

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/414
(Број захтева)

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

10.01.2020.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

„Модификација, карактеризација и примена адсорбената на бази гљиве *Handkea utriformis* за уклањање јона метала из воде“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

ДРАГАНА (Лазар) МИЛОШЕВИЋ, мастер инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

3. Година дипломирања: 2013.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

5. Година дипломирања: 2014.

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2014/2015. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 24.12.2019. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Драгану Милошевић

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 (2008) = 1,085; ISSN 0733-9372)
3. 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).
4. 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(2011) = 3,461; ISSN 1385-8947).
5. 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 (2012) = 1,950; ISSN 0255-2701).
6. V. Nikolić, M. Komljenović, N. Marjanović, Z. Bašćarević, **R. Petrović**, Lead immobilization by geopolymers based on mechanically activated fly ash, *Ceramic International*, 40 (2014) 8479-8488 (IF (2014) = 2,605; ISSN 0272-8842).
7. M. T. Mihajlović, S. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, J. Kovač, B. M. Jokić, Dj. T. Janačković, **R. D. Petrović**, Kinetics, thermodynamics, and structural investigations on the removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} , and Zn^{2+} from multicomponent solutions onto natural and Fe(III)-modified zeolites, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17 (2015) 407-419 (IF (2016) = 3,331; ISSN 1618-954X).
8. A. B. Savić, Dj. Čokeša, S. Lazarević, B. Jokić, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Lj. S. Živković, Tailoring of magnetite powder properties for enhanced phosphate removal: Effect of PEG addition in the synthesis process, *Powder Technology* 301 (2016) 511–519 (IF(2016) = 2,942; ISSN 0032-5910).

9. A. A. Ahribesh, S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Jokić, V. Spasojević, T. Radetić, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Influence of the synthesis parameters on the properties of the sepiolite-based magnetic adsorbents, *Powder Technology*, 305 (2017) 260-269 (IF(2017) = 3,230; ISSN 0032-5910).
10. A. J. Habish, S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Jokić, J. Kovač, J. Rogan, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Nanoscale zerovalent iron (nZVI) supported by natural and acid-activated sepiolites: the effect of the nZVI/support ratio on the composite properties and Cd²⁺ adsorption, *Environmental Science and Pollution Research*, 24 (2017) 628–643 (IF(2017) = 2,800; ISSN 0944-1344).

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 односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 16. 12. 2019.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 31. и 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 24.12.2019. године, донета је

О Д Л У К А

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

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Драгане Милошевић**, број индекса 4009/2014, под називом: **„Модификација, карактеризација и примена адсорбената на бази гљиве *Handkea utriformis* за уклањање јона метала из воде“**.

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

За ментора се одређује др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Драгане Милошевић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/397 од 01.11.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Драгане Милошевић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: „**Модификација, карактеризација и примена адсорбената на бази гљиве *Handkea utiformis* за уклањање јона метала из воде**“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Драгана (Лазар) Милошевић је рођена 28.12.1986. године у Београду. Основну и средњу Хемијско–прехрамбену технолошку школу завршила је у Београду. Дипломирала је на Технолошко–металуршком факултету у Београду 2013. године (смер: Неорганска хемијска технологија). Тема дипломског рада је била „Одређивање кристализационих карактеристика германатнофосфатног стакла диференцијално–термијском анализом“. Мастер рад под називом: „Примена сепиолита модификованог наночестицама гвожђа за уклањање хрома(VI) из водених раствора“, одбранила је на Технолошко–металуршком факултету у Београду 2014. године (смер: Хемијско инжењерство).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Октобра 2014. године Драгана Милошевић је уписала докторске студије на смеру Хемијско инжењерство. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, укључујући енглески језик и завршни испит, постигавши следећи успех:

