

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/74
(Број захтева)

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

12. 4. 2024.
(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:

„Композитни адсорбенти на бази минерала сепиолита и оксида/хидроксида цирконијума и лантана за уклањање фосфата из воде“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Жељка (Јово) МИЛОВАНОВИЋ, мастер инжењер технологије

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

3. Година дипломирања: 2011.

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

5. Година дипломирања: 2012.

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2013/2014. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решења којима је кандидат био у статусу мировања права и обавеза у шк. 2016/17, шк. 2017/18, шк. 2018/19, шк. 2020/21. и шк. 2021/22. години (решења у прилогу).

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној **11. 4. 2024. 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.



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/12
21. 02. 2017 год.
БЕОГРАД

На основу чл. 94. Закона о високом образовању, чл. 65. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Жељка Готовина**, студент ДАС, број индекса 2013/4030, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2016/2017. години, на основу приложених докумената.


Декан
Проф. др Торђе Јанаћковић



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/18-1

27. 02. 2018 год.

БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Жељка Готовина**, студент ДАС, број индекса 2013/4030, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2017/2018. години, на основу приложених докумената.

Декан

Проф. др Петар Ускоковић





Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

Бр. 20/2
16.01.2019 год.
БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Жељка Готовина**, студент ДАС, број индекса 2013/4030, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2018/2019. години, на основу приложених докумената.

Декан
Проф. др Петар Ускоковић



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/1

15. 01. 2021 год.
БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Жељка Миловановић**, студент ДАС, број индекса 2013/4030, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2020/2021. години, на основу приложених докумената.

Декан

Проф. др Петар Ускоковић





Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

бр. 25/8

26. 01. 2022 год.
БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Жељка Миловановић**, студент ДАС, број индекса 2013/4030, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2021/2022. години, на основу приложених докумената.

Декан

Проф. др Петар Ускоковић



ДП

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 11.4.2024. 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 **Жељке Миловановић**, број индекса 4030/13, под називом: **„Композитни адсорбенти на бази минерала сепиолита и оксида/хидроксида цирконијума и лантана за уклањање фосфата из воде“**.

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

За менторе се одређују др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Славица Лазаревић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Жељку Миловановић

Име и презиме ментора: **др Рада Петровић**

Звање: **редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Rakić J.M., **Petrović R.D.**, Radojević V.J., Baščarević Z.D.: *Effects of selected inorganic chemical activators on properties and hydration mechanism of high volume fly ash (HVFA) binders*, -Construction and Building Materials, Vol. 391, 2023, 131833. ISSN 0950-0618, IF (2022) = 7,4. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131833>
2. Milovanović Ž., Lazarević S., Janković-Častvan I., Radovanović Ž., Cvetković S., Janačković Đ., **Petrović R.**: *The Removal of Phosphate from Aqueous Solutions by Sepiolite/ZrO₂ Composites: Adsorption Behavior and Mechanism*, -Water, Vol. 15, 2023, 2376. ISSN 2073-4441, IF (2022) = 3,4. <https://doi.org/10.3390/w15132376>
3. Milovanović B., Marinović S., Vuković Z., Milutinović-Nikolić A., **Petrović R.**, Banković P., Mudrinić T.: *The influence of cobalt loading on electrocatalytic performance toward glucose oxidation of pillared montmorillonite-supported cobalt*, -Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol. 915, 2022, 116332. ISSN 1572-6657, IF (2022) = 4,5. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2022.116332>
4. Bjelajac A., **Petrović R.**, Vujancević J., Veltruska K., Matolin V., Siketić Z., Provatas G., Jakšić M., Stan G., Socol G., Mihailescu I., Janačković Dj.: *Sn-doped TiO₂ nanotubular thin film for photocatalytic degradation of methyl orange dye*, -Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 147, 2020, 109609. ISSN 0022-3697, IF(2020) = 3,005. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2020.109609>
5. Savić A., Čokeša Dj., Savić Biserčić M., Častvan-Janković I., **Petrović R.**, Živković Lj.S., *Multifunctional use of magnetite-coated tuff grains in water treatment: Removal of arsenates and phosphates*, -Advanced Powder Technology, Vol. 30, 2019, 1687-1695. IF(2019) = 4,217, ISSN 921-8831. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2019.05.020>

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничкотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има пет радова у последњих десет година 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: 04. 04. 2024.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Жељку Миловановић

