

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Сандре Петковић, мастер физикохемичара

На II редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, одржаној 13.11.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Сандре Петковић, мастер физикохемичара под насловом: „**Кинетика адсорпционог и хидродинамичког кавитационог уклањања фенола из отпадних вода**“.

Израда докторске дисертације кандидаткиње Сандре Петковић под наведеним насловом одобрена је на XI редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију, одржаној 06. 09. 2018. године (број одлуке: 1151/2). На основу те одлуке, Веће научних области природних наука Универзитета у Београду на својој XVIII седници, одржаној 20. 09. 2018. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Пошто смо прегледали поднети материјал и анализирали докторску дисертацију кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

A. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Сандре Петковић, мастер физикохемичара, написана је на 110 страна куцаног текста, у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Докторска дисертација садржи 7 поглавља: **Увод** (1 страна), **Општи део** (29 страна): *Физичко хемијска својства фенола, примена и значај* (1 страна), *Адсорпција фенола из отпадних вода* (2 стране), *Зеолити* (7 страна), *Кинетика адсорпције из раствора на чврстом адсорбенсу* (7 страна), *Основе процеса хидродинамичке кавитације* (6 страна), *Уклањање фенола из отпадних вода хидродинамичком кавитацијом* (6 страна), **Експериментални део** (9 страна): *Материјали* (1 страна), *Методе* (3 стране), *Хидродинамички кавитациони уређај* (5 страна), **Резултати и дискусија** (28 страна): *Кинетика адсорпције фенола на зеолиту типа силикалит* (10 страна), *Хидродинамичко кавитационо уклањање фенола кавитатором типа - плоча са отворима* (10 страна), *Хидродинамичко кавитационо уклањање фенола кавитатором*

Вентуријевог типа (8 страна), **Закључак** (2 стране), **Литература** (103 литературних навода, 10 страна), **Биографија** (3 стране) у коме су наведени Објављени радови у оквиру тезе. Дисертација садржи и: Насловну страну на српском језику, Насловну страну на енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима Комисије, Захвалницу, Резиме на српском језику, Резиме на енглеском језику, Садржај и Прилоге прописане правилима Универзитета о подношењу докторске дисертације на одобравање.

Дисертација садржи 46 слике (27 слика представљају оригиналне резултате кандидата, 19 слике доступно у научној литератури) и 15 табела (12 табела представљају оригиналне резултате кандидата, 3 табеле модификоване према постојећој научној литератури).

Поглавље 1. Увод (1 страна)

У уводном делу делу ове дисертације дате су основне информације о: фенолу као полутанту у индустријским отпадним водама, развијеним технолошким поступцима за уклањање фенола из отпадних вода, хидродинамичкој кавитацији као иновативној еколошки прихватљивој технологији за уклањање фенола и дефинисани су основни научни циљеви дисертације:

- Синтеза новог адсорбента - зеолита типа силикалит;
- Физичко хемијска карактеризација зеолита типа силикалит;
- Експериментално одређивање изотермних кинетичких кривих адсорпције фенола;
- Математичко моделовање кинетике адсорпције фенола литературно познатим кинетичким моделима;
- Развој новог модела кинетике адсорпције фенола из воденог раствора на зеолиту типа силикалит;
- Моделовање кинетике адсорпције фенола на силикалиту;
- Развој (конструкција и израда) нових хидродинамичких кавитационих (ХДК) уређаја за уклањање фенола из водених раствора;
- Примена ХДК уређаја: кавитатора типа - плоча са отворима и кавитатора Вентуријевог типа за уклањање фенола;
- Утврђивање утицаја процесних параметара хидродинамичког кавитационог процеса на степен уклањања фенола.

Поглавље 2. Општи део (29 страна, 18 слика, 2 табеле)

Поглавље Општи део подељено је на шест потпоглавља. У првом потпоглављу детаљно су описана: физичко хемијска својства фенола, основне примене фенола и утицај фенола на људско здравље.

Литературни преглед испитивања кинетике адсорпције фенола из водених раствора на најчешће коришћеним адсорбентима: активном угљу, глинама, зеолитском туфу и зеолитима типа X и ZIF 67 и силикалиту дат је у другом потпоглављу.

У трећем потпоглављу приказана су основна структурна и адсорпциона својства силикалита.

Литературни преглед модела за описивање кинетике адсорпције дат је у четвртом потпоглављу. Методе за утврђивање математичког модела кинетике адсорпције: single-step апроксимација, метода уклапања у реакционе моделе, диференцијални изокинетички метод приказани су такође у четвртом потпоглављу.

У петом потпоглављу изложена су основна теоријска знања о хидродинамичкој кавитацији и ефектима хидродинамичке кавитације на хемијске реакције и физичко хемијске процесе.

