

Образац 1.

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/189
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

30.06.2020.
(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:

„Композити минерала лискуна и оксида метала за адсорпцију 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:

МЛАДЕН (Добривоје) БУГАРЧИЋ, мастер инжењер технологије

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

3. Година дипломирања: **2014.**

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

5. Година дипломирања: **2015**

Студент је уписан на докторске академске студије школске **2015/2016.** године.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће,** на седници одржаној **25.06.2020. 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 Младена Бугарчића

Име и презиме ментора: Милан Миливојевић

Звање: Ванредни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **M. Milivojevic**, S. Pavlou, B. Bugarski, Liquid velocity in a high-solids-loading three phase external-loop airlift reactor, J. Chem. Technol. Biotechnol. 87 (11) (2012), pp. 1529-1540. ISSN: 0268-2575, IF 2012: 2.504
2. **M. Milivojevic**, I. Pajic-Lijakovic, S. Pavlou, B. Bugarski, Dependence of slip velocity on operating parameters of air-lift bioreactors, Chem. Eng. J. 123 (2007) pp. 117-123. ISSN: 1385-8947, IF 2008: 2.813
3. S. Levic, V. Djordjevic, N. Rajic, **M. Milivojevic**, B. Bugarski, V. Nedovic, Entrapment of ethyl vanillin in calcium alginate and calcium alginate/poly(vinyl alcohol) beads, Chem. Pap. 67 (2) (2013) pp 221-228. ISSN: 0366-6352, IF 2014: 1.468
4. **M. Milivojević**, D. Andrejić, B. Bugarski, Uticaj geometrije pneumatskog reaktora sa spoljašnjom recirkulacijom na njegove hidrodinamičke osobine, Hem. ind., 64 (1) (2010), pp. 35-46, ISSN: 0367-598X, IF 2010: 0.137
5. Pajic-Lijakovic, **M. Milivojevic**, Modeling analysis of the lipid bilayer-cytoskeleton coupling in erythrocyte membrane, Biomech. Model. Mechan. 13 (5) (2014), pp. 1097-1104. ISSN: 1617-7959, IF 2014: 3.145

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

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа

обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

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

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 24.06.2020.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Младен Д. Бугарчић**

Име и презиме ментора: **Зорица Р. Лопичић**

Звање: научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Šoštarić, T., Petrović, M., Stojanović, J., Marković, M., Avdalović, J., Hosseini-Bandegharai, A., **Lopičić, Z.**: *Structural changes of waste biomass induced by alkaline treatment: the effect on crystallinity and thermal properties*. Biomass Conversion and Biorefinery, 2020, DOI:10.1007/s13399-020-00766-2, ISSN 2190-6815, IF (2018) = 2,326;
2. **Lopičić Z.**, Stojanović, M., Marković S., Milojković J., Mihajlović, M., Kaluđerović Radoičić T., Kijevčanin, M.: *Effects of different mechanical treatments on structural changes of lignocellulosic waste biomass and subsequent Cu(II) removal kinetics*, Arabian Journal of Chemistry, 2019, 12, pp. 4091-4103. ISSN 1878-5352, IF (2018) = 3,298;
3. Milojković, J. V, **Lopičić, Z. R.**, Anastopoulos, I. P., Petrović, J. T., Milićević, S. Z., Petrović, M. S., Stojanović, M. D.: *Performance of aquatic weed - Waste Myriophyllum spicatum immobilized in alginate beads for the removal of Pb (II)*. Journal of Environmental Management, 2019, 232, pp. 97–109. ISSN 0301-4797, IF (2018) = 4.865;
4. Mihajlović, M., Petrović, J., Maletić, S., Isakovski, M., Stojanović, M. **Lopičić, Z.**, Trifunović, S.: *Hydrothermal carbonization of Miscanthus x giganteus: Structural and fuel properties of hydrochars and organic profile with the ecotoxicological assessment of the liquid phase*, Energy conversion and management, 2018, 159, pp. 254-263. ISSN 0196-8904, IF (2018) = 7,181;
5. **Lopičić, Z.**, Stojanović, M., Kaluđerović Radoičić, T., Milojković, J., Petrović, M., Mihajlović, M., Kijevčanin, M.: *Optimization of the process of Cu(II) sorption by mechanically treated Prunus persica L. - Contribution to sustainability in food processing industry*, Journal of Cleaner Production, 2017, 156, pp. 95-105. ISSN 0959-6526, IF(2016)=5,715.

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: 24.06.2020.