Р. бр.	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1.	Хемијска кинетика	10	5
2.	Одабрана поглавља нумеричке анализе	10	5
3.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	9	7
4.	Термодинамика чврстог стања	10	5
5.	Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
6.	Фазне равнотеже у вишекомпонентним системима	10	4
7.	Методе карактеризације керамичких и стакластих материјала	10	4

8.	Теоријски основи керамике и стакла	10	5
9.	Нискотемпературни керамички процеси	10	5
10.	Стакло-керамика	10	5
11.	Завршни испит	10	30
Средња оцена/Укупно		9,91	80

Драгана Милошевић је од фебруара 2017. године запослена у Научној установи Института за хемију, технологију и металургију (НУ ИХТМ)–Институт од националног значаја у Центру за екологију и техноекономику, Универзитета у Београду, као истраживач приправник. Пројекат ОН 176018 на коме је Драгана Милошевић ангажована је из области Геологије и астрономије, под називом: „Геолошка и екотоксиколошка истраживања у идентификацији геопатогених зона токсичних елемената у акумулацијама воде за пиће–истраживање метода и поступака смањивања утицаја биогеохемијских аномалија”, који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, а чији је руководилац др Милка Видовић, научни саветник.

У оквиру Центра за екологију и техноекономику НУ ИХТМ, кандидат ради као аналитичар у Аналитичко–еколошкој лабораторији за испитивање предмета опште употребе и вода. Такође, активно ради на пословима везаним за акредитацију лабораторије по стандарду СРПС ИСО 17025, што подразумева валидације и верификације метода испитивања као и свакодневни рад са реалним узорцима.

Од 2017. године члан је жирија такмичења које организује Регионални центар за таленте под називом „Смотра истраживачких радова ученика средњих школа“ у категорији заштите животне средине.

Област научноистраживачког рада Драгане Милошевић обухвата испитивања, развој и оптимизацију нових адсорбената на бази гљиве *Handkea utiformis* (трбушаста пухара) за примену у уклањању јона метала из водених раствора. Предложена дисертација је усмерена на истраживања којима се површина природног материјала на бази гљиве модификује различитим функционалним групама у циљу добијања адсорбената побољшаних адсорпционих својстава.

Драгана Милошевић је као аутор и коаутор до сада учествовала у изради и публикацији укупно четири рада у категоријама: један рад категорије М23, један рад категорије М24, два рада категорије М51. Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, кандидат је аутор и коаутор тринаест саопштења приказаних на скуповима међународног и националног значаја (М33, М34, М63, М64).

Библиографија научних и стручних радова

Рад у међународном часопису (М23)

1. Budimirović D., Veličković S.Z., Bajić Z., **Milošević L.D.**, Nikolić B.J., Drmanić Ž.S., Marinković D.A.: *Removal of heavy metals from water using multistage functionalized multiwall carbon nanotubes*, – Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 82, No 10, 2017, pp. 1175–1191, ISSN 0352-5139, IF (2017)= 0.797.
<https://doi.org/10.2298/JSC170422066B>

Рад у националном часопису међународног значаја (М24)

1. Rusmirović J., **Milošević D.**, Veličić Z., Karanac M., Kalifa M., Nikolić J., Marinković A.: *Production of rubber plasticizers based on waste pet: techno economic aspect*, – Journal Materials Protection, Vol 58, No 2, 2017, pp. 189–197, ISSN 0351-9465
[DOI: 10.5937/ZasMat1702189R](https://doi.org/10.5937/ZasMat1702189R)

Рад у врхунском часопису националног значаја (M51)