У шестом потпоглављу изложен је литературни преглед уклањања фенола из отпадних вода хидродинамичком кавитацијом.

Поглавље 3. Експериментални део (9 страна, 4 слика, 4 табеле)

Физичко хемијска својства фенола, супстанци и материјала који су коришћени у овој дисертацији дати су у првом потпоглављу овог дела дисертације.

У другом потпоглављу приказане су методе за: синтезу и физичко хемијску карактеризацију зеолита типа силикалит, експериментално праћење кинетике адсорпције фенола из водених раствора, одређивање концентрације фенола, одређивање степена адсорпције, одређивање зависности енергије активације од степена адсорпције.

Детаљан опис конструкције хидродинамичких кавитационих уређаја (кавитатор типа плоча са отворима и кавитатор Вентуријевог типа), методе за: одређивање кавитационог броја уређаја, броја пролаза флуида кроз кавитатор, кавитационог приноса и степен уклањања фенола описани су у трећем потпоглављу.

Поглавље 4. Резултати и дискусија (28 страна, 24 слике, 6 табела)

Поглавље резултати и дискусија подељено је на три потпоглавља.

У првом потпоглављу приказане су:

- а) кинетичке криве изотермне адсорпције фенола из водених раствора на зеолиту типа силикалит на температурама у опсегу од 283 К до 313 К;
- б) испитана је могућност математичког описивања кинетике изотерме адсорпције фенола кинетичким моделима: хемијске реакције првог и другог реда и моделом једнодимензионалне дифузије;
- в) крива зависности енергије активације од степена адсорпције одређена изоконверзионом методом;
- г) утврђен је кинетички модел изотермне адсорпције фенола из водених раствора на зеолиту типа силикалит, методом „уклапања у реакционе кинетичке моделе“;
- д) израчунате су вредности кинетичких параметара адсорпције фенола (енергија активације (E_a), и предекспоненцијални фактор ($\ln A$)) термодинамичких параметара адсорпције (ΔH^* , ΔS^* и ΔG^*).

На основу приказаних резултата закључено је:

- 1) адсорпција фенола је спонтан, егзотерман и термички активирани процес;
- 2) изотермна кинетика адсорпције фенола не може се описати најчешће коришћеним кинетичким моделима за описивање кинетике адсорпције из раствора;
- 3) адсорпција фенола из воденог раствора је кинетички елементарна реакција са јединственим вредностима кинетичких и термодинамичких параметара;
- 4) изотермна кинетика адсорпције фенола на силикалиту у потпуности се може описати кинетичким моделом који је развијен за реакције контролисане брзином померања граничне фазе интеракције (R2 модел);
- 5) на основу утврђеног кинетичког модела адсорпције постављен је нови модел механизма адсорпције органским полутаната из водених раствора на зеолитима (слој по слој) и нови механизам кинетике адсорпције (померање граничне фазе интеракције);
- 6) објашњен је физички смисао константе брзине адсорпције и њене зависности од типа и структуре зеолита;

У другом делу потпоглављу овог дела дисертације приказане су:

- а) хидрауличне карактеристике кавитационог уређаја типа - плоча са отворима;
- б) зависност кавитационог броја кавитатора (Kb) од улазног притиска (P_1);
- в) утврђени су, методом независне промене вредности једне варијабле, утицај оперативних параметара хидродинамичке кавитационе технологије (почетна

концентрација фенола (C_0), pH вредност, температура (T), време трајања кавитације (t) на степен уклањања фенола из водених раствора;

г) утврђени су утицаји оперативних параметара хидродинамичке кавитационе технологије (C_0 , pH , T , t), на степен уклањања фенола из водених раствора са одређеном концентрацијом водоник пероксида ($c_{H_2O_2}$);

д) утицај геометријског параметра β кавитационог уређаја на вредност кавитационог броја (Kb).

На основу приказаних резултата констатовано је да:

- 1) кавитатор типа плоча са отворима стабилно ради при вредностима улазног притиска $20 \leq P_1 \leq 80 \text{ atm}$;
- 2) вредност кавитационог броја кавитатора нелинеарно опада са повећањем вредности P_1 ;
- 3) повећање вредности параметра β доводи до нелинеарног опадања кавитационог броја (Kb);
- 4) степен уклањања фенола при константним вредностима других оперативних параметара расте са порастом вредности броја пролаза раствора фенола кроз кавитациони уређај и температуре а опада са продужењем времена кавитације, pH вредности и почетне концентрације фенола;
- 5) максимални степен уклањања фенола без додавања других хемикалија (водоник пероксида) је 25%;
- 6) повећање концентрације водоник пероксида ($c_{H_2O_2}$) $\geq 100 \text{ mgL}^{-1}$ у воденом раствору доводи до значајног повећања степена уклањања фенола.