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 25.06.2020. 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 **Младена Бугарчића**, број индекса 4001/2015, под називом: **„Композити минерала лискуна и оксида метала за адсорпцију јона метала из воде“**.

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

За ментора се одређује др Милан Миливојевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, а за коментора др Зорица Лопичић, научни сарадник Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Технолошко-металуршки факултет
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Младена (Добривоје) Бугарчића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/39 од 05.03.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Младена (Добривоје) Бугарчића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „КОМПОЗИТИ МИНЕРАЛА ГЛИНА И ОКСИДА МЕТАЛА ЗА АДСОРПЦИЈУ ЈОНА МЕТАЛА ИЗ ВОДЕ“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Младен (Добривоје) Бугарчић маст. дипл. инж. технологије, рођен је 21.03.1991. године у Чачку. Основну школу завршио је у Гучи, а након ње и Гимназију у Чачку. Године 2010. уписао је студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство, одсек електрохемијско инжењерство а дипломирао је 2014. године, са темом „Карактеристике самопуњивих акумулатора на бази полипирила и цинка“. Мастер академске студије уписао је школске 2014/2015. године на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, студијски програм Хемијско Инжењерство, мастер студије завршава 2015. године са темом „Хемијска и експериментална карактеризација двобазних ракетних горива“. Новембра 2015. године уписао је докторске студије на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, студијски програм Хемијско Инжењерство.

У периоду од новембра 2016. године до сада Младен Бугарчић запослен је као истраживач приправник у Центру за металуршке технологије Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина, у Београду.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Од новембра 2016. године Младен Бугарчић ангажован је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ТР 34023 под називом „Развој технолошких процеса прераде нестандартних концентрата бакра у циљу оптимизације емисије загађујућих материја“, којим руководи др Нада Штрбац, редовни професор. У оквиру овог пројекта Младен Бугарчић ради као истраживач у Центру за металуршке технологије, где се бави хидрометалургијом и заштитом животне средине.

У току 2019. године, као сарадник учествује на иновационом ваучеру Фонда за иновациону делатност, са следећом понудом „Производња еколошки прихватљивијих антикорозивних и других помоћних средстава за производњу индустријских премаза“. Учествовао је на такмичењу за Најбољу технолошку иновацију 2019. године у конкуренцији „Студенти“ и заједно са својим тимом освојио друго место.

У оквиру докторских студија положио је све испите предвиђене студијским планом и програмом са просечном оценом 9,55 и одбранио завршни испит са оценом 10.

Положени испити и остварени бодови у оквиру докторских студија:

	Предмет	Број ЕСПБ	Оцена
1.	Хемија хетероцикличних једињења	5	10
2.	Материјали за обновљиве изворе енергије	5	10
3.	Хемија метал-органичких једињења	5	10
4.	Хемијска кинетика	5	9
5.	Физика материјала	4	10
6.	Физика чврстог стања	4	10
7.	Одабрана поглавља математичке анализе	5	10
8.	Феномени преноса у инжењерству материјала	5	10
9.	Хемијска термодинамика	5	10
10.	Физичко-механичка испитивања материјала-виши курс	5	9
11.	Процесирање материјала за електронику	5	10
12.	Енглески језик	-	положио
13.	Завршни испит	30	10
	Укупно	83	9,83

Област научно-истраживачког рада Младена Бугарчић обухвата модификацију минералних и неминералних сировина, њихову физичко-хемијску карактеризацију и испитивање адсорпционих својстава добијених или нативних материјала. Такође, његово ангажовање је усмерено на формулисање технологије пречишћавања вода од хемијских полутаната, са акцентом на јоне метала, како у катјонском тако и анјонском облику.

Младен Бугарчић је објавио пет радова у часописима међународног значаја (M20), једно саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33), осам саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34), два рада у врхунским часописима националног значаја (M51) и четири саопштења са скупова националног значаја штампаних у изводу (M64).

Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

Рад у међународном часопису (M23)

1. Sokić M., Stojanović J., Marković B., **Bugarčić M.**, Štrbac N., Kamberović Ž., Manojlović V.: *Uticaј strukturno-teksturnih karakteristika sulfidnih minerala na njihovo luženje iz polimetaličnog koncentrata rastvorom natriјum-nitrata i sumporne kiseline*, Hemiјska industriја, Vol. 71, No. 6, 2017, pp. 461-469. ISSN 1674-4799, IF (2017) = 0,591 (Engineering, Chemical 114/137), <https://doi.org/10.2298/HEMIND161130006S>

Рад у националном часопису од међународног значаја верификован посебном одлуком (M24)