1. **Milošević L.D.**, Ignjatović L.N., Uskoković P.D.: *Multifunkcionalni i hibridni sistemi na bazi kalcijum fosfata i hidroksiapatita za preventivnu i regenerativnu medicinu*, – Tehnika– novi materijali, Vol 26, No 1, 2017, str. 11–24, ISSN 0040-2176
<https://doi.org/10.5937/tehnika1701011M>
2. Milovanović J.Ž., Popović S.S., Pantelić S.A., Milinkov L.J., **Milošević L.D.**, Petrović M.V., Vidović M.M.: *Determination of inorganic anions in herbal tea infusions using ion chromatography*, – Zbornik Matice srpske za prirodne nauke/Matica srpska Journal for Natural Sciences, No 134, 2018, pp. 89–99. YU ISSN 0352-4906
[DOI:https://doi.org/10.2298/ZMSPN1834089M](https://doi.org/10.2298/ZMSPN1834089M)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Milošević D.**, Perendija J., Milošević M., Rusmirović J., Tomić N., Vidović M., Marinković A.: *Površinska modifikacija adsorbenta na bazi celuloze polietileniminom u cilju efikasnijeg uklanjanja teških metala*, – 18th International Conference Water supply and sewage systems, 30th May–1st June 2018, Jahorina-Pale, Bosnia and Herzegovina, pp. 203–208. ISBN: 978-86-82931-85-0
2. Veličić Z., Perendija J., **Milošević D.**, Milošević M., Petrović V., Trajković I., Vidović M.: *Promena kvaliteta otpadnih voda mlecarske industrije u zavisnosti od različitih tehnoloških procesa*, – 18th International Conference Water supply and sewage systems, 30th May–1st June 2018, Jahorina-Pale, Bosnia and Herzegovina, pp. 200–202. ISBN: 978-86-82931-85-0

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Rusmirović D.J., Nikolić J., **Milošević L.D.**, Taleb K., Vidović M., Marinković D.A.: *Magnetite functionalized cellulose membranes for heavy metal removal from water*, – 19th Annual Conference YUCOMAT, 4th–8th September 2017, Herceg Novi, Montenegro, p. 97. ISBN-978-86-919111-2-6
2. **Milošević D.**, Perendija J., Milošević M., Tomić N., Veličković Z., Marinković A.: *Removal of Pb²⁺ and Cd²⁺ from aqueous solution using amino functionalized three-dimensionally ordered (3DOM) alumina*, – 5th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, 11th–13th June 2019, p. 119, Belgrade, Serbia. ISBN 978-86-80109-22-0
3. Bugarčić M., Milivojević M., Jovanović G., **Milosević D.**, Daković A., Stojanović J.: *Synthesis and characterization of composites based on expanded vermiculite and ferrite spinels*, – 4th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, 5th–7th June 2019, Belgrade, Serbia, p. 35. ISBN 978-86-87183-30-8
4. Bugarčić M., Perendija J., Milošević M., **Milošević D.**, Obradović M., Karić N., Marinković A.: *Nickel removal from aqueous solution using composite based on magnetite/expanded vermiculite*, – 6th International students conference of technical sciences, 25th–27th September 2019, Bor, Serbia, p. 9. ISBN 978-86-6305-100-3
5. **Milošević D.**, Milošević M., Popović M., Perendija J., Simović A., Tomić N., Marinković A.: *Equilibrium, mechanism and kinetic of Pb²⁺ and Cd²⁺ adsorption using amino functionalized three-dimensionally ordered (3DOM) alumina*, – 13th Symposium Novel Technologies and

Economic Development, 18th–19th October 2019, Leskovac, Serbia, p. 155. ISBN 978-86-89429-35-0

6. Milošević M., **Milošević D.**, Popović M., Božić A., Assaleh H.M, Marinković A., Cvijetić I., Prlainović N.: *Synthesis, characterization and antioxidant activity of new imino derivatives of pyridine*, – 13th Symposium Novel Technologies and Economic Development, 18th–19th October 2019, Leskovac, Serbia, p. 97. ISBN 978-86-89429-35-0

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Rusmirović J., Karanac M., **Milošević D.**, Veličković Z., Marinković A.: *Sinteza i karakterizacija sorbenta na bazi otpadnog PET-a*, – Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, 05–07 April 2017, Pirot, Srbija, str. 201–205, ISBN 978-86-82931-80-5