Утврђено повећање степена уклањања фенола са смањењем вредности Kb односно са повећањем вредности t објашњено је повећањем: а) броја и концентрације кавитационих мехурова, б) брзине њиховог колапса, в) броја и концентрације формираних $OH\cdot$ радикала до којих долази при смањењу вредности Kb и повећањем вредности t . Утицај pH вредности раствора на степен уклањања фенола објашњен је постојањем различитих облика фенолних врста (молекулски облик фенола и фенолатни јон) у раствору при различитим вредностима pH и њиховој различитој способности да се концентрују на граничној фази вода- кавитациони мехур. Повећањем степена уклањања фенола са повећањем концентрације водоник пероксида у раствору последица је повећања концентрације $OH\cdot$ радикала у раствору.

У трећем потпоглављу приказане су:

- а) хидрауличне карактеристике кавитационог уређаја Вентуријевог типа;
- б) зависност Kb од P_1 ;
- в) утврђени су, методом независне промене вредности једне варијабле, утицаји операционих параметара хидродинамичке кавитационе технологије (C_0 , pH , T , t , $c_{H_2O_2}$) на степен уклањања фенола из водених раствора.

На основу приказаних резултата констатовано је да:

- 1) кавитациони уређај Вентуријевог типа стабилно ради при вредностима улазног притиска $4 \leq P_1 \leq 20$ atm;
- 2) вредност Kb кавитатора Вентуријевог типа нелинеарно опада са повећањем вредности P_1 ;
- 3) степен уклањања фенола при константним вредностима других оперативних параметара расте са порастом вредности времена кавитације раствора фенола кроз кавитациони уређај и температуре, а опада са порастом вредности кавитационог броја уређаја, pH вредности и почетне концентрације фенола;
- 4) максимални степен уклањања фенола без додавања других хемикалија (водоник пероксида) је 48%;
- 5) повећање концентрације водоник пероксида ($c_{H_2O_2}$) ≥ 100 mgL⁻¹ у воденом раствору доводи до значајног повећања степена уклањања фенола;
- б) претпостављена деградациона оксидација изазвана кавитационим ефектима се одвија у складу са једначином $C_6H_5OH + 14H_2O_2 \rightarrow 6CO_2 + 17H_2O$;
- 7) кинетика уклањања фенола из водених раствора у присуству водоник пероксида може се описати кинетичким моделом хемијске реакције првог реда.

Утврђено повећање степена уклањања фенола са смањењем вредности Kb односно са повећањем вредности t објашњено је повећањем: а) броја и концентрације кавитационих мехурова, б) брзине њиховог колапса, в) броја и концентрације формираних $OH\cdot$ радикала до којих долази при смањењу вредности Kb и повећањем вредности t . Утицај pH вредности раствора на степен уклањања фенола објашњен је постојањем различитих облика фенолних врста (молекулски облик фенола и фенолатни јон) у раствору при различитим вредностима pH и њиховој различитој способности да се концентрују на граничној фази вода- кавитациони мехур. Повећањем степена уклањања фенола са повећањем концентрације водоник пероксида у раствору последица је повећања концентрације $OH\cdot$ радикала у раствору.

Поглавље 5. Закључак (2 стране)

У овом поглављу сумирани су закључци изведени на основу резултата приказаних у оквиру ове докторске тезе.

Поглавље 6. Литература (5 страна, 103 литературна навода)

У овом поглављу наведени су сви литературни наводи који су цитирани у тексту, према редоследу појављивања у тексту.

Поглавље 7. Биографија (3 стране)

У овом поглављу наведена је биографија кандидаткиње (1 страна), као и наслови радова који су проистекли из ове докторске тезе (2 стране).

Б. Опис резултата дисертације

На основу приказаних резултата из ове докторске тезе, као и датих објашњења, утврђено је да:

- а) Силикалит селективно адсорбује фенол из водених раствора;
- б) адсорпција фенола на силикалиту је спонтани, егзотермни, термички активирани процес;
- в) брзина адсорбованог фенола и његова максимална количина расте са порастом температуре;
- г) брзина адсорпције фенола је кинетички ограничена брзином раста адсорпционог слоја;
- д) кинетика адсорпције фенола може се описати теоријским кинетичким моделом реакције контролисане померањем граничне фазе дводимензионалног облика (R2);
- ђ) енергија активације за адсорпцију фенола је независна од степена адсорпције фенола;
- е) предложен је нови модел за кинетику адсорпције загађујућих материја из њихових водених раствора на зеолитима;
- ж) ХДК технологија без додатних хемикалија омогућава да се постигне значајан степен уклањања фенола;
- з) повећање температуре и $c(\text{H}_2\text{O}_2)$ као и смањење вредности Kb и pH вредности раствора доводи до повећања степена уклањања фенола;
- и) одређене су вредности оптималних технолошких параметара кавитационог уклањања фенола из отпадних вода;

ј) потпуно уклањање фенола из раствора се постиже у веома кратком временском интервалу за одређени стехиометријски однос H_2O_2 и фенола у реакционом раствору;

к) кинетика уклањања фенола у условима хидродинамичке кавитације за оба типа кавитатора може се описати кинетичким моделом хемијске реакције првог реда у односу на водоник пероксид;

л) израчунати кавитациони принос код кавитатора Вентуријевог типа је већи у односу на вредност добијену за кавитациони принос код кавитатора типа плоча са отвором.