1. Marković B., Manasijević D., Talijan N., Sokić M., Štrbac N., Aleksandra Patarić, **Bugarčić M.**: *Ternary Bi-Cu-Ni alloys – thermodynamics, characterization, mechanical and electrical properties*, Metallurgical and Materials Engineering, Vol 23, No 3, 2017, pp. 241-254. ISSN 2217-8961, UDC: 661.887.018.5. <https://doi.org/10.30544/316>
2. Janjušević Z., Matković V., **Bugarčić M.**, Sokić M., Marković B., Manojlović V., Patarić A.: *Molybdenum recovery as alloying agent from waste molybdenum solution*, *Zaštita materijala*,

3. **Bugarčić M.**, Milivojević M., Marinković A., Marković B., Sokić M., Petronijević N., Stojanović J.: *Application of raw volcanic rock found in Etna valley as an adsorbent of chromates, arsenates and selenates*, Metallurgical and Materials Engineering, Vol 24, No 2, 2018, pp. 133-144. ISSN 2217-8961, <https://doi.org/10.30544/366>
4. Stanković S., Šoštarić T., **Bugarčić M.**, Janićijević A., Pantović Spajić K., Lopičić Z.: *Adsorption of Cu(II) ions from synthetic solution by sunflower seed husks*, Acta Periodica Technologica, Vol 50, 2019, pp. 268-277, <https://doi.org/10.2298/APT1950268S>
5. Milošević M., Daničić D., Kovačina J., **Bugarčić M.**, Rusmirović J., Kovačević T., Marinković A.: *Primena modifikovanih tanina u antikorozijskim alkidnim premazima*, Zaštita materijala, Vol 60, No 1, 2019, pp. 81-95, ISSN 2466-2585, UDC: 620.197.60, <https://doi.org/10.5937/zasmat1901081M>

Саопштење са међународних скупова штампана у целини (M33)

1. Janjušević Z., Matković V., **Bugarčić M.**, Sokić M., Marković B., Manojlović V., Patarić A.: *Molybdenum recovery from acid waste solution and its alloying in grey cast iron*, Proceedings of International the 49th International October Conference on Mining and Metallurgy, Ed.: N. Štrbac, I. Marković, Lj. Balanović, 18-21 October, 2017, Bor Lake, Serbia, pp. 598-601, ISBN 978-86-6305-066-2.

Саопштење са међународних скупова штампаних у изводу (M34)

1. Sokić M., Marković B., Kamberović Ž., Štrbac N., Matković V., Manojlović V., **Bugarčić M.**: *Sphalerite passivation during the leaching sodium nitrate and sulphuric acid solution*, International Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe MME SEE 2017, Ed.: K. Raić & D. Glišić, Book of abstracts, 1 – 3 June 2017, Belgrade, Serbia, pp. 47, ISBN 978-86-87183-29-2.
2. Manojlović V., Kamberović Ž., Gavrilovski M., Sokić M., Marković B., **Bugarčić M.**: *Heat balance calculation for freeze lining smelting process*, Book of abstracts of Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe MME SEE 2017, Ed.: K. Raić & D. Glišić, 1 – 3 June 2017, Belgrade, Serbia, pp.55, ISBN 978-86-87183-29-2.
3. Ćosović A., Adamović V., Šoštarić T., Lopičić Z., **Bugarčić M.**, Petrović M.: *Primena jalovine kao sorpcionog materijala za prečišćavanje otpadnih voda*, Međunarodna naučna konferencija "Zelena ekonomija i zaštita životne sredine" Knjiga apstrakata, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije "Ecologica", Urednik: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović, Beograd 23-25. April 2018. str. 74. ISSN 0354-3285.
4. **Bugarčić M.**, Milivojević M., Marinković A., Sokić M., Marković B.: *Adsorption of chromates, arsenates and selenates on raw volcanic rock found on etna*, VIIIth International Congress of Metallurgists of Macedonia "METALLURGY, MATERIALS AND ENVIRONMENT", Book of abstract, Ed.: Perica Paunović, Svetlo Cvetkovski & Goran Načevski, 30 May - 3 June 2018, Ohrid, pp. 94. ISBN 978-9989-9571-9-2.