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

1. **Milošević D.**, Tomić N., Milošević M., Marinković A.: *Removal of Pb²⁺, Cd²⁺ and Ni²⁺ from aqueous solution using structurally modified three-dimensionally ordered (3DOM) alumina*, – 6th Conference of the Young Chemists of Serbia, 27th October 2018, Belgrade, Serbia, p. 97. ISBN 978-86-7132-072-6
2. Perendija J.M., **Milošević D.L.**, Rusmirović J.D.: *Application of branched aminated waste polyacrylonitrile fibers for Pb²⁺ and Cd²⁺ removal*, 6th Conference of the Young Chemists of Serbia, 27th October 2018, Belgrade, Serbia, p. 100. ISBN 978-86-7132-072-6
3. **Milošević L.D.**, Petrović M.P., Marinković D.A., Petrović D.R.: *Efficient removal of Pb²⁺ from aqueous solution using hybrid material based on chitin and hydroxyapatite*, 7th Conference of the Young Chemists of Serbia, 2nd November 2019, Belgrade, Serbia, p. 145. ISBN 978-86-7132-076-4
4. Perendija M.J., **Milošević L.D.**, Bugarčić D.M., Marinković D.A.: *Removal of hexavalent chromium Cr(VI) from aqueous solutions using cellulose-magnetite membrane CelMag- M*, 7th Conference of the Young Chemists of Serbia, 2nd November 2019, Belgrade, Serbia, p. 146. ISBN 978-86-7132-076-4

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија, комисија оцењује да је Драгана Милошевић показала спретност и опредељеност ка научно–истраживачком раду и стручним усававањима. У току експерименталног рада, показала је велику одговорност и самосталност у реализацији истраживања као и обради добијених резултата. У области истраживања предложене теме, резултати се огледају кроз више објављених саопштења међународног и националног карактера (M33, M34, M63, M64). Комисија из свега наведеног сматра да Драгана Милошевић испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Присуство токсичних јона метала у индустријским и комуналним отпадним водама представља један од главних еколошких проблема данашњице. Поред познатих, конвенционалних поступака уклањања јона метала из водених раствора, све више се истражују поступци биосорпције и адсорпције на различитим материјалима [1,2], побољшане

ефикасности, економичности и практичности. Последњих година се спроводе истраживања где се за уклањање јона метала из водених раствора као адсорбенти користе природни и модификовани природни материјали. Природни материјали, попут целулозних материјала, пољопривредног отпада на бази лигноцелулозе, различитих врста алги, квасаца, деривата лигнина, хитина [3], хитозана и гљива [4,5], показују у одређеној мери способност адсорпције. Постоји ограничен број студија које се односе на употребу гљива као адсорбената. Гљиве попут *Ganoderma lucidum*, *Pycnoporus sanguineus*, *Auricularia polytricha* [6], су показале биосорпциони потенцијал према одређеним токсичним јонима метала. Примена немодификованих гљива као адсорбената за уклањање катјонских и ањонских загађујућих материја може бити неефикасна услед различитих фактора као што су мала специфична површина, неодговарајућа функционалност површине материјала што доприноси остваривању малих адсорпционих капацитета наведених материјала. У циљу побољшања адсорпционих својстава примењује се механичка активација, уситњавањем која је, са једне стране, једноставна и јефтина, док је са друге стране мање ефикасна у односу на хемијске модификације. Побољшање адсорпционог капацитета се може постићи хемијским предтретманом, којим се могу уклонити поједини конституенти ћелијског зида, пречишћавањем полазног материјала применом различитих органских растварача, неорганских киселина, база и раствора соли. Полисахариди, липиди, масне киселине и протеини, као чести конституенти гљива, у својој структури садрже хидроксилне, ацетамидне, аминок, карбоксилне и друге активне групе, које могу везати јоне тешких метала. Хемијском модификацијом се повећава садржај ових активних група, а тиме и адсорпциони капацитет. Повећање адсорпционог капацитета шампињона (*Agaricus bisporus*) је постигнуто модификацијом натријум–хидроксидом, као и различитим катјонским и ањонским сурфактантима [7], док је код врсте *Pleurotus platypus* то постигнуто постепеном екстракцијом компоненти ћелијског зида гљиве [8]. Адсорпциони потенцијал гљиве *Handkea utriformis* (у литератури познате и као *Lycoperdon utriforme*, *Lycoperdon caelatum*, *Bovistella utriformis* или *Calvatia utriformis*), широко доступне у природи није довољно истражен [9,10].