В. Упоредна анализа резултата дисертације са подацима из литературе

Познавање кинетике адсорпционог и хидродинамичког кавитационог уклањања фенола из отпадних вода има изузетан научни и апликациони значај јер омогућава моделирање и оптимизацију технолошких поступака уклањања фенола из отпадних вода. Без обзира на то у научној литератури постоји релативно мали број радова који су посвећени овој проблематици.

Yousef и сарадници испитивали су кинетику адсорпције фенола из водених раствора на зеолитском туфу [R. I., *Yousef*, B.El-Eswed, H. Ala'a, *Adsorption characteristics of natural zeolites as solid adsorbents for phenol removal from aqueous solutions: kinetics, mechanism, and thermodynamics studies. Chemical Engineering Journal*, 171(3) (2011) 1143-1149] и закључили су да се: кинетика адсорпције фенола може математички описати кинетичким моделом хемијске реакције другог реда. Кинетика адсорпције р-нитрофенола на зеолиту типа силикалит-2 испитивана је у раду *Lu* и сарадника [M.Lu, Y. Cheng, S. L.Pan, G. Y. Wei, *Batch adsorption of p-nitrophenol by ZSM-11: equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. Desalination and Water Treatment*, 57(7) (2016) 3029-3036]. На основу добијених резултата аутори су константовали да се кинетика адсорпције р-нитрофенола на силикалиту-2 такође може описати кинетичким моделом хемијске реакције другог реда. *Pan* и сарадници су испитивали кинетику адсорпције фенола из водених раствора на зеолиту типа ZIF-67 и такође закључили да се кинетика адсорпције може описати кинетичким моделом хемијске реакције другог реда [Y.Pan, Z.Li, Z.Zhang, X. S.Tong, H.Li, C. Z.,Jia, D. Y. Ma, *Adsorptive removal of phenol from aqueous solution with zeolitic imidazolate framework-67. Journal of environmental management*, 169 (2016) 167-173]. Насупрот томе, *Linh* и сарадници су након испитивања кинетике адсорпције фенола на зеолитима типа бета и силикалит (HiSiv-3000) [T. N.Linh, H.Fujita, A.Sakoda, *Diffusion of non-volatile phenolic compounds in zeolite beta and silicalite in liquid phase. Adsorption*, 22(7) (2016) 1001-1011] утврдили да је кинетика адсорпције фенола на зеолитима лимитирана унутар честичном дифузијом фенола кроз зеолит.

Chakinala и сарадници [A. G.Chakinala, D. H.Bremner, P. R.Gogate, K. C. Namkung, A. E. Burgess, *Multivariate analysis of phenol mineralisation by combined hydrodynamic cavitation and heterogeneous advanced Fenton processing. Applied Catalysis B: Environmental*, 78(1-2) (2008) 11-18] испитивали су уклањање фенолних једињења из отпадних вода хидродинамичком кавитацијом коришћењем кавитатора типа плоча са отворима у комбинацији са Фентоновим процесом. У раду је испитиван утицај: улазног притиска, концентрације водоник пероксида, почетне концентрације фенола и почетне концентрације гвожђа на степен уклањања фенола. На основу добијених резултата утврђено је да степен уклањања фенола расте са порастом почетног притиска, концентрације водоник пероксида и концентрације гвожђа. Утврђени су оптимални процесни параметри за постизање максималног степена уклањања од 60%.

Утицај различитих оперативних параметара: P_1 (5–20 Мра), C_o (100 mg/l - 500 mg/l), pH (3 -6), $c_{H_2O_2}$ (150-600 mg/l) на степен уклањања фенола хидродинамичком кавитацијом (кавитатор Вентуријевог типа) у комбинацији са додатком водоник пероксида приказан је у раду *Yiyu* и сарадника [L.U. Yiyu, L. I. U.Yong, X. I. A.Binwei, Z. U. O. Weiqin, *Phenol oxidation by combined cavitation water jet and hydrogen peroxide. Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(4) (2012) 760-767]. Аутори су закључили да су оптимални услови за уклањање фенола почетне концентрације 100 mg/l када је pH вредност раствора 3, почетна концентрација H_2O_2 300 mg/l, улазни притисак 20 Мра. Добијен степен уклањања при овим условима је 99,85%. На основу утврђених резултата аутори су поставили кинетички модел оксидације фенола у условима хидродинамичке кавитације у комбинацији у присуству водоник пероксида.