5. Sokić M., Marković B., Stojanović J., Spasić A., Manojlović V., **Bugarčić M.**, Stanković S.: *Mechanism of sulfide minerals leaching from complex concentrate by hydrogen peroxide and sulfuric acid solution*, 23rd International Congress of Chemical and Process Engineering, CHISA 2018 Prague, Book of Abstract, 25-29 August 2018, Prague, Czech Republic, P3.16, [931], <https://secure.confis.cz/chisa2018/ProgramFin/Authors.aspx>.
6. Štrbac N., Sokić M., Minić D., Božinović K., **Bugarčić M.**, Stojanović J., Mitovski A.: *Oxidation roasting of pentlandite samples at elevated temperatures*, 4th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe 2019, Book of Abstract, Ed: D. Glišić, B. Marković, V. Manojlović, 5 – 7 June 2019., Belgrade, pp. 60, ISBN 978-86-87183-30-8.
7. **Bugarčić M.**, Milivojević M., Jovanović G., Milošević D., Daković A., Stojanović J.: *Synthesis and characterization of composites based on expanded vermiculite and ferrite spinels*, 4th Metallurgical and Materials Engineering Congress of South-East Europe 2019, Book of Abstract, Ed: D. Glišić, B. Marković, V. Manojlović, 5– 7 June 2019., Belgrade, pp. 35. ISBN 978-86-87183-30-8,
8. **Bugarčić M.**, Perendija J., Milošević M., Milošević D., Obradović M., Karić N.: *Nickel removal from aqueous solution using composite based on magnetite/expanded vermiculite*, 6th International students conference of technical sciences, Book of Abstracts Ed: S. Stojadinović, Lj. Balanović, 25 – 27 September, Bor, Serbia, pp. 9, ISBN 978-86-6305-100-3.

Radovi objavljeni u vrhunskim časopisima nacionalnog značaja (M51)

1. Marković B., Manasijević D., Sokić M., Manojlović V., Patarić A., **Bugarčić M.**: *Ispitivanje fazne ravnoteže i karakterizacija legura preseka Bi-Cu_{0.5}Ni_{0.5} ternarnog sistema Bi-Cu-Ni*, Tehnika-RGM, Vol. 68, No 5, 2017, pp. 681 - 685, ISSN 0040-2176.
2. Čosović A., Adamović V., Šoštarić T., Lopičić Z., **Bugarčić M.**, Petrović M.: *Primena jalovine kao sorpcionog materijala za prečišćavanje otpadnih voda*, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije "Ecologica", Urednik: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović, Časopis Ecologica broj Broj 95, 2019, str. 343-347. ISSN: 0354-3285.

Časopisiteđa sa skupova nacionalnog značaja štampanih u izvodu (M64)

1. Marković B., Manasijević D., Sokić M., Talijan N., Štrbac N., Manojlović V., Janjušević Z., **Bugarčić M.**: *Thermal analysis application on the phase equilibria investigation of the alloys in the Bi- Cu_{0.75}Ni_{0.25} section of the Bi-Cu-Ni system*, Osmi simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Zbornik izvoda radova, Urednik: D.Minić, Kosovska Mitrovica, 19-20. jun 2017, pp.77-78. ISBN: 978-86-80893-71-6.
2. Sokić M., Marković B., Štrbac N., Kamberović Ž., Manojlović V., Matković V., **Bugarčić M.**: *Mechanism of polymetallic concentrate leaching with sulfuric acid and hydrogen peroxide solution*, Osmi simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Zbornik izvoda radova, Urednik: D.Minić, Kosovska Mitrovica, 19-20. jun 2017, pp. 81-83, ISBN: 978-86-80893-71-6.
3. Manojlović V., Sokić M., Kamberović Ž., Gavrilovski M., Marković B., **Bugarčić M.**: *Exergy analysis for aluminothermic processing of waste materials*, Osmi simpozijum o termodinamici i faznim dijagramima, Zbornik izvoda radova, Urednik: D.Minić, Kosovska Mitrovica, 19-20. jun 2017, pp. 88-89, ISBN: 978-86-80893-71-6.

4. Perendija J., Milošević D., **Bugarčić M.**, Marinković A.: *Removal of hexavalent chromium Cr(VI) from aqueous solutions using cellulose-magnetite membrane CelMag- M*, 7th Conference of the Young Chemists of Serbia, Belgrade, November 2019, pp.146. ISBN: 978-86-7132-076-4.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и остварених резултата током докторских студија и у оквиру научно-истраживачког рада на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја и на пројектима везаним за сарадњу са привредом, Младен Бугарчић је показао склоност и способност како за самосталан, тако и за тимски и научно-истраживачки рад. До сада је објавио пет радова рада у међународним часописима, међу којима један у међународном часопису M23 категорије. Сходно наведеном, Комисија сматра да Младен Бугарчић, маг. дипл. инж. технологије, квалитетом остварених научних резултата, као и својим ангажовањем у научно-истраживачком раду, испуњава све потребне услове за пријаву тему докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања предвиђен овом докторском дисертацијом односиће се на припрему сирових узорака богатих минералима лискуна, њихову модификацију оксидима метала и проучавање адсорпционих својстава добијених композита. Добијени материјали биће детаљно окарактерисани одговарајућим физичко – хемијским методама, док ће за испитиване адсорпционе процесе бити испитана термодинамика и кинетика као и механизам везивања јона метала из водених раствора).

Искуство показује да је тренутно у примени велики број адсорбената за уклањање јона метала на бази минералних сировина, при чему су материјали на бази минерала лискуна веома обећавајући избор када су у питању адсорбенти јона метала из воде. Имајући у виду њихову високу специфичну површину, слојевиту структуру, капацитет јонске измене, механичку и хемијску стабилност, итд. разумљиво је да су ови материјали често испитивани адсорбенти јона метала [1]. Међутим, одговарајућом припремом и модификацијом нативних сировина могуће је добити композите побољшаних или потпуно нових својстава у односу на полазне узорке (као што су нпр. феромагнетна својства или повећан адсорпциони капацитет). Последњих година активно се врше истраживања која имају за циљ добијање сорбената магнетних својстава, као што су композити на бази магнетита [2], манган ферита [3], гетита [4], хематита [5] и бројни други.

У циљу добијања композита жељених својстава вршиће се модификација узорака минерала лискуна и то: магнетитом, гетитом, манган феритом, кобалт феритом и мешовитим оксидом хрома и магнетита. Композити минерала лискуна и магнетита као и композити са гетитом припремаће се методом преципитације док ће се остали композити добити применом солвотермалне преципитационе методе. Нативни узорци ће бити припремани различитим методама: прва група узорака биће киселински активирана, друга подвргнута вакууму, а трећа сушена различитим методама- Од самог поступка претходне припреме зависиће и структура добијених композита. Добијени композити знатно ће се разликовати како по структури наталожених оксида метала (која зависи и од почетних реактаната али и од методе преципитације), тако и по капацитету јонске измене, саставу интеркалационог слоја, његовом капацитету јонске измене као и специфичној површини, рН вредности изоелектричне тачке, као и самој изоелектричној тачци.

Узевши у обзир да још увек не постоје литературни подаци о постојању ових композита, као и чињеницу да ови композити могу имати знатно другачија својства у односу на почетну сировину, претпоставља се да ће се њихове физичко-хемијске карактеристике као и адсорпциона својства битно разликовати. У овој дисертацији биће опсежно проучавана

поменута својства и то следећим методама: скенирајућа електронска микроскопија (SEM), инфрацрвена спектроскопија уз Фуријеову трансформацију спектра (FTIR), дифракција X-зрака на спрашеном узорку (XRD), специфична површина узорака и расподела пречника унутрашњих пора одређивањем параметара Brunauer-Emmett-Teller изотерме (BET) адсорпцијом течног азота на узорку, изоелектрична pH вредност полазних и новодобијених узорака, капацитет јонске измене (eng Cation Exchange Capacity, CEC), термогравиметријска анализа (TG-DTA)

Шаржном адсорпцијом проучиће се комплетна термодинамика адсорпционог процеса и то мерењем равнотежне концентрације у функцији од дозе адсорбента при изотермним условима дефинисаће се оптималан модел адсорпције и параметри адсорпционе изотерме који га најбоље описују као и термодинамички параметри као што су промена енталпије, ентропије и слободне енергије укупног адсорпционог процеса. Из ових података биће израчуната изостерична топлота адсорпције али и начин везивања јона метала. Мерењем капацитета уклањања у функцији контактеног времена може се у потпуности описати кинетички модел адсорпције као и активациони параметри самог процеса адсорпције. Сва мерења равнотежне као и тренутне концентрације јона метала у раствору биће вршена применом атомске адсорпционе спектроскопије (енгл. Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS)). Осим шаржне адсорпције биће вршена и континуална адсорпција којом ће се дефинисати модел и параметри модела континуалне адсорпције, као и оптимални параметри вођења процеса пречишћавања воде од јона метала у реалним условима. На крају ће бити вршена и десорпција јона метала, односно регенерација адсорбената, уз дефинисање оптималних параметара десорпције, те ће на основу тога бити детерминисан могући број регенерација испитиваних адсорбената у појединим случајевима.

Један од циљева ове тезе је и добијање адсорбената магнетних својстава, тако да ће бити испитивана и њихова магнетна својства, а пре свега криве магнетног хистерезиса, као и параметри који се директно добијају из криве магнетног хистерезиса (пре свега коерцитивност). У зависности од коерцитивности дефинисаће се да ли је потребно повећати садржај оксида метала у композиту или променити приступ у припреми композита.

3. Полазне хипотезе

Процеси пречишћавања воде данас су постали неопходни ради очувања целокупног екосистема, а један од процеса пречишћавања воде који има широку примену због своје једноставности, поузданости и доступности јесте адсорпција. Најважнија фаза у планирању погона за пречишћавање воде (или другог медијума) јесте избор и припрема адсорбента који чини језгро самог процеса. Комерцијални адсорбенти који су данас у широкој примени базирају се на активном угљу, зеолитима, алумини и силика гелу. Међутим и даље се развијају нови адсорбенти који би заменили претходно наведене, а који би били повољнији за припрему или супериорнији када је у питању регенерација адсорбента, његов адсорпциони капацитет или кинетички параметри. Данас се активно проучавају тзв. јефтине адсорбенти у које се убрајају отпаци из пољопривредне производње или из прехранбене индустрије али и веома доступне минералне сировине међу којима су фиосиликатни минерали у које се убрајају и лискуни. Параметри који одређују физичко-хемијска и механичка својства адсорбента су од изузетне важности за вођење адсорпционог процеса, при чему је често пожељно да адсорбент поседује и магнетна својства чиме се олакшава процес сепарације адсорбента од медијума који се пречишћава. У зависности од циљаних карактеристика самог адсорбента, могуће је процес припреме водити у различитим правцима.

Познато је да лискуни поседују својство бубрења односно експандовања, што је веома значајно, јер се експандовањем може повећати њихова специфична површина, која је важан параметар за сваки адсорбент. Осим тога након експандовања ови минерали поседовали би додатну површину коју је могуће модификовати односно начинити композите. Композити лискуна и катјонских суфрактаната су већ већ понашли примену у уклањању боја, међутим

постоје теоретске основе које указују на могућност њихове модификације и припреме минералних композита лискуна, што би побољшало њихове карактеристике. Наиме, неки лискуни у свом интеркалационом слоју поседују изменљиве катјоне алкалних и земноалкалних метала, што пружа могућност да се ови катјони измене катјонима метала потребним за синтезу оксида, чиме се добија одговарајући композит. Ако при том оксиди метала имају феромагнетна својства, добија се композит који, осим својстава лискуна (велика специфична површина и способност јонске измене) поседује и специфично својство које би учинило адсорбент још погоднијим за практичну примену у индустрији.

4. Научне методе истраживања

Почетни материјали од којих ће се градити композити представљају нативне узорке лискуна односно готове, комерцијално доступне узорке лискуна. Нативни узорци лискуна односно комерцијално доступни лискуни биће пречишћени а потом сушени различитим методама (конвективно сушење, сушење у вакууму, сушење из различитих органских медијума) након чега ће се на њихову површину наносити оксиди метала. Наношење оксида метала биће вршено класичним преципитационим методама као и солвотермалним преципитационим методама.

Хемијски састав полазних узорака лискуна, њиховог интеркалационог слоја, састав добијених композита као и садржај јона метала у узорцима воде током експеримената адсорпције биће испитивани атомском адсорпционом и атомском емисионом спектроскопијом (AAS и AES).

Структура и величина нанетих честица оксида метала на лискунима биће одређена коришћењем скенирајуће електронске микроскопије (SEM) док ће се хемијски састав нанетих оксида утврдити коришћењем скенирајуће електронске микроскопије уз мерење дисперговане енергије X-зрака (енгл. SEM-EDX). У зависности од добијених снимака мењаће се и приступ припреме композита односно претходне припреме узорака.

Специфична површина како полазних узорака, а тако и добијених композита биће одређена адсорпцијом течног азота на узорцима и одређивањем параметара Brunauer-Emmett-Teller (BET) изотерме, а истом методом биће одређена и расподела димензија пора унутар узорака.

Мерење порозности узорака биће одређена методом по Сонтхајмеру [6].

Садржај хидроксилних група у узорку биће одређен стандардизованом методом за мерење садржаја хидроксилних група у полимеру (метода је поуздана и за утврђивање садржаја хидроксилних група и у узорцима минералног порекла).

Капацитет јонске измене почетних узорака и композита биће одређен методом описаном у раду Минга и Диксона [7] уз накнадно мерење садржаја јона метала из добијених раствора добијених процесом јонске измене претходно наведеним спектроскопским методама (AAS и AES).

Изоелектрична рН вредност узорака адсорбена са биће одређена коришћењем методе коју је описао Милоњић и сарадници [8].

Минералошки састав почетних узорака лискуна као и узорака добијених композита како пре тако и након адсорпције вршиће се мерењем интензитета дифрактованих X-зрака на спрашеном узорку (XRD). Истом методом могуће је одредити и дебљину интеркалационог слоја као и дејство алтерације једних минерала у друге.

Коришћењем инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом одредиће се присуство функционалних група (FTIR) у основном узорку и у композиту, пре и након адсорпције.

Термалном анализом (TG-DTA) добиће се увид у потенцијалне термијске карактеристике узорака, њихову термичку стабилност, као и могуће фазне прелазе који се дешавају на повишеним температурама.

У циљу одређивања садржаја јона метала пре и након адсорпције, као и садржаја одговарајућих катјона примениће се метода атомске апсорпционе спектрометрије (ААС). Сви сорпциони експерименти биће обављени у шаржном систему са мешањем. Експериментално добијени резултати биће моделовани различитим кинетичким и изотермским моделима. На основу примењених модела добиће се параметри који ће даље послужити за објашњење брзине уклањања бакра, адсорпционих механизма, афинитета сорбента као и својствима његове површине. На основу термодинамичких величина (промена Гибсове енергије (ΔG), промена енталпије (ΔH) и промена ентропије (ΔS)) биће одређена енергија и тип сорпције као и афинитет биомасе према бакру. Кинетички параметри термалне декомпозиције (активациона енергија, пре-експоненцијални фактор и ред реакције) биће одређени за сваку реакциону зону појединачно применом термо-аналитичких техника на реакциону кинетику.

Коришћена литература:

- [1] S. Sen Gupta, K.G. Bhattacharyya, Adsorption of heavy metals on kaolinite and montmorillonite: A review, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 14 (2012) 6698–6723. <https://doi.org/10.1039/c2cp40093f>.
- [2] L. Giraldo, A. Erto, J.C. Moreno-Piraján, Magnetite nanoparticles for removal of heavy metals from aqueous solutions: Synthesis and characterization, *Adsorption*. 19 (2013) 465–474. <https://doi.org/10.1007/s10450-012-9468-1>.
- [3] P.T.L. Huong, L.T. Huy, V.N. Phan, T.Q. Huy, M.H. Nam, V.D. Lam, A.T. Le, Application of Graphene Oxide-MnFe₂O₄ Magnetic Nanohybrids as Magnetically Separable Adsorbent for Highly Efficient Removal of Arsenic from Water, *J. Electron. Mater.* 45 (2016) 2372–2380. <https://doi.org/10.1007/s11664-015-4314-3>.
- [4] A. Jaiswal, S. Banerjee, R. Mani, M.C. Chattopadhyaya, Synthesis, characterization and application of goethite mineral as an adsorbent, *J. Environ. Chem. Eng.* 1 (2013) 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.05.007>.
- [5] V.A. Grover, J. Hu, K.E. Engates, H.J. Shipley, Adsorption and desorption of bivalent metals to hematite nanoparticles, *Environ. Toxicol. Chem.* 31 (2012) 86–92. <https://doi.org/10.1002/etc.712>.
- [6] H. Sontheimer, J.C. Crittenden, R.S. Summers, Activated carbon for water treatment, Second edi, DVGW-Forschungsstelle, Karlsruhe, 1988.
- [7] D.W. Ming, J.B. Dixon, Quantitative determination of clinoptilolite in soils by a cation-exchange capacity method, *Clays Clay Miner.* 35 (1987) 463–468. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1987.0350607>.
- [8] S.K. Milonjić, A.L. Ruvarac, M. V. Šušić, The heat of immersion of natural magnetite in aqueous solutions, *Thermochim. Acta.* 11 (1975) 261–266. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(75\)85095-7](https://doi.org/10.1016/0040-6031(75)85095-7).

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације:

- допринети развоју бројних минералних композита;
- дати предлог синтезе нових композита минерала лискуна и оксида метала који показују боља адсорпциона својства од полазног материјала;
- допринети сазнањима о односу структуре и својстава испитиваних композита, применом познатих, стандардизованих метода;
- приказати детаљну анализу утицаја структуре, величине и расподеле нанетих честица оксида метала на термодинамичке и кинетичке параметре адсорпције;
- омогућити описивање механизма целокупног процеса адсорпције као и процеса преноса масе јонске врсте метала до површине адсорбента;

- обезбедити оптималне процесне параметре вођења адсорпционог процеса као и процеса десорпције односно регенерације адсорбента;
- дати фундаменталне резултате о утицају реакционих услова на физичко-хемијска својства адсорбената као што је изоелектрична рН и описати процес могуће алтерације једне минералне фазе у другу (унутар исте изоморфне серије);
- публикавање резултата у истакнутим међународним часописима.

6. План истраживања и структура рада

Предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације ће обухватити припрему, модификацију и карактеризацију добијених композита лискуна и оксида метала, као и њихове адсорпционе карактеристике. У изради тезе биће коришћени комерцијални или природни узорци лискуна који ће накнадно бити пречишћени, а потом третирани на одговарајући начин (киселинска активација, третман вакуумом, сушење различитим методама).

У следећој фази биће извршена припрема композита лискуна и оксида метала солвотерманом преципитационом или стандардном преципитационом методом уз утврђивање оптималних параметара за извођење синтезе оксида. Добијени композити биће карактерисани физичко-хемијски а потом ће бити утврђена и њихова адсорпциона својства према јонима метала.

Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити приказана следећа поглавља: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Резултати и дискусија*, *Закључак* и *Литература*.

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

У оквиру *Теоријског дела* докторске дисертације биће дат преглед, у литератури приказаних релевантних истраживања, везаних за:

- истакнути досадашњи комерцијални адсорбенти који се користе за уклањање јона метала из воде, њихова својства, предности и мане. Ово ће бити упоређено са лискунима, њиховим физичко-хемијским својствима;
- методе припреме оксида метала;
- проучавање утицаја реакционих услова на структуру, величину и принос оксида метала депонованих на лискуне;
- приказ термодинамичких и кинетичких модела који описују феномен адсорпције.

Експериментални део ће обухватити следеће:

- опис припреме и модификације узорака лискуна одговарајућим оксидима метала;
- методе структурног и хемијског карактерисања добијених композита (XRD, SEM-EDS, FTIR, BET, CEC, изоелектрична рН, AAS, AES);
- методе одређивања физичких и физичко-хемијских својстава својстава узорака (метода магнетног хистерезиса, TG-DTA);
- методе експерименталног одређивања порозности, и садржаја хидроксилних група у узорку (Сонтхајмерова порозност и стандардизована метода одређивања садржаја хидроксилних група у узорку полимера);
- дефинисање параметара адсорпције метала (параметри адсорпционих изотерми, термодинамички и кинетички параметри адсорпције (реакциони и дифузиони), као и активациони параметри процеса адсорпције) као и оптимизација процеса десорпције.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и анализирани резултати карактеризације полазних узорака лискуна као и добијених композита, адсорпциона својства

и оптимални параметри адсорпције/десорпције односно регенерације испитиваних адсорбена. Приказаће се механизам адсорпције јона метала на припремљене адсорбенте. Такође ће бити приказани и дискутовани резултати испитивања утицаја реакционих услова и реагенса на принос, структуру и димензије депонованих оксида метала на лискунима. Такође ће бити приказан и утицај присуства депонованих оксида метала у композиту на адсорпциона својства композита. Биће дискутовано и на који начин структура и физичко-хемијска својства адсорбена утичу на адсорпцију изабраних јонских врста метала.

У поглављу *Закључак* биће сумирани закључци и дати коментари резултата добијених у дисертацији уз наглашавање научног доприноса, као и могућих праваца даљих истраживања.

Литература ће садржати литературне наводе који су цитирани у дисертацији, као и радове проистекле током истраживања као резултат израде ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног Комисија сматра да кандидат МЛАДЕН Д. БУГАРЧИЋ испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу изложених података, комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације: „КОМПОЗИТИ МИНЕРАЛА ЛИСКУНА И ОКСИДА МЕТАЛА ЗА АДСОРПЦИЈУ ЈОНА МЕТАЛА ИЗ ВОДЕ“ научно утемељена. Предложени наслов теме је промењен, тако да је уместо речи "ГЛИНА" унета реч "ЛИСКУНА". Ова измена је извршена зато што су у досадашњим истраживањима коришћени минерала лискуна а не глина. Резултати ових истраживања треба да дају допринос у развоју нових адсорбена као и развоју минералних композита на бази лискуна. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Младену Д. Бугарчићу одобри израду докторске дисертације под насловом наведеним у Закључку. За менторе се предлажу др Милан Миливојевић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета и др Зорица Лопичић, научни сарадник Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Београду.

У Београду, 18.06.2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

др Зорица Лопичић, научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних
сировина

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

др Александра Перић Грујић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Татјана Шоштарић, научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних
сировина