Име и презиме ментора: **др Славица Лазаревић**

Звање: **виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Jovanović A., Stevanović M., Barudžija T., Cvijetić I., **Lazarević S.**, Tomašević A., Marinković A.: *Advanced technology for photocatalytic degradation of thiophanate-methyl: Degradation pathways, DFT calculations and embryotoxic potential*, Process Safety and Environmental Protection 178, 2023, 423–443. ISSN 0957-5820, IF (2022) =7.8. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.08.054>
2. Milovanović Ž., **Lazarević S.**, Janković-Častvan I., Radovanović Ž., Cvetković S., Janačković Đ., Petrović R.: *The Removal of Phosphate from Aqueous Solutions by Sepiolite/ZrO₂ Composites: Adsorption Behavior and Mechanism*, -Water, Vol. 15, 2023, 2376. ISSN 2073-4441, IF (2022) = 3,4. <https://doi.org/10.3390/w15132376>
3. Milikić J., Stojanović S., Damjanović-Vasilić Lj., Vasilić R., Rakočević L., **Lazarević S.**, Šljukić B.: *Porous cerium-zeolite bifunctional ORR/OER electrocatalysts in alkaline media*, Journal of Electroanalytical Chemistry, 944, 2023, 117668 . ISSN 1572-6657, IF (2022) = 4.598. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2023.117668>
4. Ćosović A., Žák T., Glisić S., Sokić M., **Lazarević S.**, Ćosović V., Orlović A.: *Synthesis of nano-crystalline NiFe₂O₄ powders in subcritical and supercritical ethanol*, Journal of Supercritical Fluids, 113, 2016, 96-105, ISSN 0896-8446, IF (2016) = 2,991. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.03.014>
5. Knežević N., Milenković S., Jović D., **Lazarević S.**, Mrdjanović J., Djordjević A.: *Fullerenol-Capped Porous Silica Nanoparticles for pH-Responsive Drug Delivery*, Advances in Materials Science and Engineering, 2015, 567350, ISSN1687-8434,IF(2015)=1,010. <https://www.hindawi.com/journals/amse/2015/567350>

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има пет радова у последњих десет година са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 4. 4. 2024.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидаткиње Жељке Ј. Миловановић (рођене Готовина), мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр. 35/39 од 14. марта 2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Жељке Ј. Миловановић (рођене Готовина), мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Композитни адсорбенти на бази минерала сепиолита и оксида/хидроксида цирконијума и лантана за уклањање фосфата из воде“.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидаткињи

1.1. Биографски подаци

Кандидаткиња Жељка Ј. Миловановић (рођена Готовина), мастер инжењер технологије, рођена је 07. 11. 1988. године у Чапљини, Босна и Херцеговина. Основну и средњу школу завршила у Требињу, Босна и Херцеговина. Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, смер Неорганска хемијска технологија, уписала је школске 2007/2008. године. Дипломирала је 2011. године са просечном оценом у току студија 8,57. Школске 2011/2012. уписала је мастер студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, смер Хемијско инжењерство. Дипломирала је 2012. године са просечном оценом 9,00. Одбранила је завршни мастер рад под називом „Утицај функционализације киселински активираног сепиолита меркаптосиланом на адсорпцију анјонске боје *C.I. Reactive Orange 16* из водених раствора“ са оценом 10. Докторске студије уписала је школске 2013/14. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, на смеру Хемијско инжењерство.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Жељка Ј. Миловановић (рођена Готовина) је у оквиру докторских студија положила све испите (12) предвиђене студијским програмом, са просечном оценом 9,75. Завршни испит под називом „Адсорбенти за уклањање фосфата из воде“ је одбранила у септембру 2020. године са оценом 10,0 пред комисијом у саставу: др Рада Петровић,

редовни професор, др Јелена Миладиновић, редовни професор и др Снежана Грујић, редовни професор.

Положени испити и остварени бодови у оквиру докторских студија:

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
Неоргански адсорбенти-теоријски основи и примена	10	4
Биокомпозитни материјали	10	4
Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
Хемијска кинетика	9	5
Термодинамика чврстог стања	10	5
Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
Теоријски основи керамике и стакла	10	5
Фазне равнотеже у вишекомпонентним системима	10	4
Електрокатализа	10	5
Нискотемпературни керамички процеси	9	4
Одабрана поглавља математичке анализе	9	5
Завршни испит	10	30
Просечна оцена	9,75	
Збир ЕСПБ	81	

Од маја 2013. године Жељка Ј. Миловановић (рођена Готовина) запослена је на Институту за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за Републику Србију, Центар за екологију и техноекономику. Радила је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја ОИ 176018: „Геолошка и етоксиколошка истраживања у идентификацији геопатогених зона токсичних елемената у акумулацијама воде за пиће - истраживање метода и поступака смањења утицаја биогеохемијских аномалија“. Активно је радила као аналитичар у Аналитичко-еколошкој лабораторији за испитивање вода и предмета опште употребе у оквиру Центра за екологију и техноекономику.