Wu и сарадници испитивали су утицај оперативних параметара: P_1 (0,1–0,35 Мра), $c_{H_2O_2}$ (100-300 mg/l), присуство растворених гасова и катализатора (CuO, Fe, и TiO₂), геометрију отвора на степен уклањања фенола из водених раствора коришћењем кавитатора типа плоча са отворима. На основу добијених резултата слично са *Chakinal-ом* утврдили су да: а) са повећањем улазног притиска степен уклањања фенола расте (17,6 % до 46%), б) је оптимална концентрација водоник пероксида 100 mg/L, в) додавањем катализатора CuO и Fe повећава степен уклањања фенола, г) геометријске карактеристике кавитатора имају значајан утицај на остварени степен уклањања фенола [C. D. Wu, Z. L.Zhang, Y.Wu, L.Wang, L. J. Chen, *Effects of operating parameters and additives on degradation of phenol in water by the combination of H₂O₂ and hydrodynamic cavitation. Desalination and Water Treatment*, 53(2) (2015) 462-468].

Ефикасност деградације органских једињења: сумпорних једињења, нитро деривата бензена, ВТЕХ-а, фенола и његових деривата коришћењем хидродинамичке и акустичне кавитације у комбинацији са додатим оксидационим средствима (водоник пероксидом H_2O_2 , озонем O_3 и пероксоном ($O_3 + H_2O_2$)) испитивана је у раду *Gagol* и сарадника [M.Gagol, A., Przyjazny, G.Boczka, *Highly effective degradation of selected groups of organic compounds by cavitation based AOPs under basic pH conditions. Ultrasonics sonochemistry*, 45

(2018) 257-266]. Максималан степен уклањања испитиваних једињења од 100%, за временски период од 60 минута добијен је коришћењем хидродинамичке или акустичне кавитације у комбинацији са пероксоном ($O_3 + H_2O_2$). Комбинацијом хидродинамичке или акустичне кавитације у комбинацији са додатим водоник пероксидом H_2O_2 остварен је степен уклањања већи од 90% за време од 180 минута за сва испитивана једињења осим 2-нитрофенола.

Г. Научни радови и саопштења објављени из резултата дисертације

Кандидаткиња Сандра Петковић из резултата дисертације објавила је 1 рад у истакнутом међународном часопису (M22) на коме је првопотписани аутор и 2 рада у међународним часописима (M23) на којима је првопотписани и трећепотписани аутор, као и 3 саопштења на скуповима од међународног значаја штампана у целини (M33) и 3 саопштења на научним скуповима националног значаја штампана у изводу. На саопштењима кандидаткиња је првопотписани и другопотписани аутор.

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, A novel advanced technology for removal of phenol from wastewaters in a Venturi reactor, Thermal Science (2019) 23 (3) 1935-1942 <https://doi.org/10.2298/TSCII171219202P>

Радови у међународним часописима (M23)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, Novel kinetics model for adsorption of pollutant from wastewaters onto zeolites. Kinetics of phenol adsorption on zeolite type silicalite, Adsorption Science and Technology, 37 (3-4) (2019) 349-364. doi:10.1177/0263617419833201.

2. B.K. Adnađević, J.D. Jovanovic, **S.D. Petkovic**, D.P.Rankovic, Removal of diuron from waste waters by hydrodynamic cavitation, Russian Journal of Physical Chemistry A, (2019) 93 (13) 2650-2655. doi:10.1134/S003602441913003X

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

1. **S. Petkovic**, J. Jovanovic, B. Adnadjevic, M.Gigov, Hydrodynamic cavitation method for herbicide removal. An example: Diuron, 17th International Conference On Chemistry And

The Environment – ICCE2019, 16-20 June 2019, Thessaloniki, Greece, Conference Proceedings, pp.793-795.

2. J.Jovanović, **S. Petković**, M.Gigov, B.Adnađević, The effects of H₂O₂ on cavitation purification of waste waters from phenol, I International symposium Mining and geology today, September 18, 2017, Belgrade Serbia, pp.306-315, doi:10.25075/SI.2017.30

3. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, M.Gigov, A novel advanced technology for removal of phenol from wastewaters in a venturi reactor, VI Regional Conference: Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries June 21-24. 2017., Zlatibor, Serbia, pp. 43, Proceedings ISBN 978-86-7877-028-9

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, M.Gigov, M.Pavlović, "Application of a Venturi reactor for cavitation purification process of wastewaters from phenol", 8. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Kruševac, 30.maj - 1. jun, 2018, Knjiga izvoda, pp 125-126. ISBN: 978-86-7132-068-9 Srpsko hemijsko društvo