Један од начина да се побољша адсорпциони капацитет *Handkea utriformis* је њена хемијска модификација, као и ковалентно везивање или таложење микро или нано материјала који имају добра адсорпциона својства.

У складу са наведеним, предмет истраживања у предложеној докторској дисертацији је модификација гљиве *Handkea utriformis* алуминијум–оксидам и хидроксиапатитом и испитивање адсорпције јона метала (Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+}) на добијеним материјалима у поређењу са адсорпцијом на немодификованој гљиви, алуминијум–оксиду и хидроксиапатиту. Афинитет алуминијум–оксида и хидроксиапатита према токсичним јонима метала је потврђен резултатима публикованим у стручној литератури [11,12]. У циљу побољшања адсорпционих својстава алуминијум–оксида извршиће се његова структурна модификација допирањем гвожђе(III)–оксидам. Познато је да адсорбенти на бази оксида гвожђа, у форми микро и наночестица, имају висок афинитет према јонима метала и оксианјонима [13,14]. Алуминијум–оксид допиран гвожђе(III)–оксидам биће синтетисан сол–гел методом уз коришћење одговарајућих соли алуминијума и гвожђа ($Al_2Cl(OH)_5$ и $FeCl_3$).

Такође, површинска модификација алуминијум–оксида (3–аминопропил)–триетоксисиланом ће се извршити у циљу увођења аминок терминалних функционалних група чиме ће се додатно утицати на побољшање адсорпционих својстава према катјонима тешких метала, као и остваривања могућности ковалентног везивања на модификовану површину гљиве.

Хидроксиапатит ће бити припремљен таложном и хидротермалном методом у присуству гљиве, примењујући методе којима се контролише брзина раста кристала како би се добила задовољавајућа морфологија и функционалност површине.

Наведене модификације гљиве *Handkea utriformis* ковалентним везивањем алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидам и таложењем хидроксиапатита на

површину гљиве *Handkea utriformis* ће се оптимизовати у односу на количину уведеног материјала и остварити побољшање адсорпционих својстава добијених хибридних материјала. Наведеним приступом оствариће се следећи циљеви: повећање специфичне површине и модификација увођењем материјала који имају добра адсорпциона својства.

Научни циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Синтеза алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидом модификованом сол–гел методом, уз коришћење соли алуминијума и гвожђа ($\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$ и FeCl_3) и испитивање адсорпционог капацитета добијеног материјала;
- Површинска модификација алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидом органосиланом ((3–аминопропил)триетоксисилан) и испитивање адсорпционих својстава добијеног материјала;
- Модификација гљиве (*Handkea utriformis*) површински модификованим алуминијум–оксидом допираним гвожђе(III)–оксидом у циљу побољшања способности уклањања Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+} јона из водених раствора;
- Синтеза хидроксиапатита таложном и хидротермалном методом у присуству гљиве (*Handkea utriformis*), и испитивање адсорпционих својстава добијених материјала;
- Поређење адсорпционих својстава материјала на бази алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидом и хидроксиапатита са адсорпционим својствима модификоване гљиве;
- Испитивање могућности регенерације синтетисаних материјала;
- Утврђивање утицаја времена контакта, рН вредности, почетне концентрације адсорбата, масе адсорбента и температуре на адсорпциона својства (капацитет, кинетика, регенерација, активационе и термодинамичке параметре итд.) синтетисаних адсорбената.