Тренутно је ангажована кроз програм финансирања истраживања од стране Министарство науке, технолошког развоја и иновација (уговор број 451-03-66/2024-03/200026) и као истраживач на пројектима „Boosting Institute of Chemistry Technology and Metallurgy in Water Biomonitoring“, HORIZON Coordination and Support Actions (HORIZON - CSA), No 1010792 и Интерни доказ концепта - IXTM (SAIGE): Sustainable approach for soil enrichment through the procesing of wastewater streams.

БИБЛИОГРАФИЈА НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА

1. Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

Рад у истакнутом међународном часопису – M22

1. **Milovanović Ž.**, Lazarević S., Janković-Častvan I., Radovanović Ž., Cvetković S., Janačković Đ., Petrović R.: *The Removal of Phosphate from Aqueous Solutions by Sepiolite/ZrO₂ Composites: Adsorption Behavior and Mechanism*, -Water, Vol. 15, 2023, 2376 (1-18). ISSN 2073-4441, IF (2022) = 3,4. <https://doi.org/10.3390/w15132376>

2. Popović S., Krizmanić J., Vidaković D., Karadžić V., **Milovanović Ž.**, Pečić M., Subakov S. G.: *Biofilms in caves: easy method for the assessment of dominant phototrophic groups/taxa in situ*, -Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 192, 2020, 720. ISSN 0167-6369, IF(2022) = 3,0. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08686-4>

Рад у међународном часопису - M23

1. Popović S., Pantelić A., **Milovanović Ž.**, Milinkov J., Vidović M.: *Analysis of Tea for Metals by Flame and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry with Multivariate Analysis*, - Analytical Letters, Vol. 50, No. 16, 2017, 2619-2633. ISSN 0003-2719, IF(2022) = 2,0. <https://doi.org/10.1080/00032719.2017.1307849>.

Радови објављени у часописима националног значаја – M50

Рад у врхунском часопису националног значаја – M51

1. Pantelić A., Popović S., Gavrilović B., Ćirić M., Vidović M., Ivezić M., **Gotovina Ž.**: *Evaluation of the heavy metals content in selected teas using FAAS*, -Ecologica, Vol. 23, No. 81, 2016, 95-99. UDC: 504.73.02:582.823

2. **Milovanović Ž.**, Popović S., Pantelić A., Milinkov J., Milošević D., Petrović V., Vidović M.: *Determination of inorganic anions in herbal tea infusions using ion chromatography*, -Zbornik Matice srpske za prirodne nauke, Vol. 134, 2018, 89 – 99. UDC 615.32:582. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN1834089M>.

Рад у часопису националног значаја – M52

1. Gavrilović B., Popović S., Ćirić M., **Gotovina Ž.**, Pantelić A., Subakov–Simić G., Vidović M.: *Seasonal aspects of water quality in the Grlište reservoir, Eastern Serbia*, -The Environment, Vol. 1, 2014, 17–21, ISSN 1450-5533 (Print); eISSN 2406-1778 (Online), UDK: 556.1(497.11), COBISS.SR-ID 61416450. http://environment.gef.bg.ac.rs/files/PDF/3_Gavrilovic%20-%20FINAL.pdf.

2. Зборници међународних научних скупова - M30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини - M33

1. Vidović M., Jovanić S., Trajković I., Ćirić M., **Gotovina Ž.**: *Efficiency of the model application to determine the coefficient of biodegradation of wastewater*, -Međunarodna konferencija otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasni otpad, Budva, 2015, str. 77-83. ISBN 978-86-82931-68-3.

2. **Milovanović Ž.**, Milošević D., Popović S., Lazarević S., Petrović R.: *Uklanjanje anjonske boje iz otpadnih voda merkaptosilaniziranim kiselinski aktiviranim sepiolitom*, -41. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '20, Kraljevo, 2020, str. 87-93. ISBN 978-86-82563-2

3. Milošević D., **Milovanović Ž.**, Popović S., Petrović P., Pjanović R., Petrović R.: Hemijska i strukturna karakterizacija subglebe trbušaste puhare (*Handkea utriformis*) kao adsorbenta za uklanjanje metala iz vodenih rastvora, -41. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '20, Kraljevo, 2020, str. 50-55. ISBN 978-86-82563-23-5

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу - M34

1. **Milovanović Ž.**, Lazarević S., Janković-Častvan I., Radovanović Ž., Cvetković S., Janačković Đ., Petrović R.: *Preparation and characterization of sepiolite/ZrO₂ composites for phosphate removal from aqueous solutions*, -7th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials, Belgrade, 2023, str. 105. ISBN 978-86-80109-24-4

3. Зборници скупова националног значаја - M60

3.1. Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини – M63

1. Pantelić A., Milinkov J., Popović S., **Gotovina Ž.**, Vidović M., Petrović V., Nikolić J.: *Potvrđivanje validnosti metode na primeru određivanja arsena pomoću atomske apsorpcione spektrometrije*, -Nacionalna konferencija Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Vršac, 2016, str. 32-36, ISBN 978-86-82931-77-5.