2. B.Adnađević, M.Gigov, **S. Petković**, J. Jovanović, "Hydrodynamic cavitation method for removal of phenol from wastewaters", 7. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Palić, 09 - 12. jun, 2015, Knjiga izvoda, pp 309. ISBN: 978-86-7132-058-0 Srpsko hemijsko društvo

3. **S. Petković**, M. Gigov, B.Adnađević, J. Jovanović, "Kinetika adsorpcionog odstranjivanja fenola iz otpadnih voda", 7. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Palić, 09 - 12. jun, 2015, Knjiga izvoda, pp 391-392. ISBN: 978-86-7132-058-0 Srpsko hemijsko društvo

Д. Закључак Комисије

На основу презентованих резултата у дисертацији и датих оцена о њима у овом Извештају, Комисија је закључила да су резултати кандидаткиње Сандре Петковић, мастер физикохемичара, приказани у оквиру докторске дисертације, оригинални и да ће имати значајан научни допринос у области физичке хемије агрегатних стања и области контрола и заштита животне средине. Део резултата ове докторске дисертације објављен је у виду једног рада у истакнутом међународном часопису (М22) и два рада у међународним часописима (М23). Резултати докторске дисертације су такође објављени и у виду три саопштења са међународних скупова која су штампана у целини (М33) и три саопштења са научних скупова националног значаја штампана у изводу (М64).

На основу свега изложеног, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње Сандре Петковић, мастер физикохемичара под насловом:

„Кинетика адсорпционог и хидродинамичког кавитационог уклањања фенола из отпадних вода“

и предлаже Наставно-научном већу Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду да дисертацију прихвати и одобри њену јавну одбрану, чиме би били испуњени сви услови да кандидат стекне звање доктор физикохемијских наука.

Београд, 23.12.2019. године

Чланови комисије:

Др Боривој Аднађевић, редовни професор
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

Др Јелена Јовановић, научни саветник
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

Др Драгомир Станисављевић, редовни професор
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

Др Маја Милојевић-Ракић, доцент
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

Др Драган Манојловић, редовни професор
Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Прилог 1- Оцена Извештаја о провери оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације **„Кинетика адсорпционог и хидродинамичког кавитационог уклањања фенола из отпадних вода“**, аутора Сандре Петковић, констатујем да утврђено подударње текста износи 6 (шест) %. Овај степен подударности последица је: цитата, личних имена, назива институција, опште прихваћених појмова и речи, изјава, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандкињиних истраживања, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. Искључењем општих места и података, публикованих резултата, литературних података публикованих радова из текста дисертације, што омогућава програм iThenticate утврђено подударње текста износи <1%.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Београд, 10.12.2019. године

Ментор

др Боривој Аднађевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију

Прилог 2-Библиографија кандидата

БИБЛИОГРАФИЈА:

Радови у истакнутим међународним часописима (M22)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, A novel advanced technology for removal of phenol from wastewaters in a Venturi reactor, Thermal Science (2019) 23 (3) 1935-1942 <https://doi.org/10.2298/TSCI171219202P>

Радови у међународним часописима (M23)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, Novel kinetics model for adsorption of pollutant from wastewaters onto zeolites. Kinetics of phenol adsorption on zeolite type silicalite, Adsorption Science and Technology, 37 (3-4) (2019) 349-364. doi:10.1177/0263617419833201.
2. B.K. Adnađević, J.D. Jovanovic, **S.D. Petkovic**, D.P.Rankovic, Removal of diuron from waste waters by hydrodynamic cavitation, Russian Journal of Physical Chemistry A, (2019) 93 (13) 2650-2655. ISSN 0036-0244

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

1. Andjelic L., Andjelic N., Jacimovic N., **Petkovic S.**, Pavlovic M., Vlajic D., Urban Rainwater Harvesting System: Possible Application for Car Washing, 11th Eastern European Young Water Professionals Conference, 01.-05. October 2019, Prague, Czech Republic, Proceedings ISBN 978-80-7592-054-6
2. J. Jovanovic, A. Bubanja, **S. Petkovic**, B. Adnadjevic, Hydrodynamic cavitation extractive desulfurization of pyrolysis tire oil with deep eutectic solvent, 17th International Conference On Chemistry And The Environment – ICCE2019, 16-20 June 2019, Thessaloniki, Greece, Conference Proceedings, pp.146-148.
3. **S. Petkovic**, J. Jovanovic, B. Adnadjevic, M.Gigov, Hydrodynamic cavitation method for herbicide removal. An example: Diuron, 17th International Conference On Chemistry And The Environment – ICCE2019, 16-20 June 2019, Thessaloniki, Greece, Conference Proceedings, pp.793-795.
4. **S. Petković**, D.Ranković, J.Jovanović, B.Adnađević, Kinetics of removal of diuron from water solutions by hydrodynamic cavitation, II International symposium Mining and geology today, December 4, 2018, Belgrade Serbia, pp.265-274, doi:10.25075/SI.2018.30
5. B. Adnađević, J. Jovanović, D.Ranković, S. Salvestrini, **S. Petković**, Removal of diuron from waste waters by hydrodynamic cavitation, The 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade Serbia, 24-28 September 2018, Vol II, Proceedings p. 805-808.
6. L. Andjelic, **S. Petkovic**, M. Pavlovic, D. Vlajic, I. Simovic, Alternative Solution of Water Treatment from Mine Lece, Medvedja, Serbia, 9th Eastern European Young Water