Списак референци:

- [1] Volesky B., Sorption and Biosorption, BV-Sorbex, Inc., St. Lambert, Quebec, 2003.
- [2] Fomina M., Gadd G.M., Biosorption: current perspectives on concept, definition and application, Bioresource Technology, 160 (2014) 3–14.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>
- [3] Anastopoulos I., Bhatnagar A., Bikiaris D.N., Kyzas G.Z., Chitin Adsorbents for Toxic Metals: A Review, International Journal of Molecular Sciences, 18 (2017) 114.
<https://dx.doi.org/10.3390%2Fijms18010114>
- [4] Vimala R., Das N., Biosorption of cadmium(II) and lead(II) from aqueous solutions using mushrooms: A comparative study, Journal of Hazardous Materials, 168 (2009) 376–382.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.062>
- [5] Mathialagan T., Viraraghavan T., Cullimore D.R., Adsorption of cadmium from aqueous solutions by edible mushrooms (*Agaricus bisporus* and *Lentinus edodes*), Water Quality Research Journal of Canada, 38 (2003) 499–514.
<https://doi.org/10.2166/wqrj.2003.032>
- [6] Haiwei H., Lixiang C., Yuxuan W., Renduo Z., Wenfeng W., Biosorption behavior and mechanism of heavy metals by the fruiting body of jelly fungus (*Auricularia polytricha*) from aqueous solutions, Applied Microbiology and Biotechnology, 96 (2012) 829–40.
<https://doi.org/10.1007/s00253-011-3846-6>

- [7] Yunchuan L., Daiyin L., Jiangxia N., Zhuolin R., Can C., Heng X., Packed bed column studies on lead(II) removal from industrial wastewater by modified *Agaricus bisporus*, *Bioresource Technology*, 152 (2014) 457–463.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.039>
- [8] Vimala R., Das N., Mechanism of Cd(II) adsorption by macrofungus *Pleurotus platypus*, *Journal of Environmental Sciences*, 23 (2011) 288–293.
[https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60405-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60405-6)
- [9] Johannes C. Coetzee, Abraham E. van Wyk, The genus *Calvatia* ('Gasteromycetes', Lycoperdaceae): A review of its ethnomycology and biotechnological potential, *African Journal of Biotechnology*, 8 (2009) 6007–6015.
<http://dx.doi.org/10.5897/AJB09.360>
- [10] Petrović P., Vunduk J., Klaus A., Kozarski M., Nikšić M., Žižak Ž., Vuković N., Šekularac G., Drmanić S., Bugarski B., Biological potential of puffballs: A comparative analysis, *Journal of Functional Foods*, 21 (2016) 36–49.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.039>
- [11] Drah A., Tomić N.Z., Veličić Z., Marinković A.D., Radovanović Ž., Veličković Z., Jančić-Heinemann R., Highly ordered macroporous γ -alumina prepared by a modified sol–gel method with a PMMA microsphere template for enhanced Pb^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+} removal, *Ceramics International*, 43 (2017) 13817–13827.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.102>
- [12] Gandhia M.R., Kousalyab G.N., Meenakshia S., Removal of copper(II) using chitin/chitosan nano–hydroxyapatite composite, *International Journal of Biological Macromolecules*, 48 (2011) 119–124.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.10.009>
- [13] Hua M., Zhang S., Pan B., Zhang W., Lv L., Zhang Q., Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review, *Journal of Hazardous Materials*, 211–212 (2012) 317–331.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10.016>
- [14] Giles D.E., Mohapatra M., Issa T.B., Anand S., Singh P., Iron and aluminium based adsorption strategies for removing arsenic from water, *Journal of Environmental Management*, 92 (2011) 3011–3022.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.018>