2. Vidović M., Jovanić S., Trajković I., **Gotovina Ž.**, Pantelić A.: *Određivanje koeficijenta biorazgradnje otpadnih voda (Determination of coefficient of biodegradation for wastewater)*, - Sedmi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, sport (7th International Congress „Ecology, Health, Work, Sport“), Banja Luka, 2015, pp. 150-154, ISBN 978-99955-619-5-6.

3.2. Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу – M64

1. Milinkov J., Popović S., **Milovanović Ž.**, Vidović M.: 2016. Toksični metali u biljnim čajevima: određivanje As, Cd i Pb upotrebom AAS (Toxic metal in herbal teas: determination of As, Cd and Pb using AAS), -Fourth Conference of Young Chemists of Serbia, Belgrade, 2016, P. 15, HH P 03, ISBN: 978-86-7132-064-1.

2. Pantelić A., **Milovanović Ž.**, Milinkov J., Vidović M.: *Determination of fluoride in herbal teas by ion chromatography*, -Fourth Conference of Young Chemists of Serbia, Belgrade, 2016, Poster presentation HH P 04, Book of abstracts, p. 16, ISBN: 978-86-7132-064-1.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и остварених резултата током докторских студија, Жељка Ј. Миловановић (рођена Готовина), мастер инжењер технологије, је показала изузетну склоност и способност за бављење научноистраживачким радом. То се огледа како у креирању и реализацији истраживања везаних за тему докторске дисертације, тако и кроз рад на осталим истраживањима која се изводе у оквиру пројеката на којима је ангажована. У области истраживања предложене теме докторске дисертације до сада је објавила један рад у међународном часопису категорије M22 и једно саопштење са

међународног скупа штампано у изводу. На основу наведеног, Комисија сматра да кандидаткиња испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Повећано присуство нутријената као што су азот и фосфор у природним водама изазива еутрофикацију, која представља све већи проблем за водоснабдевање, посебно у случају природних и вештачких језера (акумулација). Ограничавајући нутријент за раст акватичних биљака и фотосинтетских микроорганизама је фосфор (P), који у облику фосфата доспева у језера путем отпадних вода и спирањем са пољопривредног земљишта, али се вода у језеру обогаћује фосфором и из језерских седимената. Да би се спречила или бар успорила еутрофикација, потребно је смањити унос фосфора из оба извора, што се постиже пречишћавањем отпадних вода пре испуштања у реципијенте и додатком агенаса за имобилизацију фосфора у седиментима [1].

За уклањање фосфора из отпадних вода најчешће се користе биолошки процеси и хемијско таложење [2,3]. Међутим, ови процеси имају неколико недостатака: релативно мала ефикасност, настајање отпадног талога и велики оперативни трошкови. Са друге стране, адсорпција се показала као један од најефикаснијих и најекономичнијих поступака за уклањање различитих загађујућих материја из воде, али само уколико се користе адсорбенти великог адсорпционог капацитета и ниске цене [4,5,6,7].

У том циљу, испитивана је могућност примене различитих јефтиних природних и отпадних материјала као адсорбената за уклањање фосфора из отпадних вода, али су адсорпциони капацитети ових материјала веома мали због мале специфичне површине, малог афинитета функционалних група и/или негативног површинског наелектрисања, имајући у виду да је P присутан у воденој средини у облику фосфатних анјона (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} или H_2PO_4^- , у зависности од pH) [8]. Захваљујући могућности специфичне адсорпције кисело-базним интеракцијама, многи оксиди/хидроксиди метала су коришћени као адсорбенти за фосфате [9]. Због изузетне селективности према фосфатним јонима, високе хемијске стабилности и нешкодљивости по животну средину, оксиди/хидроксиди цирконијума (Zr) и лантана (La) су показали велики потенцијал за уклањање фосфата из воде [10,11]. Као и у случају других адсорбената, са смањењем величине честица, повећава се специфична површина, а тиме и адсорпциони капацитет. Међутим, честице веома малих димензија показују велику склоност ка агломерацији, што води смањењу специфичне површине, а тиме и адсорпционог капацитета. Да би се спречила агломерација и обезбедио висок садржај активних врста за адсорпцију фосфата, наночестице оксида/хидроксида Zr и La су дисперговане на различите материјале ниске цене, велике специфичне површине и одговарајуће порозности, као што су зеолит [12], бентонит [13–15], мезопорозни SiO_2 [16], полимерни анјонски измењивач [17,18], хитозан [19] итд.