Professionals Conference, 24.-27. May 2017 Budapest, Hungary, Proceedings ISBN 978-963-313-256-2

7. J.Jovanović, **S. Petković**, M.Gigov, B.Adnađević, The effects of H₂O₂ on cavitation purification of waste waters from phenol, I International symposium Mining and geology today, September 18, 2017, Belgrade Serbia, pp.306-315, doi:10.25075/SI.2017.30
8. M.Pavlović, M.Gigov, **S.Petković**, M.Sofrenić, Calibration and validation of dust automated measuring system in tpp “Nikola Tesla B” on unit B1 – five years of implementation of EN 14181, VI Regional Conference: Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries, June 21-24. 2017., Zlatibor, Serbia, pp. 40, Proceedings ISBN 978-86-7877-028-9
9. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, M.Gigov, A novel advanced technology for removal of phenol from wastewaters in a venturi reactor, VI Regional Conference: Industrial Energy and Environmental Protection in South Eastern European Countries June 21-24. 2017., Zlatibor, Serbia, pp. 43, Proceedings ISBN 978-86-7877-028-9
10. Marko Pavlović, Mihajlo Gigov, **Sandra Petković**, Miroslav Sofrenić: Ispitivanje ispravnosti automatskih mernih sistema za kontinualno merenje emisije u TE „Nikola Tesla A“ na bloku A6 u periodu od 2012. do 2016. godine, 30. Međunarodni kongres o procesnoj industriji „Procesing 2017“, 01.06.-02.06.2017., Beograd, Srbija, Zbornik radova ISBN 978-86-81505-83-08, str. 183-190.
11. **S.Petković**, M.Gigov, M.Žarković, J.Đerisilo, M.Krnić, M.Uzelac, "Investigation and evaluation of ambient air quality in Kikinda area", 2nd Symposium with international participation, Sustainable energy, Vrnjačka banja, Serbia, 22 – 23 March 2017, pp. 129-137, ISBN 978-86-80464-05-3
12. **S.Petković**, M.Gigov, S.Cojić, J.Đerisilo, M.Žarković, M.Pavlović, "Analysis of PM₁₀ in plant Kolubara Veliki Crljeni area on the basis of long-term measurements", 2nd Symposium with international participation, Sustainable energy, Vrnjačka banja, Serbia, 22 – 23 March 2017, pp. 138-144, ISBN 978-86-80464-05-3
13. M.Pavlović, **S.Petković**, M.Sofrenić, "Analysis of lignite from Kolubara and Kostolac basins in thermal power plants-the determination of the moisture content in coal and flue gas", 2nd Symposium with international participation, Sustainable energy, Vrnjačka banja, Serbia, 22 – 23 March 2017, pp. 109-116, ISBN 978-86-80464-05-3
14. M.Pavlović, **S.Petković**, M.Gojak, M.Gigov, V.Andelković, L.Andelić, "Determination of the water vapor content in flue gas – standard reference method and material balance method", 47th International Congress and Exhibition on Heating, Refrigeration and Air Conditioning (KGH), Belgrade, Serbia, 30 November – 2 December 2016, pp. 625-633, ISBN 978-86-81505-82-3
15. Lj.M. Ignjatović, A. Tasić, **S. Petković**, I. Sredović Ignjatović, „The adsorption of phenol by macroporous polymeric adsorbents“, IV International Congress: Engineering, Environment and Materials in processing industry“, March 4-6, 2015, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, Book of Abstracts, p. 1178-1186. doi: 10.7251/EEMEN15011178I

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

1. Jelena Jovanovic, Borivoj Adnadjevic, **Sandra Petkovic**, Branislav Stankovic, Radmila Tomovska, The effect of drying mode on the kinetics of thermal degradation of graphene

oxide/OH-functionalised poly (butylacrylate-co-methylmethacrylate) composite, 5th Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry (CEEC-TAC5) and 14th Mediterranean Conference on Calorimetry and Thermal Analysis (Medicta2019), 27-30 August 2019 Roma Italy, Book of Abstracts, PS3.064, p462, ISBN 978-3-940237-59-0.

2. Guo Chen, Jin Chen, Mihajlo Gigov, Jelena Jovanovic, **Sandra Petkovic**, Branislav Stankovic, "Prepared synthetic rutile from sulphate titanium slag using microwave heating" "The Fifth Serbian Ceramics Society Conference - ADVANCED CERAMICS AND APPLICATIONS V", Serbian Academy of Science and Arts, Knez Mihailova 35, Belgrade, 21-23 September 2016, Program and the Book of Abstracts, P16. p60.
3. Lj. Ignjatović, **S. Petković**, A. Tasić, M. Milenković, S. Stanišić, „Adsorption of herbicide nicosulfuron on activated carbon, alumina and silica“, 4th EuCheMS Chemistry Congress, August 26-30, 2012, Prague, Czech Republic, Abstract book, p. 866.

Радови у врхунским часописима националног значаја (M51)

1. Marko Pavlović, **Sandra Petković**, Milan Gojak, Mihajlo Gigov, Veselin Anđelković, Lazar Anđelić, Određivanje sadržaja vlage u otpadnom gasu – standardna referentna metoda i metoda materijalnog bilansa, KGH – Klimatizacija, grejanje, hlađenje, v.46, n.3, p.239-242, sep.2017.ISSN2560-340X, dostupno na:
<https://izdanja.smeits.rs/index.php/kgh/article/view/2891>

Радови у часописима националног значаја (M53)

1. Marko Pavlović, Mihajlo Gigov, **Sandra Petković**, Miroslav Sofrenić, Ispitivanje ispravnosti automatskih mernih sistema za kontinualno merenje emisije u TE „Nikola Tesla A“ na bloku A6 u periodu od 2012. do 2016. godine, Procesna tehnika, v.29, n.2, p.18-22, dec. 2017. ISSN 2217-2319, doi: <https://doi.org/10.24094/ptc.017.29.2.18>

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M64)

1. **S. Petković**, B.Adnađević, J.Jovanović, M.Gigov, M.Pavlović, "Application of a Venturi reactor for cavitation purification process of wastewaters from phenol", 8. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Kruševac, 30.maj - 1. jun, 2018, Knjiga izvoda, pp 125-126. ISBN: 978-86-7132-068-9 Srpsko hemijsko društvo
2. J.Jovanović, M.Gigov, **S. Petković**, B.Adnađević, "Motor oil removal from self-assembled 3D-reduced graphene oxide", 8. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Kruševac, 30.maj - 1. jun, 2018, Knjiga izvoda, pp 127-128. ISBN: 978-86-7132-068-9 Srpsko hemijsko društvo
3. M.Pavlović, M.Gigov, **S. Petković**, M.Sofrenić, "Continuous emission monitoring from coal-fired power plants according to EN14181", 8. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Kruševac, 30.maj - 1. jun, 2018, Knjiga izvoda, pp 213-214. ISBN: 978-86-7132-068-9 Srpsko hemijsko društvo
4. B.Adnađević, M.Gigov, **S. Petković**, J. Jovanović, "Hydrodynamic cavitation method for removal of phenol from wastewaters", 7. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa

međunarodnim učešćem, Palić, 09 - 12. jun, 2015, Knjiga izvoda, pp 309. ISBN: 978-86-7132-058-0 Srpsko hemijsko društvo

5. **S. Petković**, M. Gigov, B.Adnađević, J. Jovanović, "Kinetika adsorpcionog odstranjivanja fenola iz otpadnih voda", 7. Simpozijum-Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Palić, 09 - 12. jun, 2015, Knjiga izvoda, pp 391-392. ISBN: 978-86-7132-058-0 Srpsko hemijsko društvo
6. **S. Petković**, LJ. Ignjatović, A. Tasić, „Studija adsorpcije herbicida iz grupe sulfonilurea na aktivnom uglju“, 6. simpozijum „Hemija i zaštita životne sredine EnviroChem 2013“ sa međunarodnim učešćem, 21-24. maj 2013, Vršac, Knjiga izvoda, pp 274-275. ISBN:978-86-7132-052-8
7. A.Tasić, LJ.Ignjatović, **S.Petković**, S.Popov, M.Antić, „Interakcija između poli(vinilpirolidona) i Pb^{2+} -jona“, 6. simpozijum „Hemija i zaštita životne sredine EnviroChem 2013“ sa međunarodnim učešćem, 21-24. maj 2013, Vršac, Knjiga izvoda, pp 272-273. ISBN:978-86-7132-052-8

Ново техничко решење (метода) примењено на националном нивоу (M82)

1. Mihajlo Gigov, Milinko Radosavljević, Dragica Kisić, Marko Pavlović, **Sandra Petković**: Tehničko rešenje: Razvoj metode za određivanje specifičnog električnog otpora elektrofilterskog pepela nastalog pri sagorevanju uglja, Rudarski institut d.o.o. Beograd, 2016.god.