани главни циљеви дисертације и предмет истраживања.

Поглавље *Теоријски део* обухватиће анализу досадашњих истраживања која се односе на:

- порекло и структуру зеолита,
- физичко-хемијска својства зеолита,
- примену зеолита,
- сорпцију и факторе који на њу утичу,
- сорпцију испитиваних јона двовалентних метала на различитим сорбентима,
- сорпцију испитиваних јона двовалентних метала на различито модификованим зеолитима.

У *Експерименталном делу* биће наведени материјали и методе коришћене у експерименталном раду:

- сировине и хемикалије коришћене у раду;
- опис модификације природног зеолита;
- методе карактеризације оба сорбента;
- проучавање сорпције испитиваних јона двовалентних метала на природном и модификованом зеолиту; обрада добијених експерименталних резултата коришћењем различитих модела адсорпционих изотерми и израчунавање термодинамичких параметара сорпције из једнокомпонентних и вишекомпонентних водених раствора;
- проучавање кинетике сорпције испитиваних јона двовалентних метала на природном и модификованом зеолиту, обрада експерименталних резултата применом различитих кинетичких модела;
- проучавање начина везивања и садржаја јона олова, кадмијума и цинка на оба сорбента применом рендгенске фотоелектронске спектроскопије.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и дискутовани резултати. Ово поглавље ће садржати детаљан приказ добијених резултата као и њихову интерпретацију. Биће дискутована карактеризација оба сорбента и утицај модификације на сорпциони капацитет испитиваних јона двовалентних метала у једнокомпонентним и вишекомпонентним воденим растворима, као и међусобни утицај испитиваних јона. Такође ће бити дискутован утицај промене температуре и времена контакта на капацитет сорпције јона Pb^{2+} , Cd^{2+} и Zn^{2+} на природном и модификованом зеолиту. Посебна пажња ће бити посвећена резултатима рендгенске фотоелектронске спектроскопије у циљу дефинисања начина везивања јона за сорбенте.

У *Закључку* ће бити сумирани закључци добијени на основу изведених испитивања.

У делу *Литература* биће наведене референце цитиране у дисертацији.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изнетих података, Комисија сматра да је тема докторске дисертације **Сорпција јона олова, кадмијума и цинка из водених раствора на природном и модификованом зеолиту**, коју је предложила Марија Т. Михајловић, научно заснована и да пружа могућност остваривања значајних научних и практичних резултата. Комисија такође сматра да је Марија Т. Михајловић подобан кандидат за рад на

предложеној теми и стога предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да прихвати предложену тему и одобри Марији Т. Михајловић израду ове докторске дисертације под менторством др Раде Петровић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 15. 02. 2013.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Рада Петровић, ред. проф., Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, ментор

др Ђорђе Јанаћковић, ред. проф., Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, члан комисије

др Љубинка Рајаковић, ред. проф., Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, члан комисије

др Антоније Оњиа, научни саветник ИНН Винча, Универзитет у Београду, члан комисије

др Бојан Јокић, научни сарадник, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, члан комисије