Један од природних минерала који има велику специфичну површину и велику порозност, који до сада није коришћен за депоновање оксида/хидроксида Zr и La у циљу добијања адсорбената за фосфате, је сепиолит, $\text{Si}_{12}\text{Mg}_8\text{O}_{30}(\text{OH})_4(\text{OH}_2)_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, који припада 2:1 триоктаедарским силикатима. Међутим, сепиолит није „прави“ слојевити силикат због дисконтинуалности октаедарског Mg-слоја и инверзије Si-слоја, услед чега настају канали у структури. Структурни канали су испуњени зеолитском водом и изменљивим јонима. Захваљујући оваквој структури, честице сепиолита су у облику влакана, на чијој

спољашњој површини се налазе силанолне (Si-OH) групе, преко којих се могу везати функционалне групе Zr и La. Велика специфична површина сепиолита је резултат управо присуства структурних канала и влакнасте морфологије честица, али јаке ван дер Валсове интеракција између влакана доводе до формирања снопова, услед чега се смањује специфична површина. Међутим, основни разлог веома малог афинитета сепиолита према анјонима генерално, а тиме и према фосфатима је негативно површинско наелектрисање.

Окси-хидроксидне врсте цирконијума се могу депоновати на одговарајуће носаче на различите начине, али су углавном коришћени $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ [20-23] растворен у води и $Zr(OC_3H_7)_4$ [17,24] растворен у толуену. При коришћењу $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ настајале су наночестице хидратисаног ZrO_2 , па је алкоксид $Zr(OC_3H_7)_4$ коришћен да би се депоновале окси-хидроксидне врсте Zr на молекулском нивоу, што би обезбедило велики садржај и изложеност активних функционалних група за адсорпцију фосфатних јона. Током модификације сепиолита алкоксидом $Zr(OC_3H_7)_4$, алкокси групе треба да реагују са силанолним групама на површини сепиолита, формирајући Si-O-Zr ковалентне групе. Накнадном хидролизом, преостале алкоксидне групе се преводе у Zr-OH групе, које имају афинитет према фосфатима. Модификација лантаном је до сада извођена искључиво коришћењем водених раствора La-соли [8], из којих су повишењем pH вредности, као и у случају $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$, депоноване окси-хидроксидне честице.

