

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Соње Милићевић

Одлуком бр. 35/183 од 07.05.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Соње Милићевић под насловом:

**Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

**2007/2008.** Кандидат Соња Милићевић, уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду, смер Инжењерство заштите животне средине.

**30.01.2014.** Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/4** о продужењу рока за одбрану докторске дисертације Соње Милићевић.

**20.02.2014.** Кандидат Соња Милићевић пријавила је тему докторске дисертације под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима".

**27.02.2014.** Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/36** о именовању чланова Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Соње Милићевић под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима".

**03.04.2014.** Наставно научно веће је прихватило оцену Комисије о научној заснованости теме докторске дисертације Соње Милићевић под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима", кандидата Соње Милићевић, по одлуци бр **35/79**, а за ментора је именован др Драган Повреновић, ванредни професор ТМФ-а.

**12.05.2014.** На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Соње Милићевић под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима" (Одлука **02 бр. 61206-1807/2014**)

**02.10.2014.** Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/265** о продужењу рока за одбрану докторске дисертације Соње Милићевић под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима" до краја школске 2014/2015 године.

**07.05.2015.** Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/183** о именоввању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Соње Милићевић под насловом "Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима".

## 1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија, ужа научна област Инжењерство заштите животне средине, за коју је Технолошко-металуршки факултет матична установа. Ментор дисертације је др Драган Повреновић, дипл.инж., ванредни професор, који је биран за област инжењерство заштите животне средине, а на Технолошко-металуршком факултету држи наставу из предмета Технологије припреме воде и Пречишћавања отпадних вода.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Соња Милићевић, дипл. инж. тех., рођена је 24.06.1979. године у Београду. 1998. године је завршила је XIV Београдску гимназију и исте године је уписала основне студије Биохемијског инжењерства и биотехнологије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, које је завршила 2004. године са просечном оценом 8,16 и оценом 10 на дипломском раду и стекла звање дипломирани инжењер технологије. Докторске студије је уписала школске 2007/2008 године на Технолошко-металуршком факултету у Београду, на смеру Инжењерство заштите животне средине. Све предвиђене испите је положила са просечном оценом 9,85. Од 2005. године, запослена је на неодређено као истраживач приправник у Институту за технологију нуклераних и других минералних сировина (ИТНМС) Београд, у центру за развој нових материјала за пољопривреду и технологију (Лабораторија за физичко-хемијску

карактеризацију). У ИТНМС-у је укључена у истраживања која се односе на физичкохемијска испитивања неметаличних минералних сировина (зеолита, бентонита, каолина, вермикулита, кречњака, итд.) и њихових модификација са циљем добијања материјала који имају примену у пречишћавању вода (уклањање токсичних метала – бакар, цинк, олова, итд., затим неорганских аниона – арсенати и органских једињења као што су полициклични ароматични угљоводоници, пестициди и једињења из групе ВТЕХ). 08.04.2008. године стиче звање истраживач сарадник.

Од почетка своје професионалне каријере у ИТНМС учествовала као сарадник на пројектима финансираним од стране ресорног Министарства:

У периоду 2005 – 2007. учествовала је на пројекту МПНТР: пројекту технолошког развоја ТР6702: "Развој нових адсорбента на бази модификације минералних материја (Суперсорб–минерали)". Од 2007 – 2008. ангажована као сарадник на иновационим пројектима "Екосорб – ефикасан материјал за пречишћавање пијаћих вода" и "Бакар-монтморилонит као нови адитив сточној храни". У периоду 2008 – 2010. сарадник на ТР 19022: "Развој материјала – акцептора, донора и носача активних материја на бази зеолита, бентонита и кречњака" и билатералном пројекту са Републиком Хрватском: "Развој и примена новог Fe(III)-модификованог природног зеолита у заштити животне средине". Од 2011. учесник је на два пројекта које финансира МПНТР: ТР 33007 "Имплементација савременијих техничко-технолошких и еколошких решења у постојећим производним системима РББ и РБМ" и ТР34013 "Освајање технолошких поступака добијања еколошких материјала на бази неметаличних минералних сировина".

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Соње Милићевић, дипл. инж. тех., написана је на 209 страна и садржи 7 поглавља: Увод (2 стране), Теоријске основе (50 страна), Циљ истраживања (2 стране), Експериментални део (11 страна), Резултати и дискусија (104 стране), Пречишћавање индустријских отпадних вода погона РББ (6 страна), Закључак (4 стране), Литература 197 референци (15 страна). Кандидат је уз текст дисертације приложио и Биографију са списаком објављених радова (11 страна), и додатке прописане правилима Универзитета о подношењу докторских теза на одобравање (4 стране).

На почетку Дисертације дат је Резиме на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи укупно 94 слике (8 слика из преузето је из литературе, 86 слика је приказ оригиналних резултата) и 29 табела (1 табела је преузета из литературе, 28 табела је приказ оригиналних резултата).

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан и указује на садржај истраживања обухваћених тезом, док је у резимеу приказан кратак преглед остварених резултата, као и научни допринос резултата истраживања. Увод јасно указује на циљ рада и аспекте истраживања.

У оквиру Теоријских основа приказано је 7 поглавља која приказују: 1. Основна својства бабра, 2. Отпадне воде настале у РТБ Бор, 3. Приказ поступака за уклањање јона бабра из водених раствора, 4. Филтрабилност узорака, 5. Равнотежу током процеса адсорпције и адсорпционе изотерме, 6. Испитивање кинетике адсорпције и 7. Кинетику адсорпције у континуалном систему у колони.

Кандидаткиња је у првом поглављу Теоријских основа приказала основна својства бабра и значај овог метала као и начин на који се током његове експлоатације и процеса технолошке припреме у РТБ Бор стварају отпадне воде. Указано на висок садржај бабра у отпадним водама и њихову киселост. Високи садржај бабра, његова тржишна цена као количина отпадних вода РТБ Бор оправдавају истраживања на пољу прераде отпадне воде индустријских постројења овог типа уз тражење ефикасних решења за искоришћење и валоризацију заосталог бабра.

У даљем тексту описани су поступци као што су хемијско таложење, јонска измена, електрохемијски поступци, мембранска филтрација и адсорпција, који се користе у пречишћавању отпадних вода. Приказан је преглед адсорбената који се користе за адсорпцију јона бабра. Указано је на недостатке различитих адсорбената у смислу незадовољавајуће ефикасности као и ограничења у примени.

Након тога, дат је приказ структуре природних зеолита уз детаљно разматрање досадашњих истраживања и сазнања у овој области. Наведене су најважније врсте ових минерала, њихова најважнија својства и области примене. Како се зеолити на основу својих карактеристика већ примењују као адсорбенти, јоноизмењивачи, молекулска сита и катализатори, указано је на оправданост примене зеолита као адсорбената у уклањању јона бабра из отпадних вода. Детаљно су разматрани поступци модификације зеолита у циљу повећања адсорпционог капацитета. Посебна пажња усмерена је на регенерацију истрошеног адсорбента и значај који она има у случају отпадних вода из РТБ Бор.

На крају Теоријских основа дате су теоријске основе за приказ адсорпционих изотерми. Анализирани су различити модели кинетике адсорпције у континуалним и дисконтинуалним системима.

У оквиру поглавља Циљ истраживања јасно су приказани општи и појединачни циљеви који су били резултат ове Дисертације а на основу којих се може оценити успешност истраживања.

У поглављу Експериментални део приказани су природни зеолити који су коришћени у овим испитивањима и то: Златокоп-Врањска бања, Игрош Видојевић-Брус

и Баиа Маре-Румунија. Приказана су 3 различита поступка (I, II и III) модификације зеолита и добијање Fe(III)-модификованих зеолита (FeCl<sub>1</sub>, FeCl<sub>2</sub> и FeNaCl<sub>1</sub>).

Приказане су методе којима је извршена физичкохемијска карактеризација адсорбената пре и након адсорпције и то: рендгенском дифракцијом праха (XRPD), одређивање елементног састава адсорбената и капацитета катјонске измене, скенирајућа електронска микроскопија са енергијско-дисперзивном рендгенском спектроскопском анализом (SEM-EDS), мерење порозности, термијска анализа (ДТА/ТГ) и испитивање филтрабилности адсорбената различитих гранулација.

Наведени су и поступци лабораторијских испитивања ефикасности адсорбената у уклањању јона бакра из водених раствора у дисконтинуалним системима при различитим експерименталним условима (почетна концентрација јона бакра, почетна вредност рН раствора, крупноћа зрна адсорбента и садржај чврсте фазе). Приказане су прецизне шеме различитих система који раде под континуалним условима и дефинисани су испитивани параметри (почетна концентрација, проток, висина насутог слоја, пречник колоне).

Добијени резултати су приказани у поглављу *Резултати и дискусија*. Поглавље је подељено у три дела: (а) карактеризација узорка, (б) испитивање адсорпције на природном зеолиту и (ц) испитивање адсорпције на модификованим зеолитима.

У првом делу овог поглавља изложени су резултати карактеризације полазних и модификованих зеолита.

Рендгенском анализом је утврђено да је минерал клиноптилолит основни минерал који је присутан у сва три полазна узорка. Такође, установљено је да различитим поступцима модификације није дошло до нарушавања структуре клиноптилолита и да су фазе настале током поступка модификације аморфне.

Одређивањем капацитета катјонске измене (ККИ) установљено је да зеолит из лежишта Баиа Маре-Румунија има највећи ККИ (176,5 meq/100g) а зеолит лежишта Златокоп-Врањска Бања најмањи (150,1 meq/100g). Доминантан јон доступан за јонску измену код сва три зеолита је Ca<sup>2+</sup>.

Сваки зеолит зависно од налазишта има различити хемијски састав што је потврђено елементном анализом која је, такође, показала да модификовани узорци садрже значајно веће количине гвожђа у поређењу са полазним узорком. Највећи садржај гвожђа (6,44 мас.%) постигнут је код узорка који је означен са FeNaCl<sub>1</sub>.

Резултати SEM-анализе природног и Fe(III)-модификованих зеолита су показали да се модификацијом не мењају морфолошке особине полазног зеолита, као и да је гвожђе на површини Fe(III)-модификованих зеолита униформно распоређено.

Резултати добијени одређивањем текстуралних својстава показали су да након модификације природног зеолита долази до значајног повећања специфичне површине (S<sub>ВЕТ</sub>) и то са 12 m<sup>2</sup>/g на 91 m<sup>2</sup>/g код FeNaCl<sub>1</sub>. Такође, модификацијом су повећане и површина микро- и мезопора, као и укупна запремина пора.

У другом делу поглавља приказани су и резултати адсорпције на природном зеолиту. Анализом адсорпционих изотерми и одређивањем адсорпционог капацитета за бакар, за испитиване услове, добијен је корелациони однос између адсорпционог капацитета за бакар и вредности ККИ зеолита. Добијена линеарна зависност олакшава

коришћење различитих узорака зеолита у индустријским условима на основу познате вредности ККИ. Захваљујући овој зависности, кандидаткиња је даља испитивања вршила коришћењем зеолита из лежишта Златокоп-Врањска Бања.

Испитивањем утицаја садржаја и крупноће зрна зеолита, установљено је да се са повећањем масеног односа зеолит/раствор и смањењем крупноће зрна зеолита повећава адсорпциони капацитет.

Испитивањем кинетике адсорпције утврђено је да је за адсорпцију јона бакра карактеристична велика почетна брзина адсорпције и да се највећи део адсорбованог бакра веже у првих 20 минута. Добијени кинетички резултати обрађени су различитим кинетичким моделима а најбоље слагање добијено је применом Хоовог модела псеудо другог реда. Показано је да са повећањем почетне концентрације бакра и вредности рН расте и константа брзине тј. повећава се брзина реакције. Применом дифузионих модела показано је и да рН-вредност утиче на кинетику адсорпције тако што повећањем брзине убрзавају сви дифузиони процеси. Закључено је да утицај почетне концентрације има различит утицај на брзину дифузионих процеса и услед тога адсорпција јона бакра није у потпуности дефинисана дифузионим моделима.

Посебна пажња у Дисертацији посвећена је испитивању адсорпције бакра у континуалним системима. Испитана су три различита континуална система: (а) колона, (б) колона са рецикулацијом и (ц) базен.

У систему у колони је испитиван утицај висине насутог слоја зеолита, протока и почетне концентрације. Вредности параметара добијених из кривих пробоја указали су на константу вредност адсорпционог капацитета у тачки пробоја и засићења независно од промене експерименталних услова, што омогућава добро предвиђање понашања оваквог система тј., регулисање режима рада када дође до промене улазних параметара. Задовољавајуће слагање експерименталних података добијено је применом Уооп-Nelson модела кинетике. На основу овог модела брзина процеса адсорпције у колони у највећој мери зависи од почетне концентрације раствора и директно је пропорционална концентрацији. Проток и висина слоја адсорбента у колони имају мањи утицај на брзину адсорпције.

У колони са рецикулацијом утврђено је да највећи утицај на брзину процеса има почетна концентрација раствора и да су брзина и концентрација обрнуто пропорционални. При вредностима почетне концентрације изнад  $100 \text{ mg dm}^{-3}$ , утицај параметара као што су пречник колоне, проток и количина рецикулативног раствора на брзину адсорпције је скоро занемарљив.

Ефикасност процеса адсорпције у базену знатно је мања него у колони при сличним експерименталним условима.

У дисертацији је детаљно разматрана и могућности регенерације истрошеног адсорбента помоћу раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  у проточном систему. Најбољи резултати добијени су регенерацијом у колони без рецикулације при чему је највећи проценат адсорбованог бакра регенерисан са 20 пута мањом запремином раствора за регенерацију.

У трећем делу поглавља приказани су и обрађени резултати испитивања адсорпције на модификованом зеолиту. Закључено је да се применом треће методе

модификације добија најефикаснији адсорбент,  $\text{FeNaCl}_1$ , који има скоро два и по пута већи адсорпциони капацитет ( $23,5 \text{ mg g}^{-1}$ ) у односу на полазни узорак ( $10,2 \text{ mg g}^{-1}$ ).

Испитивања модификованог зеолита као адсорбента, показала су да овај адсорбент прати сличне законитости као и полазни узорак. Међутим, закључено је да повећање крупноће зрна има негативан утицај у случају модификованог зеолита. С обзиром на добијене резултате закључено је да се примена модификованих зеолита у континуалним системима, који захтевају употребу крупнијих фракција, не може препоручити.

Показано је да адсорпција бакра на модификованом зеолит следи Хоов модел псеудо другог реда. Одступања у односу на полазни зеолит уочена су код испитивања утицаја рН на константу брзине. Вредност рН има директан утицај на вредност константе брзине.

Присуство два порозна слоја на површини  $\text{FeNaCl}_1$  у потпуности онемогућава примену дифузионих модела кинетике.

У поглављу Пречишћавање индустријских отпадних вода погона РББ дат је посебан осврт на проблематику у вези са карактеристикама саме отпадне вода на коју утичу како сама локација постројења тако и временске прилике. Кандидаткиња је резултате експеримената из лабораторије испитала и на реалним узорцима отпадне воде узорковане са прелива сабирника еколошке бране у погону Церово, РББ-РТБ Бор. Утврдила је да због сложеног хемијског састава отпадне воде (присуство других тешких метала - Fe, Zn, Mn), присуства алкалних и земноалкалних метала (Na, K, Ca i Mg) као и велике киселости, добијени подаци нису дали очекиван резултат. Након корекције рН вредности резултати су били на задовољавајућем нивоу чиме је на најбољи начин потврђена сврсисходност истраживања и постигнут основни циљ, а то је практична примена добијених резултата.

У поглављу Закључак, концизно су изнети постигнути резултати истраживања који су у потпуности сагласни са постављеним циљевима Дисертације.

На крају Дисертације наведена је Литература која садржи све референце цитиране у раду.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Проблематика дисертације се односи на актуелне поступке у којима се примењују природни зеолити. Процес адсорпције се у последњих неколико година сматра као економски тако и еколошки прихватљивим поступком у третману отпадних вода алтернативним поступцима. Предност зеолита у односу на друге адсорбенте огледа се и у томе што њихова примена не доводи до секундарног загађења нити захтева неки накнадни третман воде. Досадашња сазнања односе се само на примену синтетичких зеолита а подаци о примени ових адсорбената у

реалним системима су веома оскудни. Услед тешке економске ситуације у Р. Србија, последњих деценија РТБ Бор је непланским управљањем отпадом у великој мери оптеретио животну средину и истовремено остварио велике губитке бакра кроз испуштање отпадне воде у животну средину. У Дисертацији су детаљно испитани и утврђени оптимални услови примене природних зеолита у пречишћавању отпадне воде РТБ Бор. Како Р. Србија располаже са квалитетним налазиштима зеолита, која још увек нису у довољној мери искоришћена, Дисертација на оригиналан начин доприноси валоризацији овог минералног ресурса. Проучавање ефеката јонске измене у различитим проточним системима, са циљем изналажења најефикаснијег поступка у погледу пречишћавања и валоризације адсорбованог бакра, такође је савремен и оригинални приступ. Могућност једноставне регенерације чини адсорбент на бази зеолита употребљивим, а његову примену економски оправданом.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде Дисертације коришћена је углавном литература новијег датума коју чини 197 библиографских референци. Наведени литературни радови су коришћени како приликом планирања експерименталног рада, тако и у тумачењу и анализи резултата истраживања, дискусији и извођењу закључака. Број наведених референци указује на темељитост кандидаткиње у приступу и обради резултата. Из образложења предложене теме Дисертације и објављених радова у пријави, коју је кандидаткиња Соња Милићевић поднела, као и из навода литературе коју је користила у истраживању, уочава се познавање предметне области истраживања.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради Дисертације извршена је карактеризација адсорбената на бази зеолита. Испитан је процес адсорпције  $\text{Cu(II)}$  на претходно окарактерисаним адсорбентима у дисконтинуалним и континуалним условима. Добијени подаци су анализирани и обрађени и на основу резултата одабрани модели који најбоље описују испитиване системе. Следеће инструменталне методе коришћене су током израде Дисертације:

- Рендгенска дифракција праха (XRPD) помоћу дифрактометра Phillips, PW 1710.
- Скенирајућа електронска микроскопија (SEM) са енергетским дисперзивним системом (EDS), JEOL, JSM-6610LV.
- Термичка анализа (DTA/TG) помоћу Netzsch, 409EP.
- Одређивање порозности адсорбената помоћу Мек Бејнова (McBain) ваге.

### 3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати који су постигнути у системима са реалном отпадном водом погона РББ, РТБ Бор представљају велики корак у решавању тешке еколошке ситуације у РТБ Бор. Истовремено, показано је да примена адсорбента на бази природног зеолита омогућава да рудничка отпадна вода буде и сировина. Ово потврђује оправданост обављених истраживања и указује на економску исплативост предложеног поступка



када се има у виду да је природни зеолит јефтина сировина, да га има у довољним количинама те да је адсорбент на бази зеолита могуће регенерисати и на тај начин скоро неограничено користити у поступку пречишћавања отпадне воде рудника.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Соња Милићевић је током израде ове докторске дисертације показала самосталност у крерању и реализацији експеримента, као и анализи и обради резултата. Успешна примена савремених научних сазнања и метода, као и показана зрелост у приступу и реализацији истраживања указују да је кандидаткиња способна за даљи самосталан научноистраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Истраживања у овој Дисертацији имала су за циљ прецизно дефинисање механизма и кинетике адсорпције бакра на адсорбентима на бази природног зеолита у циљу њихове примене у третману рудничких отпадних вода.

Научни допринос истраживања у овом раду своди се на следеће:

- Проналажење корелационог односа између капацитета катјонске измене и маскималног адсорпционог капацитета адсорбента у односу на јоне бакра;
- Поступке модификације природног зеолита у циљу добијања ефикасног адсорбента за третман рудничких отпадних вода.
- Детаљна анализа кинетике адсорпције и дефинисања одговарајућег кинетичког модела;
- Критичка анализа три различита проточна система и на основу које су дефинисани параметри процеса пречишћавања.
- Колона са рецикулацијом до сада није обрађена у поступцима пречишћавања отпадних вода рудника.
- Критичка анализа регенеративне и адсорпционе способности природног и модификованог зеолита која је од великог значаја за примену зеолита у технолошким процесима.
- Резултати којима се јасно указује на могућност употребе заостале отпадне воде у електро-хемијским поступцима.

- Истраживања су примењена у реалним условима чиме је показано да се природни зеолит заиста може примењивати у технолошким процесима прераде рудничких отпадних вода.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева и постављених хипотеза у односу на добијене резултате, може се констатовати да приказана истраживања у потпуности задовољавају критеријуме једне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из ове области, као и у резултате који су добијени применом адекватне методологије, може се констатовати да су коришћене методе у складу са савременим методама и да су резултати до којих је дошла кандидаткиња значајни не само са научног, већ и практичног аспекта.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња Соња Милићевић, дипл.инж.тех., до сада је, као аутор и коаутор, објавила и саопштила следеће радове који укључују резултате произаше из рада на овој Дисертацији:

##### **M21**

[1] **Sonja Milićević**, Tamara Boljanac, Sanja Martinović, Milica Vlahović, Vladan Milošević, Biljana Babić: *Removal of copper from aqueous solutions by low cost adsorbent-Kolubara lignite*, Fuel Processing Technology, 95, 1-7, 2012 ISSN: 0378-3820 (IF 2.186)

##### **M23**

[1] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Dragan Povrenović, Jovica Stojanović, Sanja Martinović, Biljana Babić, *Removal of heavy metals from aqueous solution by using natural and Fe(III) oxyhydroxide clinoptilolite*, Clays and Clay minerals, 61 (6), 508-517, 2013, ISSN: 0009-8604 (IF 1.398)

##### **[M33]**

[1] **Sonja Milićević**, Aleksandra Daković, Vladan Milošević, Tanja Stanić, Srđan Matijašević, *Removal of copper by natural zeolite*, 9<sup>th</sup> Intern.Conf. on Fundam.and Appl.Aspects of Physical Chemistry, Serbia, Belgrade, September 2008., Vol. II, 683-685

[2] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Milan Kragović, Srdjan Matijašević: *Comparative study of copper and zinc uptake by natural and iron modified zeolites*, 10th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 21-24, 2010, Belgrade, Serbia, Volumen II, 426-428

- [3] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Ljubiša Andrić, Dragan Povrenović, Jovica Stojanović, *Diversity in physical-chemical and sorption properties of zeolites from different locality*, BMPC 2011, June 2011, Tuzla, Bosni and Herzegovina, 354-358
- [4] Sanja Martinovic, Milica Vlahovic, Tamara Boljanac, **Sonja Milićević**, Vladan Milosevic, *Removal of copper from aqueous solutions by low cost adsorbent-lignite: influence of pH and contact time*, 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy, October 12-15, 2011, Kladovo, Serbia, 358-361
- [5] Milica Vlahovic, Sanja Martinovic, Tamara Boljanac, **Sonja Milićević**, Vladan Milosevic, *Influence of adsorbent amount and initial solution concentration on copper removal*, 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy, October 12-15, 2011, Kladovo, Serbia, 361-365
- [6] **Sonja Milićević**, dr Vladan Milošević, Prof. dr Dragan Povrenovic, dr Sanja Martinović, mr Milica Vlahović, Tamara Boljanac, *Hydrophobization of the mineral surface*, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, 1-3 October 2012, Bor, Serbia, 643-648
- [7] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Milica Vlahović, Sanja Martinović, Dragan Povrenović *Concentration method for the mining wastewater – valorization of the copper*, International Science Conference Reporting for Sustainability, 7-10<sup>th</sup> May 2013., Becici, Montenegro, 431-435
- [8] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Dragan Povrenović, Dušica Vučinić, Vladimir Pavićević, Jelena Čarapić, *Modification of the aluminosilicates surface*, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, 1-3 October 2012, Bor, Serbia, 187-190
- [9] **Sonja Milićević**, Dragan Povrenović, Vladimir Adamović, Ivana Jovanović, *Zeolite-Benefits and disadvantages of using it in a real wastewater treatment*, 45<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, 16-19 October 2013., Bor Lake, Bor, Serbia, 451-454
- [10] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Ivana Jovanović, Jelena Čarapić, *Hydrophobization of the aluminosilicates – efficient adsorbent for organic compounds*, 8th Symposium Recycling technologies and sustainable development, 3.-5. July 2013., Bor Lake, Serbia, 183-190
- [11] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Ljubiša Andrić, Jelena Avdalović, Vladimir Adamović, *Examination of copper ions adsorption on different types of zeolites*, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, 1-3 October 2012, Bor, Serbia, 629-932

### M53

- [1] **Sonja Milićević**, Aleksandra Daković, Vladan Milošević, Ana Stojanović, Tanja Stanić: *Adsorpcija Cu(II) jona na prirodnom zeolitskom tufu*, Voda i sanitarna tehnika, 38(2), 67-70, 2008

[2] **Sonja Milićević**, Aleksandra Daković, Vladan Milošević, Milan Kragović, Srđan Matijašević, *Sorpcija bakra na prirodnom i modifikovanom zeolitu*, Reciklaža i održivi razvoj, 1,(2), 19-25, 2009

### **M63**

[1] **Sonja Milićević**, Jovan Lemić, Tanja Stanić, Dragana Kovačević, Miodrag Gajić: *Organomineralne gline kao adsorbenti organskih zagađivača*, I Simpozijum "Reciklažne tehnologije i održivi razvoj", Soko banja, Srbija, Novembar 2006, 323-328, 2006.

[2] **Sonja Milićević**, Aleksandra Daković, Vladan Milošević, Tanja Stanić, Milan Kragović: *Ispitivanje adsorpcije bakra na klinoptilolitu*, III Simpozijum "Reciklažne tehnologije i održivi razvoj", Sokobanja, Srbija, Oktobar 2008, 379-383

[3] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Vladimir Pavićević, Dragan Povrenović, *Uticaj pH sredine na adsorpciju jona bakra iz rudničkih otpadnih voda*, Kvalitet vode u sistemima vodovoda i vode u industriji, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, (2012), 149-154.

[4] **Sonja Milićević**, Vladan Milošević, Vladimir Pavićević, Dušica Vučinić, Dragan Povrenović, *Hidrofobizacija različitih tipova alumosilikata za primenu u prečišćavanju industrijskih otpadnih voda*, Kvalitet vode u sistemima vodovoda i vode u industriji, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd, (2012), 155-162.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Предметна докторска дисертација представља значајан и оригиналан научни допринос, а што је потврђено публикавањем делова дисертације у виду једног рада у истакнутом међународном часопису, једног рада у међународном часопису, и кроз саопштења на домаћим и међународним скуповима, штампаним у целини. Кандидат Соња Милићевић је показала изражену самосталност и потребне вештине у изради докторске дисертације и поседује све неопходне способности за бављење научноистраживачким радом. Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **Адсорпција јона бакра из рудничких отпадних вода на различитим минералним адсорбентима** кандидата **Соње Милићевић** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
Проф. др Драган Повреновић  
Универзитет у Београду,  
Технолошко-металуршки факултет

.....  
Проф. др Невенка Рајић  
Универзитет у Београду,  
Технолошко-металуршки факултет

.....  
Др Владан Милошевић  
Институт за технологију нуклеарних и  
других минералних сировина