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе за израду ове дисертације су:

- Допирање алуминијум–оксида гвожђе(III)–оксидом и површинска модификација (3–аминопропил)триетоксисиланом, у наредном кораку модификације, допринеће, услед структурне модификације алуминијум–оксида оксидом гвожђа и увођења аминок функционалних група, побољшаном афинитету према јонима метала Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+} ;
- Модификација гљиве *Handkea utriformis* ковалентним везивањем алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидом допринеће побољшању адсорпционог капацитета у односу на полазне материјале за уклањање катјонских загађујућих материја из водених раствора;

- Модификација гљиве *Handkea utriformis* контролисаним таложењем хидроксиапатита допринеће промени површинских својстава материјала а тиме и побољшању адсорпционих својстава;
- Испитивање утицаја параметара процеса модификације, као што су однос алуминијум–оксид/*Handkea utriformis* и хидроксиапатит/*Handkea utriformis*, температура, време трајања реакције и концентрација коришћених реагенаса, као и оптимизација процеса допринеће добијању материјала високог капацитета и селективности према одабраним токсичним јонима;
- Проучавање утицаја параметара процеса на адсорпциони капацитет синтетисаних материјала у шаржним условима попут: почетне концентрације адсорбата, рН вредности, времена контакта, температуре и масе адсорбента, ће допринети квалитативном и квантитативном описивању процеса адсорпције, као и разумевању механизма адсорпције.

4. Научне методе истраживања

Гљива *Handkea utriformis* ће бити модификована ковалентним везивањем честица алуминијум–оксида, као и хидроксиапатитом таложном и хидротермалном методом. Алуминијум–оксид допиран гвожђе(III)–оксидом биће синтетисан модификованом сол–гел методом, уз коришћење соли алуминијума и гвожђа ($\text{Al}_2\text{Cl}(\text{OH})_5$ и FeCl_3). Површинска модификација алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидом биће извршена органосиланом ((3–аминопропил)триетоксисилан).

Физичко–хемијска својства добијених материјала биће одређена применом скенирајуће електронске микроскопије (FE–SEM), рендгенске дифракционе анализе (XRD), инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR), термогравиметријске анализе (TG–DTG) и адсорпције азота на температури течног азота, за одређивање специфичне површине материјала (BET метода). Адсорпција јона Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+} ће бити испитивана у шаржним условима при различитим параметрима процеса. Концентрације тешких метала у воденом раствору пре и након уравнотежавања биће одређене применом атомске апсорпционе спектроскопије (AAS). Биоакумулирани садржај тешких метала у гљиви пре модификација биће анализиран помоћу индуковано спрегнуте плазме у комбинацији са масеном спектрометријом (ICP–MS). Садржај аминокиселина у модификованом узорку биће одређен потенциометријски. Тачка нултог наелектрисања биће одређена уравнотежавањем посебних проба.

Процес адсорпције у равнотежном стању биће описан применом следећих модела адсорпционих изотерми: Лангмир (Langmuir), Фројндлих (Freundlich), Дубинин–Радушкевич (Dubinin–Radushkevich), Темкин (Temkin). У циљу одређивања механизма адсорпције и времена потребног да систем достигне равнотежу биће коришћени различити кинетички модели: модел псеудо–првог реда (Lagergreen), модел псеудо–другог реда (Ho–McKay), Рогински–Зелдович–Елович (Roginsky–Zeldovich–Elovich) једначина нултог првог и другог реда, као и модели адсорпционе дифузије: једначина линеарне покретачке силе за течни филм, једначина дифузионог преноса масе за течни филм, дифузиони модел на хомогеној чврстој подлози, Вебер–Морисов (Weber–Morris) модел, Дунвалд–Вагнеров (Dunwald–Wagner) модел и дупли експоненцијални модел.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос се огледа у следећем:

- Синтеза нових адсорпционих материјала на бази гљиве *Handkea utriformis*, прихватљивих са становишта примене и еколошке тачке гледишта, са побољшаним адсорпционим својствима у процесу уклањања јона метала Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+} из водених раствора;

- Утврђивање утицаја допирања гвожђе(III)–оксидам и функционализације аminosиланом на адсорпциона својства алуминијум–оксида и композитног материјала гљива *Handkea utrifomis*/алуминијум–оксид;
- Утврђивање утицаја врсте синтезе на адсорпциона својства хидроксиапатита и композитног материјала гљива *Handkea utrifomis*/хидроксиапатит;
- Оптимизација метода модификације и синтезе адсорпционих материјала;
- Тумачење међусобног утицаја параметара процеса адсорпције и својства материјала на ефикасност уклањања јона метала из водених раствора;
- Објашњење механизма адсорпције токсичних јона метала на синтетисаним и модификованим материјалима;
- Оптимизација процеса десорпције у циљу поновног коришћења синтетисаних адсорбената.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је модификација широко распрострањене гљиве *Handkea utrifomis* у циљу постизања оптималних адсорпционих својстава за уклањање јона метала из воде.

На почетку рада биће детаљано анализирана литература о:

- поступцима уклањања токсичних јона метала из воде;
- постојећим природним адсорбентима на бази гљива који се користе за уклањање токсичних јона из водених раствора;
- модификацији различитих типова гљива у циљу повећања адсорпционог капацитета за јоне метала;
- структури, физичко–хемијским и адсорпционим својствима алуминијум–оксида и хидроксиапатита;
- методама синтезе и утицају параметара синтезе на својства алуминијум–оксида и хидроксиапатита;

Експериментални рад ће обухватити:

- Синтезу алуминијум–оксида допираног гвожђе(III)–оксидам и његову модификацију (3–аминопропил) триетоксисиланом;
- Модификацију гљиве (*Handkea utrifomis*) површински модификованим допираним алуминијум–оксидам;
- Синтезу хидроксиапатита таложном и хидротермалном методом у присуству гљиве (*Handkea utrifomis*);
- Физичко–хемијску карактеризацију немодификоване и хемијски модификоване гљиве (*Handkea utrifomis*), као и синтетисаног алуминијум–оксида и хидроксиапатита;
- Испитивање адсорпције јона Pb^{2+} , Cd^{2+} и Ni^{2+} на синтетисаним и модификованим материјалима: испитивање кинетике, термодинамике и механизма адсорпције, као и одређивање адсорпционих изотерми на различитим температурама.

У оквиру предложене докторске дисертације биће обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.

У поглављу Увод биће сумирани подручје испитивања, предмет и циљеви истраживања. Поглавље Теоријски део обухватиће детаљну анализу постигнутих истраживања из области дисертације. У Експерименталном делу биће наведени материјали и методе коришћене у експерименталном раду. У поглављу Резултати и дискусија биће приказани и дискутовани резултати истраживања усмерени на својства и адсорпциону ефикасност синтетисаних и модификованих материјала. У Закључку ће бити сумирани сви постигнути резултати добијени на основу испитивања и биће истакнута њихова примена и иновативност. Литература ће садржати наводе цитиране у дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат **Драгана Милошевић**, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: **„Модификација, карактеризација и примена адсорбената на бази гљиве *Handkea utriformis* за уклањање јона метала из воде“** научно заснована и предлаже Наставно–научном већу да је прихвати. За ментора се предлаже др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области **Технолошко инжењерство**, ужа област **Хемијско инжењерство**, за коју је Технолошко–металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Београд, 16. 12. 2019. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Рада Петровић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултета

др Александар Маринковић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Милан Миливојевић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Злате Величковић, ванредни професор
Универзитета одбране у Београду, Војна академија

др Наташа Томић, научни сарадник Иновационог центра
Технолошко-металуршког факултета доо