Имајући у виду да оксиди/хидроксиди Zr и La не би били економични адсорбенти због релативно високе цене и склоности ка агрегацији честица, предмет рада ове докторске дисертације је оптимизација услова депоновања окси-хидроксидних врста Zr и La на површину сепиолита у облику неагломерисаних наночестица или танког слоја, у циљу добијања што ефикаснијих адсорбената за фосфате са што мањом количином депонованих врста Zr и La. У случају модификације Zr-алкоксидом, биће испитан утицај температуре, а у случају модификације солима Zr и La утицај pH вредности на физичко-хемијска својства добијених композитних адсорбената и адсорпцију фосфата при различитим pH вредностима раствора. Прегледом научне литературе је установљено да је модификација коришћењем алкоксида извођена само на једној температури (110 °C), а у случају коришћења соли цирконијума и лантана није испитиван утицај pH вредност, већ је база додавана да би се постигла преципитација хидроксида Zr и La [8,15,16]. За преципитацију ће бити коришћен или амонијак или уреа за хомогену преципитацију током термичке разградње [25]. Да би се проценило да ли се синтетисани композитни адсорбенти могу ефикасно регенерисати и користити у више циклуса адсорпције/десорпције, биће испитана десорпција фосфата коришћењем различитих десорпционих средстава. Уколико се, на основу резултата десорпције, утврди постојање јаких веза између функционалних група адсорбената и фосфатних јона, што је најчешћи случај у претходним истраживањима, биће испитана могућност коришћења засићених адсорбената за обогаћивање пољопривредног земљишта фосфором као лимитирајућим нутријентом за раст биљака, чиме би се обезбедило споро отпуштање фосфора и континуирано снабдевање биљака овим есенцијалним елементом. У ту сврху, засићени адсорбенти ће бити коришћени као додатак вештачким ђубривима при узгајању пшенице у контролисаним условима. Такође, овакви адсорбенти би имали потенцијал као агенас за имобилизацију фосфора у језерским седиментима, захваљујући великом капацитету адсорпције и јаким везама са фосфатима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kiani M., Tammeorg P., Niemistö J., Simojoki A., Tammeorg O.: *Internal phosphorus loading in a small shallow Lake: Response after sediment removal*, - Sci. Total Environ., 725, 2020, 138279.
- [2] Dong Q., Shi S., Xie Y., Wang Y., Zhang X., Wang X., Guo S., Zhu L., Zhang G., Xu D.: *Preparation of mesoporous zirconia ceramic fibers modified by dual surfactants and their phosphate adsorption characteristics*, - Ceram. Int., 46, 2020, 14019–14029.
- [3] Zhong Z., Lu X., Yan R., Lin S., Wu X., Huang M., Liu Z., Zhang F., Zhang B., Zhu H., Guo X.: *Phosphate sequestration by magnetic La-impregnated bentonite granules: A combined experimental and DFT study*, - Sci. Total Environ., 738, 2020, 139636.
- [4] Liu T., Zheng S., Yang L.: *Magnetic zirconium-based metal–organic frameworks for selective phosphate adsorption from water*, - J. Colloid Interf Sci., 552, 2019, 134–141.
- [5] Özçelik G., Çavusoglu F.C., Aydinoglu S.O., Bayazit S.S.: *Enhanced & effective phosphate recovery from water by indium fumarate & zirconium fumarate metal-organic frameworks: Synthesis, characterization, adsorption, kinetic and isotherm studies*, - Surf. Interfaces, 29, 2022, 101719.
- [6] Xua X., Chenga Y., Wub X., Fana P., Song R.: *La(III)-bentonite/chitosan composite: A new type adsorbent for rapid removal of phosphate from water bodies*, - Appl. Clay Sci., 190, 2020, 105547.
- [7] Xu Y., Hong H., Yang F., Zhang L., Xu J., Dou L., Hao Y., Qian G., Zhou J.: *Removal behaviors and mechanisms of orthophosphate and pyrophosphate by calcined dolomite with ferric chloride assistance*, - Chemosphere, 235, 2019, 1015–1021.
- [8] Ya W., Zhao H.D.L., Liud Q., Tao Q., Zhua Y., Yanga J., Zhang Y.M.: *Kinetics, isotherm, thermodynamic, and adsorption mechanism studies of La(OH)₃-modified exfoliated vermiculites as highly efficient phosphate adsorbents*, - Chem. Eng. J., 236, 2014, 191–201.
- [9] Liu R., Chi L., Wang X., Sui Y., Wang Y., Arandiyana H.: *Review of metal (hydr)oxide and other adsorptive materials for phosphate removal from water*, - J. Environ. Chem. Eng., 6, 2018, 5269–5286.
- [10] Su Y., Cui H., Li Q., Gao S., Shang J.K.: *Strong adsorption of phosphate by amorphous zirconium oxide nanoparticles*, - Water Res., 47, 2013, 5018–5026.
- [11] Liu H., Sun X., Yin C., Hu C.: *Removal of phosphate by mesoporous ZrO₂*, - J. Hazard. Mater., 151, 2008, 616–622.
- [12] Tao Y., Liu S., Dong S., Wang C., Qu T., Li S., Lib L., Ma Z.: *An in situ grown amorphous ZrO₂ layer on zeolite for enhanced phosphate adsorption*, - RSC Adv., 12, 2022, 16751–16762.
- [13] Nguyen T.A.H., Ngo H.H., Guo W.S., Zhou J.L., Wang J., Liang H., Li G.: *Phosphorus elimination from aqueous solution using ‘zirconium loaded okara’ as a biosorbent*, - Bioresour. Technol., 170, 2014, 30–37.
- [14] Nguyen T.A.H., Ngo H.H., Guo W.S., Pham T.Q., Li F.M., Nguyen T.V., Bui X.T.: *Adsorption of phosphate from aqueous solutions and sewage using zirconium loaded okara (ZLO): fixed-bed column study*, - Sci. Total Environ., 523, 2015, 40–49.
- [15] Xu X., Wang B., Tang H., Jin Z., Mao Y., Huang T.: *Removal of phosphate from wastewater by modified bentonite entrapped in Ca-alginate beads*, - J. Environ. Manage., 260, 2020, 110130.
- [16] Tang Y., Zong E., Wan H., Xu Z., Zheng S., Zhu D.: *Zirconia functionalized SBA-15 as effective adsorbent for phosphate removal*, - Micropor. Mesopor. Mat., 155, 2012, 192–200.

- [17] Padungthon S., German M., Wiriyathamcharoen S., SenGupta A.K.: *Polymeric anion exchanger supported hydrated Zr(IV) oxide nanoparticles: A reusable hybrid sorbent for selective trace arsenic removal*, - React. Funct. Polym., 93, 2015, 84–94.
- [18] Chen L., Zhao X., Pan B., Zhang W., Hua M., Lv L., Zhang W.: *Preferable removal of phosphate from water using hydrous zirconium oxide-based nanocomposite of high stability*, - J. Hazard Mater., 284, 2015, 35–42.
- [19] Liu Q., Hu P., Wang J., Zhang L., Huang R.: *Phosphate adsorption from aqueous solutions by Zirconium (IV) loaded crosslinked chitosan particles*, - J. Taiwan. Inst. Chem. E., 59, 2015, 311–319.
- [20] Zhang Z., Liu T., Wu D.: *Facile synthesis of hydrous zirconia-impregnated chitosan beads as a filter medium for efficient removal of phosphate from water*, - Cellulose, 29, 2022, 8749–8768.
- [21] Zhan Y., Zhang H., Lin J., Zhang Z., Gao J.: *Role of zeolite's exchangeable cations in phosphate adsorption onto zirconiummodified zeolite*, - J. Mol. Liq., 243, 2017, 624–637.
- [22] Shao Y., Li J., Fang X., Yang Z., Qu Y., Yang M., Tan W., Li G., Wang H.: *Chemical modification of bamboo activated carbon surface and its adsorption property of simultaneous removal of phosphate and nitrate*, - Chemosphere, 287, 2022, 132118.
- [23] Shan S., Tang H., Zhao Y., Wang W., Cui F.: *Highly porous zirconium-crosslinked graphene oxide/alginate aerogel beads for enhanced phosphate removal*, - Chem. Eng. J., 359, 2019, 779–789.
- [24] Zong E., Wei D., Wan H., Zheng S., Xu Z., Zhu D.: *Adsorptive removal of phosphate ions from aqueous solution using zirconia-functionalized graphite oxide*, - Chem. Eng. J., 221, 2013, 193–203.
- [25] Tong F., Zhao Y., Wang M.H.: *Synthesis of monodisperse ZrO₂ microspheres via urea homogeneous precipitation and its effect on the sintering properties*, - Micro & Nano Letters, 14 (8), 2019, 877–881.

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе које се могу издвојити као полазна основа за научноистраживачки рад у оквиру ове дисертације су следеће:

- Оптимизацијом услова депоновања може се постићи формирање равномерно распоређених наночестица или танког слоја оксида/хидроксида Zr и La на површини минерала сепиолита, чиме ће бити добијен ефикасан адсорбент за уклањање фосфата из воде.
- Варирањем рН вредности при депоновању оксида/хидроксида Zr и La из раствора соли Zr и La може се утицати на величину и степен агломерисаности честица депонованих на сепиолит.
- Термичком разградњом урее постиже се хомогена преципитација оксида/хидроксида Zr и La захваљујући контролисаном отпуштању хидроксилних јона, што омогућава хомогену расподелу наночестица оксида/хидроксида на сепиолиту.
- Величина и степен агломерисаности честица оксида/хидроксида Zr и La могу се оптимизовати варирањем температуре и времена термичке разградње урее.
- Коришћењем алкоксида уместо соли Zr и варирањем температуре синтезе може се постићи равномерно ковалентно везивање Zr-ОН група за површину сепиолита.

- Композити сепиолита и оксида/хидроксида Zr или La након засићења фосфатним јонима могу да се користе као извор фосфора за гајење биљака.

4. Научне методе истраживања

Минерал сепиолит, из лежишта Андрићи код Чачка, ће бити модификован применом цирконијум-изопропоксида, цирконијум-оксихлорида и лантан-нитрата, при чему у случају цирконијум-изопропоксида бити варирана температура синтезе, а у случају цирконијум-оксихлорида и лантан-нитрата рН вредности воденог раствора ових соли, односно количина и температура термичке разградње урее. За карактеризацију синтетисаних адсорбената биће коришћене следеће методе: рендгенска дифракциона анализа (XRD), инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (FT-IR), скенирајућа електронска микроскопија са EDS анализом (SEM-EDS), диференцијално-термијска и термо-гравиметријска анализа (DTA-TGA), рендгенска фотоелектронска спектроскопија (XPS), као и одређивање текстуалних својстава BET методом и тачке нултог наелектрисања методом уравнотежавања посебних проба.

Адсорпционе перформансе синтетисаних композита биће испитане при различитим рН вредностима раствора, концентрацијама фосфата и временима контакта адсорбента и раствора. Концентрације фосфора након адсорпције биће одређиване UV-Vis спектрофотометријом. У описивању процеса адсорпције биће коришћени Ленгмиров (Langmuir) и Фројндлихов (Freundlich) модел адсорпционе изотерме, као и кинетички модели псеудо-првог реда, псеудо-другог реда и интрачестичне дифузије. Десорпција фосфата са засићених адсорбената биће испитана коришћењем киселих, базних и неутралних десорпционих средстава.

Могућност примене засићених адсорбената као додатака вештачким ђубривима биће испитивана на основу раста пшенице. Семе пшенице ће бити засађено у земљиште узорковано са њива на којима се пшеница гаји, при чему ће у једном случају земљишту бити додат засићен адсорбент, у другом случају комерцијално вештачко ђубриво са истим садржајем фосфора, а у трећем случају ће се користити земљиште без додатака фосфора. Пшеница ће бити гајена у условима контролисане влажности и температуре. Принос пшенице након одређеног времена биће процењен на основу висине и масе суве биљке.

5. Очекивани научни допринос

Оптимизацијом услова синтезе композитних адсорбената тако да се постигне покривање површине сепиолита у што тањем слоју или да се обезбеди депоновање што ситнијих, неагломерисаних честица оксида/хидроксида Zr и La који имају велики афинитет за фосфатне јоне, очекује се да се добије ефикасан и јефтин адсорбент за уклањање фосфата из загађених вода.

Очекује се да се на основу наведених истраживања остваре следећи научни доприноси:

- утврдиће се и објаснити утицај температуре на степен и равномерност депоновања оксида/хидроксида цирконијума на сепиолит током синтезе композитног адсорбента коришћењем алкоксида цирконијума у раствору толуола;

- утврдиће се и објаснити утицај рН вредности на величину и степен агрегисаности честица оксида/хидроксида Zr и La на сепиолиту током синтезе композитног адсорбента коришћењем водених раствора соли Zr и La;
- утврдиће се зависност величине и степена агрегисаности честица оксида/хидроксида Zr и La на сепиолиту током синтезе термичком разградњом урее од концентрације урее, температуре и времена разградње;
- утврдиће се зависност адсорпционих перформанси синтетисаних композитних адсорбената од параметара синтезе адсорбената и параметара адсорпције (рН, време, почетна концентрација фосфата);
- утврдиће се утицај засићених адсорбената као извора фосфора на раст и принос пшенице у поређењу са комерцијалним фосфатним вештачким ђубривом.

6. План истраживања и структура рада

Планиране активности у оквиру рада на овој докторској тези су:

- Преглед литературе у циљу анализе услова за синтезу композитних адсорбената наношењем оксида/хидроксида Zr и La на површину сепиолита;
- Синтеза композитних адсорбената коришћењем алкоксида цирконијума и соли цирконијума и лантана
- Карактеризација синтетисаних композитних адсорбената;
- Извођење експерименталних адсорпције/десорпције у шаржном систему и тумачење добијених резултата;
- Моделовање експериментално добијених резултата адсорпције одговарајућим адсорпционим и кинетичким моделима;
- Праћење раста семена пшенице у контролисаним условима и одређивање могућности примене засићених композитних адсорбената као додатка вештачким ђубривима за унос фосфора у земљиште;
- Представљање резултата у међународним часописима и на међународним конференцијама.

У докторској дисертацији ће бити приказана следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература*. У поглављу Увод биће дефинисани предмет истраживања и главни циљеви дисертације. У оквиру Теоријског дела докторске дисертације биће сумирана досадашња истраживања у области адсорпције фосфата из опадних и површинских вода. У оквиру Експерименталног дела, биће описани поступци за синтезу и карактеризацију материјала који су коришћени у дисертацији, као и услови извођења адсорпције и испитивања кинетике адсорпције и десорпције. У поглављу Резултати и дискусија биће приказани, анализирани и дискутовани резултати експерименталних истраживања. У поглављу Закључак биће сумирани сви кључни налази добијени на основу експерименталних резултата и њихове анализе. У поглављу Литература биће наведена коришћена литература, као и публикације које буду проистекле из ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидаткиња Жељка Ј. Миловановић (рођена Готовина), мастер инжењер технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође на основу изнетих података, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације Жељке Ј. Миловановић (рођене Готовина) под насловом „**Композитни адсорбенти на бази минерала сепиолита и оксида/хидроксида цирконијума и лантана за уклањање фосфата из воде**“ научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да је прихвати.

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијски инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За менторе се предлажу др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Славица Лазаревић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Београд, 04. 04. 2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

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

др Славица Лазаревић, виши научни сарадник Универзитета у
Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Ђорђе Јанаћковић, редовни професор Универзитета у
Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Слободан Цветковић, виши научни сарадник Универзитета у
Београду, Институт за хемију, технологију и металургију,
Институт од националног значаја за Републику Србију

др Ивона Јанковић-Частван, виши научни сарадник
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет