

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Факултет за физичку хемију

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Веће научних области природних наука

Датум: 13.06.2024.  
Захтев број: 897/2

## **ЗАХТЕВ**

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22, 236/22, 241/22, 243/22, 244/23 245/23 и 247/23), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Проучавање дисперзионе микроекстракције ретких земних елемената и утицаја њиховог присуства у лебдећем пепелу на животну средину**

**НАУЧНА ОБЛАСТ: Физичка хемија - контрола и заштита животне средине, физичка хемија материјала**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Латинка (Јегдомир) Славковић Бешкоски**
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):  
**Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију, мастер академске студије физичке хемије**
3. Година дипломирања: **2002.**
4. Година уписа на докторске студије: **2022.**
5. Назив студијског програма докторских студија: **Докторске академске студије физичке хемије**
6. Датум подношења пријаве теме докторске дисертације: **06.06.2024.**

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: **др Љубиша Игњатовић**

Звање: **редовни професор, Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1) D. Popadić, N. Gavrilov, Lj. Ignjatović, D. Krajišnik, S. Mentus, M. Milojević-Rakić, D. Bajuk-Bogdanović, „How to Obtain Maximum Environmental Applicability from Natural Silicates“, Catalysts, 12(5) (2022) 519. <https://doi.org/10.3390/catal12050519>

2) S.J. Stojanović, M.R. Vranješ, Z.V. Šaponjić, V.A. Rac, V.M. Rakić, Lj.M. Ignjatović, Lj.Damjanović-Vasilic, „Photocatalytic performance of TiO<sub>2</sub>/zeolites under simulated solar light for removal of atenolol from aqueous solution“, Int. J. Environ. Sci. Technol. 20 (2023) 1-16. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04305-6>

3) Ž.N. Todorović, J.M. Radulović, I.D. Sredović Ignjatović, Lj.M. Ignjatović, A.E. Onjia, Ambient air particles: The use of ion chromatography and multivariate techniques in the analysis of water-soluble substances, Journal of the Serbian Chemical Society 86 (7-8) (2021) 753 – 766. <https://doi.org/10.2298/JSC200826077T>

4) A. Jevremović, B. Nedić Vasiljević, A. Popa, S. Uskoković-Marković, Lj. Ignjatović, D. Bajuk-Bogdanović, M. Milojević-Rakić, „The environmental impact of potassium tungstophosphate/ZSM-5 zeolite: Insight into catalysis and adsorption processes“, Microporous and Mesoporous Materials, Vol. 35 (2021) 110925. [doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.110925](https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.110925)

5) S.M. Stanišić Stojić, Lj.M. Ignjatović, S. Popov, S. Škrivanj, A.R. Djordjević, A. Stojić, Heavy metal accumulation in wheat and barley: the effects of soil presence and liquid manure amendment, Plant Biosystems, 150(1) (2016) 104-110. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.976288>

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: **др Срђан Милетић**

Звање: **виши научни сарадник, Институт за хемију, технологију и металургију**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1) J. Avdalović, S. Miletić, O. Božović, T. Šolević Knudsen, D. Stanković, N. Lugonja, S. Spasić, K. Joksimović, I. Dragičević, M. M. Vrvic, Study on the assessment of humification processes during biodegradation of heavy residual fuel oil. Science of The Total Environment 797 (2021) 149099. (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149099>)

2) D. Đurović, Z. Đorđević, B. Mugoša, B. Bajić, A. Nikolić-Kokić, S. Miletić, S. Spasić, Half of expectant women in Montenegro show iodine deficiency, indicating that supplementation during pregnancy is necessary. International Journal of Gynecology & Obstetrics 160 (2023) 691–697. (<https://doi.org/10.1002/ijgo.14370>)

3) M. Lukić, J. Avdalović, G. Gojgić-Cvijović, A. Žerađanin, S. Mrazovac Kurilić, M. Ilić, S. Miletić, M. M. Vrvic, V. Beškoski, Industrial-scale bioremediation of a hydrocarbon-contaminated aquifer's sediment at the location of a heating plant, Belgrade, Serbia. *Clean Technologies and Environmental Policy* (2024). (<https://doi.org/110.1007/s10098-023-02724-8>)

4) S. Minić, M. Ješić, D. Đurović, S. Miletić, N. Lugonja, V. Marinković, A. Nikolić-Kokić, S. Spasić, M. M. Vrvic, Redox properties of transitional milk from mothers of preterm infants. *Journal of Paediatrics and Child Health* 54 (2018) 160–164. (<https://doi.org/10.1111/jpc.13676>)

5) N. Marić, I. Matic, P. Papić, V. P. Beškoski, M. Ilić, G. Gojgić-Cvijović, S. Miletić, Z. Nikić, M. M. Vrvic, Natural attenuation of petroleum hydrocarbons-a study of biodegradation effects in groundwater (Vitanovac, Serbia). *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (2018) 89. (<https://doi.org/10.1007/s10661-018-6462-4>)

Обавештавамо вас да је **Наставно-научно веће** на седници одржаној **13.06.2024. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

**ДЕКАН ФАКУЛТЕТА**

---

Прилог: 1. Одлука о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора.  
2. Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

Датум: 13.06.2024.

Број: 898

На основу члана 33. Статута Универзитета у Београду - Факултета за физичку хемију, Наставно-научно веће Факултета на IX редовној седници одржаној 20.05.2024. године доноси следећу

**О Д Л У К У**  
**о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора**

**1.-** Прихвата се позитивни извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **маст. физ.-хем. Латинке Славковић Бешкоски**, студента докторских студија, под називом **„Проучавање дисперзионе микроекстракције ретких земних елемената и утицаја њиховог присуства у лебдећем пепелу на животну средину“**, Комисије у саставу:

- 1) др Љубиша Игњатовић, редовни професор, Факултет за физичку хемију,
- 2) др Драган Ранковић, виши научни сарадник, Факултет за физичку хемију,
- 3) др Милица Лучић, научни сарадник, Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета - Универзитета у Београду,
- 4) др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор, Факултет за физичку хемију,
- 5) др Срђан Милетић, виши научни сарадник, ИХТМ.

**2.-** За менторе се именују др Љубиша Игњатовић, редовни професор Факултета за физичку хемију и др Срђан Милетић, виши научни сарадник, ИХТМ.

**3.-** Ова одлука, са потребном документацијом, доставља се Универзитету у Београду – Већу научних области природних наука ради давања сагласности. По добијеној сагласности, кандидат може да приступи изради дисертације.

**4.-** По урађеној докторској дисертацији, кандидат подноси Наставно-научном већу захтев за одбрану дисертације и доставља примерак дисертације.

**Одлуку доставити:**

- кандидату,
- ментору,
- Стручном већу Универзитета,
- Служби за студентска питања,
- архиви Факултета.

**Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију**

---

**проф. др Мирослав Кузмановић, декан**

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ**  
**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

На VII редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију одржаној 20.05.2024. године именовани смо за чланове Комисије за одбрану теме и припрему извештаја о одобрењу предлога теме докторске дисертације у оквиру предмета Специјални курс кандидаткиње Латинке Славковић-Бешкоски, мастер физикохемичара, под насловом: „Еколошки аспект присуства ретких земних елемената у лебдећем пепелу“. Дана 03.06.2024. године, кандидаткиња је одбранила семинарски рад након чега је Комисија предложила промену наслова теме докторске дисертације у:

**„Проучавање дисперзионе микроекстракције ретких земних елемената и утицаја њиховог присуства у лебдећем пепелу на животну средину“**

Након прегледа поднетог материјала и успешне одбране семинарског рада у коме је детаљно образложена тема докторске дисертације, Наставно-научном већу подносимо следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**А. Биографија кандидата**

Латинка Славковић-Бешкоски је рођена 13.04.1974. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је у Београду. Академске 1993/1994. године уписала је основне студије на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду. Дипломирала је 2002. године, са просечном оценом 8,0. Докторске академске студије на Факултету за физичку хемију је уписала академске 2022/2023. године. Положила је све испите на докторским студијама са просечном оценом 8,71.

Од јануара 2003. године запослена је у Институту за нуклеарне науке „Винча“ као истраживач приправник. Од 2002.-2005. год. радила је на пројекту „Сепарациона хемија у вишефазним системима“ који је финансирало Министарство за науку и заштиту животне средине (програм основних истраживања). Од 2005.-2008. год. радила је на пројекту

„Увођење система контроле водно-хемијског режима термоенергетских објеката“ у оквиру програма технолошког развоја код Министарства за науку. Од 2006.-2010. год. радила је на пројекту (у оквиру програма основних остраживања) „Нове методе и технике за сепарацију и специјацију хемијских елемената у траговима, органских супстанци и радионуклида и идентификацију њихових извора“ који је финансирало Министарство за науку и заштиту животне средине. Од 2011. године ради на пројекту „Нове технологије за мониторинг и заштиту животног окружења од штетних хемијских супстанци и радијационог оптерећења“ који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја. Учествује на међународном пројекту са Јапаном, "Environmental Improvement in Pancevo, Serbia through the Collaborations among Academia, Government, Industry and Citizens", финансираним од стране Јапанске агенције за међународну сарадњу (Japan International Cooperation Agency- JICA), 2020-2025 год.

Од 2006. год. ради у „Анахем“ лабораторији у Београду.

Кандидаткиња је до сада публиковала три рада у међународним часописима изузетних вредности (M21a), осам радова у врхунским међународним часописима (M21), пет радова у истакнутим међународним часописима (M22), шест радова у међународним часописима (M23), четири саопштења са међународног скупа штампана у целини (M33), осам саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34), један рад у врхунском часопису националног значаја (M51), један рад у у истакнутом националном часопису (M52) два саопштења са скупа националног значаја штампана у целини (M63) и седам саопштења са скупа националног значаја штампана у изводу (M64).

Научно истраживање Латинке Славковић-Бешкоски усмерено је на област заштите животне средине. Бави се испитивањем и применом ретких земних елемената као и метала уопште. Истраживање обухвата развој ефикасних метода за екстракцију и сепарацију ових елемената, с циљем смањења негативног утицаја на животну средину и очувања природних ресурса, као и модерним техникама као што су ICP-OES и ICP-MS које се користе за детекцију и квантификацију ових елемената. Такође се бави проучавањем потенцијалних опасности по животну средину и здравље људи, интегришући методологије процене ризика и примену хеометрије.

## Б. Објављени научни радови и саопштења кандидата

### Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. V. P. Beškoski, A. Yamamoto, T. Nakano, K. Yamamoto, C. Matsumura, M. Motegi, **L. S. Beškoski**, H. Inui; Defluorination of perfluoroalkyl acids is followed by production of monofluorinated fatty acids. *Science of The Total Environment* 636 (2018) 355–359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.243>.
2. S. M. G. Lama, J. Pampel, T.-P. Feller, V. P. Beškoski, **L. Slavković-Beškoski**, M. Antonietti, V. Molinari; Efficiency of Ni Nanoparticles Supported on Hierarchical Porous Nitrogen-Doped Carbon for Hydrogenolysis of Kraft Lignin in Flow and Batch Systems. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 5 (2017) 2415–2420. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02761>
3. S. Dragović, M. Čujić, **L. Slavković-Beškoski**, B. Gajić, B. Bajat, M. Kilibarda, A. Onjia; Trace element distribution in surface soils from a coal burning power production area: A case study from the largest power plant site in Serbia. *CATENA* 104 (2013) 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.12.004>.

### Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. **L. Slavković-Beškoski**, L. Ignjatović, M. Čujić, J. Vesković, K. Trivunac, J. Stojaković, A. Perić-Grujić, A. Onjia; Ecological and Health Risks Attributed to Rare Earth Elements in Coal Fly Ash. *Toxics* 12 (2024) 71. <https://doi.org/10.3390/toxics12010071>.
2. K. Joksimović, I. Kodranov, D. Randjelović, **L. Slavković Beškoski**, J. Radulović, M. Lješević, D. Manojlović, V. P. Beškoski; Microbial fuel cells as an electrical energy source for degradation followed by decolorization of Reactive Black 5 azo dye. *Bioelectrochemistry* 145 (2022) 108088. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2022.108088>.
3. T. Jednak, J. Avdalović, S. Miletić, **L. Slavković-Beškoski**, D. Stanković, J. Milić, M. Ilić, V. Beškoski, G. Gojgić-Cvijović, M. M. Vrvic; Transformation and synthesis of humic substances during bioremediation of petroleum hydrocarbons. *International Biodeterioration & Biodegradation* 122 (2017) 47–52. DOI: 10.1016/j.ibiod.2017.04.009.
4. S. Jeremic, V. P. Beškoski, L. Djokic, B. Vasiljevic, M. M. Vrvic, J. Avdalović, G. Gojgić Cvijović, **L. Slavković Beškoski**, J. Nikodinovic-Runic; Interactions of the metal tolerant

heterotrophic microorganisms and iron oxidizing autotrophic bacteria from sulphidic mine environment during bioleaching experiments. *Journal of Environmental Management* 172 (2016) 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.041>.

5. Đ. Ž. Petrović, T. M. Trtić-Petrović, G. T. Vladislavljević, M. M. Stoiljković, **L. J. Slavković-Beškoski**, K. R. Kumrić; Novel 90Sr–90Y generator system based on a pertraction through supported liquid membrane in hollow fiber contactor. *Chemical Engineering Research and Design* 97 (2015) 57–67. DOI: 10.1016/j.cherd.2015.03.015.
6. M. Čujić, S. Dragović, M. Sabovljević, **L. Slavković-Beškoski**, M. Kilibarda, J. Savović, A. Onjia; Use of Mosses as Biomonitors of Major, Minor and Trace Element Deposition Around the Largest Thermal Power Plant in Serbia. *CLEAN – Soil, Air, Water* 42 (2014) 5–11. <https://doi.org/10.1002/clen.201100656>.
7. V. P. Beškoski, S. Takemine, T. Nakano, **L. Slavković Beškoski**, G. Gojgić-Cvijović, M. Ilić, S. Miletić, M. M. Vrvic; Perfluorinated compounds in sediment samples from the wastewater canal of Pančevo (Serbia) industrial area. *Chemosphere* 91 (2013) 1408–1415. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.12.079>.
8. S. Ražić, A. Onjia, S. Đogo, **L. Slavković**, A. Popović; Determination of metal content in some herbal drugs—Empirical and chemometric approach. *Talanta* 67 (2005) 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.03.023>.

#### **Рад у истакнутом међународном часопису (M22)**

1. **L. Slavković-Beškoski**, L. Ignjatović, G. Bolognesi, D. Maksin, A. Savić, G. Vladislavljević, A. Onjia; Dispersive Solid–Liquid Microextraction Based on the Poly(HDDA)/Graphene Sorbent Followed by ICP-MS for the Determination of Rare Earth Elements in Coal Fly Ash Leachate. *Metals* 12 (2022) 791. <https://doi.org/10.3390/met12050791>.
2. N. Marić, J. Štrbački, J. Polk, **L. Slavković Beškoski**, J. Avdalović, M. Lješević, K. Joksimović, A. Žerađanin, V. P. Beškoski; Spatial–temporal assessment of hydrocarbon biodegradation mechanisms at a contaminated groundwater site in Serbia. *Chemistry and Ecology* (2022) 1–13. <https://doi.org/10.1080/02757540.2021.2017903>.
3. S. Dragović, B. Gajić, R. Dragović, L. Janković-Mandić, **L. Slavković-Beškoski**, N. Mihailović, M. Momčilović, M. Čujić; Edaphic factors affecting the vertical distribution



of radionuclides in the different soil types of Belgrade, Serbia. *Journal of Environmental Monitoring*. 14 (2012) 127–137. <https://doi.org/10.1039/C1EM10457H>.

4. S. S. Ražić, S. M. Đogo, **L. J. Slavković**; Multivariate characterization of herbal drugs and rhizosphere soil samples according to their metallic content. *Microchemical Journal* 84 (2006) 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2006.05.008>.
5. **L. Slavković**, B. Škrbić, N. Miljević, A. Onjia; Principal component analysis of trace elements in industrial soils. *Environmental Chemistry Letters* 2 (2004) 105–108. <https://doi.org/10.1007/s10311-004-0073-8>.

#### Рад у међународном часопису (M23)

1. S. D. Dimović, I. D. Smičiklas, M. Z. Šljivić-Ivanović, I. B. Plećaš, **L. Slavković-Beškoski**; The effect of process parameters on kinetics and mechanisms of  $\text{Co}^{2+}$  removal by bone char. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 46 (2011) 1558–1569. <https://doi.org/10.1080/10934529.2011.609454>.
2. M. Jovic, A. Stankovic, **L. Slavkovic-Beskoski**, I. Tomic, S. Degetto, S. Stankovic; Mussels as a bio-indicator of the environmental quality of the coastal water of the Boka Kotorska bay (Montenegro). *Journal of the Serbian Chemical Society* 76 (2011) 933–946. <https://doi.org/10.2298/JSC101007075J>.
3. S. Djogo, S. Razic, D. Manojlovic, **L. Slavkovic**; Analysis of the bioavailability of Cr(III) and Cr(VI) based on the determination of chromium in *Mentha piperita* by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Journal of the Serbian Chemical Society* 76 (2011) 143–153. <https://doi.org/10.2298/JSC100401130D>.
4. S. Ražić, S. Đogo, **L. Slavković**; Investigation on bioavailability of some essential and toxic elements in medicinal herbs. *Journal of Natural Medicines* 62 (2008) 340–344. <https://doi.org/10.1007/s11418-008-0240-5>.
5. S. Razic, S. Djogo, **L. Slavkovic**; Inorganic analysis of herbal drugs. Part II: Plant and soil analysis: Diverse bioavailability and uptake of essential and toxic elements. *Journal of the Serbian Chemical Society* 71 (2006) 1095–1105. <https://doi.org/10.2298/JSC0610095R>.
6. S. Razic, S. Djogo, **L. Slavkovic**, A. Popovic; Inorganic analysis of herbal drugs, Part I: Metal determination in herbal drugs originating from medicinal plants of the family

*Lamiaceae*. Journal of the Serbian Chemical Society 70 (2005) 1347–1355.  
<https://doi.org/10.2298/JSC0511347R>.

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Đ. Petrović, K. Stanković, **L. Slavković-Beškoski**, K. Kumrić; Removal of Cu (II) from aqueous solutions using adsorbent based on chitosan hydrogel beads. in IOC 2023: 54th International October Conference on Mining and Metallurgy: Proceedings Book, University of Belgrade: Technical Faculty in Bor, Bor, Serbia, 2023, pp. 175–178.
2. K. Kumrić, Đ. Petrović, G. T. Vladislavljević, M. M. Stoilković, **L. J. Slavković-Beškoski**; Separation of yttrium from strontium by hollow fibre supported liquid membrane containing di (2-ethylhexyl) phosphoric acid. in Physical Chemistry 2014: 12th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Society of Physical Chemists of Serbia, Belgrade, Serbia, 2014, pp. 1007–1010.
3. Nastasović, D. Jakovljević, Z. Sandić, D. Đorđević, L. Suručić, **L. Slavković-Beškoski**; Chelating copolymers: metal sorption kinetics and reusability. in Physical Chemistry 2008: 9th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Society of Physical Chemists of Serbia, Belgrade, Serbia, 2008, pp. 582–584.  
<https://vinar.vin.bg.ac.rs/handle/123456789/9397>.
4. S. Ražić, S. Đogo, **L. Slavković-Beškoski**, A. Popović; Trace and minor elements determination in some herbal drugs by faas. in Physical Chemistry 2004: 7th International Conference on Fundamental and Applied Aspract of Physical Chemistry, Society of Physical Chemists of Serbia, Belgrade, Serbia, 2004, pp. 679–681.  
<https://vinar.vin.bg.ac.rs/handle/123456789/9580>.

### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. K. Kasalica, B. Jiménez, A. Yamamoto, H. Inui, M. Lješević, N. Radić, G. Gojgić-Cvijović, **L. Slavković-Beškoski**, J. Radulović, T. Nakano, V. Beškoski; PFAS, from here to Eternity-or maybe not. in 18th International Conference on Chemistry and the Environment (ICCE 2023), Book of Abstracts, 11-15 June 2023, Venice, Italy, 2023, pp. 183–183.

2. N. Marić, Z. Nikić, **L. Slavković Beškoski**, J. Avdalović, L. A. Bledsoe, M. Lješević, K. Joksimović, A. Žerađanin, V. Beškoski; Study of jet fuel natural attenuation-biodegradation effects in groundwater (vitanovac, Serbia). in GSA Annual Meeting in Phoenix, The Geological Society of America, September 22-25, The Geological Society of America (GSA), Phoenix, Arizona, USA, 2019, pp. 29–6.
3. V. Beškoski, I. Perić, G. Gojgić-Cvijović, **L. Slavković-Beškoski**, B. Dojčinović, M. M. Vrvčić; Leaching of Arsenic from Tailings by Microbially Produced Rhamnolipids. in 23rd Symposium on Environmental Chemistry, Abstracts CD, May 14-16, Kyoto, Japan, 2014, pp. 298–299.
4. V. Beškoski, S. Takemine, T. Nakano, **L. Slavković-Beškoski**, M.-L. Mattinen, G. Gojgić-Cvijović, M. Ilić, S. Miletić, M. M. Vrvčić; Pollution Without Boundaries: River Danube, Serbia, Europe. in 22nd Symposium on Environmental Chemistry, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, July 31 - Aug 2, Fuchu, Tokyo, Japan, 2013.
5. V. Beškoski, S. Takemine, T. Nakano, **L. Slavković-Beškoski**, G. Gojgić-Cvijović, M. Ilić, S. Miletić, M. M. Vrvčić; Analysis of perfluorinated compounds in sediment samples from wastewater canal of Pancevo industrial area. in Programme of the 19th International Mass Spectrometry Conference (IMCS 2012), Kyoto, Japan, 2012, p. PTh-162. <https://cer.ihtm.bg.ac.rs/handle/123456789/5186>.
6. Onjia, Ž. Todorović, **L. Slavković-Beškoski**, L. Rajaković; Microwave-assisted extraction and high performance liquid chromatography as a rapid method for mothproofing agents analysis. in Book of Abstracts/International Conference, Extraction of the Organic Compounds, ICEOC-2010, September 20-24, Voronezh, Russia, 2010, p. 144.
7. **L. Slavković**, G. Bačić, V. Andrić, A. Onjia; Influence of the Measurement Time on Signal, Noise and Background in Radioisotope X-Ray Fluorescence Spectrometry. in Book of Abstracts, General Topics & Plenary Lectures/4th International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries-ICOSECS 4, July, 18-21, 2004, Belgrade, Serbia and Montenegro on Chemical Sciences in Changing Times: Visions, Serbian Chemical Society, Belgrade, Serbia, 2004, p. 49. <http://technorep.tmf.bg.ac.rs/handle/123456789/7194>.

8. S. Ražić, A. Onjia, **L. Slavković**, V. Andrić; Determination of some trace elements in echinacea purpurea by energy dispersive x-ray fluorescence spectrometry. in Proceedings / 3rd International Conference, Instrumental Methods of Analysis - Modern Trends and Applications, IMA '03, Septembar 23-27, Thessaloniki, Greece, 2003, pp. 385–387. <http://technorep.tmf.bg.ac.rs/handle/123456789/7197>.

#### **Рад у врхунском часопису националног значаја (M51)**

1. Z. Bešlić, S. Todić, **L. Slavković**, V. Andrić; Content of heavy metals and radionuclides in grapes grown in aero polluted area near power plant “Nikola Tesla” in Obrenovac. Savremena Poljoprivreda 54 (2005) 52–56. <https://aspace.agrif.bg.ac.rs/bitstream/handle/123456789/1112/1109.pdf?sequence=1>.

#### **Рад у истакнутом националном часопису (M52)**

1. S. Miletić, A. Savić, **L. Slavković-Beškoski**, A. Đorđević, S. Dragović, R. Dragović, A. Onjia; Geospatial Mapping of Health Risk from Trace Metal(loid)s in the Soil at an Abandoned Painting Factory. Serbian Journal of Geosciences 6 (2020) 1–7. <https://doi.org/10.18485/srbjgeosci.2020.6.1.1>.

#### **Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

1. J. Lukić, **L. Slavković-Beškoski**, K. Trivunac, A. Onjia; Analysis of heavy metal (loid) s in coal fly ash leachate by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. in Conference Proceedings/International Scientific and Professional Conference Politehnika 2023, 15th December 2023, The Academy of Applied Technical Studies" Belgrade", Belgrade, Serbia, 2023, pp. 134–138.
2. M. Lješević, A. Petrović, J. Radulović, A. Yamamoto, **L. Slavković-Beškoski**, B. Lončarević, V. Beškoski; Investigation of the capacity of the isolated sulfate-reducing bacteria to degrade PFOA. in Book of Abstracts-23rd European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC 23), 3-6 December, Chemical Society of Montenegro, Budva, Montenegro, 2023, pp. 100–100.

#### **Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)**

1. K. Kasalica, B. Jimenez, A. Yamamoto, H. Inui, M. Lješević, N. Radić, G. Gojgić-Cvijović, **L. Slavković Beškoski**, J. Radulović, T. Nakano, V. Beškoski; Per-and Polyfluorinated Substances,'forever chemicals'(or maybe not). in 9th Symposium Chemistry and Environmental Protection EnviroChem2023, Book of Abstract, 4-7 June 2023, Serbian Chemical Society, Kladovo, Serbia, 2024, pp. 41–42.
2. J. Lukić, **L. Slavković-Beškoski**, K. Trivunac, A. Onjia; Ekstrakcija retkih elemenata zemljine kore iz letećeg pepela TCLP metodom. in 59. Savetovanje SHD, Serbian Chemical Society, Serbia, 2023, p. 125.
3. J. Avdalović, **L. Slavković-Beškoski**, S. Miletić, T. Jednak, M. Ilić, G. Gojgić-Cvijović, V. Beškoski; Ispitivanje humifikacionih transformacija tokom bioremedijacije ugljovodonika na pilot postrojenju. in Knjiga Izvoda - 6. Simpozijum Hemija i Zaštita Životne Sredine (EnviroChem 2013), Srpsko hemijsko društvo, Vršac, Srbija, 2013, pp. 364–365. <https://cer.ihtm.bg.ac.rs/handle/123456789/5045>.
4. S. Dragović, B. Gajić, L. Janković-Mandić, **L. Slavković-Beškoski**, N. Mihailović, M. Momčilović, M. Čujić; Vertical distribution of radionuclides in soils of varying pedochemistry. in INCD ECOIND - International Symposium - SIMI 2011 “The Environment and the Industry,” National Research and Development Institute for Industrial Ecology, INCD-ECOIND, 2011, pp. 122–128. <http://www.simiecoind.ro/wp-content/uploads/2015/04/VERTICAL-DISTRIBUTION-OF-RADIONUCLIDES1.pdf>.
5. M. Čujić, B. Gajić, L. Janković-Mandić, **L. Slavković-Beškoski**, M. Momčilović, S. Dragović; Relationship between content of stable metals and radionuclides in soils around the largest thermal power plant in Serbia and soil particle-size fractions. in INCD ECOIND - International Symposium - SIMI 2011 “The Environment and the Industry,” National Research and Development Institute for Industrial Ecology, INCD-ECOIND, 2011, pp. 286–291. <http://www.dspace.incdecoind.ro/bitstream/123456789/157/1/37.RELATIONSHIP-BETWEEN-CONTENT-OF-STABLE-METALS1.pdf>.
6. V. P. Beškoski, J. S. Milić, **L. Slavković-Beškoski**, B. Dojčinović, M. M. Vrvic; Bakterijsko luženje metala iz elektronskog otpada pomoću At. Ferrooxidans. in Program i Kratki Izvodi Radova XLIX Savetovanja Srpskog Hemijskog Društva, 13-14. Maj, Srpsko hemijsko društvo, Kragujevac, Srbija, 2011, p. 102.

7. **L. Slavković, Ž. Todorović, T. Vasiljević, A. Onjia**; Sistematski pristup optimizaciji metode u tačnoj hromatografiji. Deo I. Interpretativna strategija. in 41. Savetovanje Srpskog Hemijskog Društva, 23. i 24. Januar , Izvodi Radova, Srpsko hemijsko društvo, 2003, p. 36.

## **V. Образложење теме**

### **1. НАУЧНА ОБЛАСТ**

Истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације су усмерена на развој метода које се могу користити за сепарацију ретких земних елемената из лебдећег пепела као производа сагоревања угља, пре свега на методе дисперзионе микроекстракције на чврстој фази. Тема предложене докторске дисертације припада научној области Физичке хемије, уже научне области **Физичка хемија - контрола и заштита животне средине**.

### **2. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА**

У овом раду, планирана је употреба синтетисаних монодисперзних честица поли(HDDA)/графена као сорбента у дисперзивној екстракцији на чврстој фази (енгл. Dispersive solid phase microextraction – DSPME) за раздвајање ретких земних елемената (енгл. rare earth elements - REE) из излужене течности лебдећег пепела угља (енгл. coal fly ash - CFA) пре њихове анализе помоћу масене спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (енгл. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry - ICP-MS). Пошто постоји много променљивих у процесу DSPME, планирана је и хеометријска оптимизација експерименталних променљивих. Предмет рада ће бити и процена еколошких и здравствених ризика ретких земних елемената у лебдећем пепелу угља. Ретки земни елементи су недавно добили важну улогу у различитим применама у уређајима високих технологија, специфичним катализаторима, суперпроводницима, телекомуникацијама, ласерским технологијама, као магнети, итд. Они су веома тражени и значајни због своје високе проводљивости и магнетизма, што омогућава њихову примену за бројна инжењерска решења. Поред руда као уобичајених извора ових елемената, све више се разматрају употреба отпадних материјала, нуспроизвода и ванбилансних сировина као алтернативних

извора за добијање REE. Лебдећи пепео угља представља обећавајући извор REE и од скоро су актуелне студије које проучавају могућност коришћења CFA за добијање REE. Према доступним подацима, REE се налазе у CFA у различитим облицима, због чега је њихово издвајање веома сложено. Главне фазне компоненте CFA су кварц, мулит, хематит и аморфни стакласти материјал, а ретки земни елементи су заробљени у овој структури. Имајући у виду потребу за REE, од значаја је проучавање нових извора ових елемената, али уједно и процена еколошких и здравствених ризика који се приписују ретким земним елементима у лебдећем пепелу угља.

Преглед литературе је показао да традиционалне методе за сепарацију REE подразумевају течно-течну екстракцију, јонску измену, копреципитацију и суву дигестију. Иако је дошло до великих напредака у развоју нових растварача и хибридних сорбената за сепарацију елемената у траговима, ове методе су и даље дуготрајне, прилично скупе и нису еколошки прихватљиве.

У циљу унапређења метода припреме узорка развија се увођење микроекстракције за потребе аналитичког одређивања трагова ових елемената. REE су биле предмет преконцентрације из подземних вода помоћу дисперзивне микроекстракције течност-течност (енгл. *dispersive liquid-liquid microextraction - DLLME*) праћене ICP-MS. Неколико студија се бавило дисперзивном микроекстракцијом на чврстој фази (енгл. *dispersive solid-phase microextraction-DSPME*) REE, у којима је извршена квантификација помоћу ICP-MS.

## **1. НАУЧНИ ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Технолошки напредак и широка употреба ретких земаља у савременим технологијама довели су до значајног интересовања за алтернативне изворе ових елемената, попут лебдећег пепела из термоелектрана. С обзиром на ово, циљ предложене докторске дисертације је истраживање ефикасности метода дисперзивне микроекстракције на чврстој фази у комбинацији са ICP-MS за детекцију и одређивање ретких земаља у лебдећем пепелу. Ове методе су се показале као веома поуздане за квантификацију ретких земаља у комплексним узорцима, као што су они из лебдећег пепела, где традиционалне методе често не пружају довољну ефикасност или су превише временски захтевне.

Осим тога, у овој дисертација ће се размотрити еколошки и здравствени утицаји присуства ретких земаља у лебдећем пепелу, с посебним фокусом на њихову мобилност и биолошку доступност у воденим екосистемима. Разумевање ове динамике је потребно, јер ретке земље могу допринети токсичности у воденим окружењима, што представља значајан еколошки ризик. Претходна истраживања су показала да различите методе екстракције могу значајно да утичу на процењене концентрације ретких земаља у узорцима, што последично, утиче и на интерпретацију ризика по животну средину и здравље.

Додатно, биће истражена и могућност примене ових супстанци из лебдећег пепела у различите индустријске сврхе, чиме се доприноси не само научном разумевању већ и практичној примени ових ресурса. Примена Монте Карло симулација за анализу ризика и процену изложености ретким земљама омогућиће детаљније разумевање могућих здравствених ризика за људске популације које су изложене овим елементима.

Из наведених разлога, ова дисертација не само да тежи унапређењу методологија за припрему и анализу узорака и примену ретких земаља, већ и подизању свести о важности еколошки одрживог приступа у управљању отпадом, с нагласком на потенцијалне дугорочне последице за екосистеме и људско здравље. Резултати ових истраживања биће важни за развој политика и стратегија које ће се бавити управљањем ресурсима ретких земаља на глобалном нивоу.

Крајњи и свеобухватни циљ ове докторске дисертације је да се истражи и оптимизује метода дисперзивне микроекстракције за сепарацију ретких земних елемената из елуата лебдећег пепела угља уз коришћење новог синтетисаног сорбента у чврстом стању у комбинацији са ICP-MS за детекцију ових елемената. Ово ће бити кључно за развој робустне и поуздане методе која ће моћи да се примени у реалним условима.

## **2. МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА**

Приликом предвиђених истраживања биће коришћене синтетисане композитне полимерне/графенске микросфере произведене коришћењем Darocur 1173 (2-хидрокси-2-метилпропиофенона) као фото-иницијатора, HDDA (1,6-хександиол-диакрилат) као UV-стврдњивог мономера и графен оксида као нанофилера који ће се користити за повећање



адсорпционе способности. Карактеризација ових микросфера биће изведена помоћу техникама микроскопије. Хемијска чистоћа сорбента ће се проверити употребом рендгенски флуоросцентног спектрометра.

За потребе експеримената користиће се и: рН-метар, аналитичка микровага са прецизношћу од  $1 \cdot 10^{-6}$  g, центрифуга, термостатирано водено купатило, вортекс-миксер. За припрему узорака пепела са циљем одређивања концентрација земних ретких елемената и тешких метала из садржаја лебдећег пепела угља, користиће се микроталасна пећ за припрему узорака, сушница и пећ за жарење.

За квантитативно одређивање концентрација ретких земних елемената из елуата лебдећег пепела угља, као и концентрација тешких метала користиће се оптичка емисиона спектрометрија са индуковано спрегнутом плазмом, ICP-OES, и масена спектрометрија са индуковано спрегнутом плазмом, ICP-MS.

## **5. АКТУЕЛНОСТ ТЕМАТИКЕ У СВЕТУ**

Упркос чињеници да су трендови у производњи енергије усмерени на обновљиве изворе, угљ се и даље највише користи за производњу електричне енергије и чини преко 39% светске енергетске производње [1]. Као резултат употребе угља настају велике количине пепела који може негативно утицати на животну средину и економију уколико се са њим не управља правилно. Еколошки прихватљиво рециклирање и одлагање угљеног пепела је стога кључно [2]. Пепео добијен сагоревањем угља се може поделити на неколико фракција: лебдећи пепео, пепео који заостаје на дну и шљаку [3]. Релативно скоро је потврђено да лебдећи пепео, који се уклања из димних гасова, често садржи високе концентрације REE, који могу бити изузетно значајни за индустрију [4].

Технологија добијања REE из CFA састоји се од неколико фаза: механичког мљења, магнетне сепарације, излуживања, екстракције и рафинације [4]. Алкално-кисело излуживање је уобичајена пракса за конвенционално издвајање REE, док се екстракција хелатним растварачима обично користи за одвајање REE из CFA излужене течности. На крају, фаза рафинирања укључује електролизу, зонско топљење, итд.

Традиционалне методе за сепарацију REE подразумевају течно-течну екстракцију, јонску измену, копреципитацију и суву дигестију [5]. Иако је дошло до великих напредака у развоју нових растварача [6] и хибридних сорбената [7] за сепарацију елемената у

траговима, ове методе су и даље дуготрајне, прилично скупе и нису еколошки прихватљиве [8].

У циљу унапређења метода припреме узорка развија се увођење микроекстракције у област аналитичког одређивања трагова елемената. REE су биле предмет преконцентрације из подземних вода помоћу дисперзивне микроекстракције течност-течност (engl. dispersive liquid–liquid microextraction-DLLME) праћене ICP-MS. Неколико студија се бавило дисперзивном микроекстракцијом на чврстој фази (engl. dispersive solid-phase microextraction-DSPME) REE, у којима је извршена квантификација помоћу ICP-MS [9].

У већини случајева, оптимизација поступка микроекстракције спроводила се традиционалном методом "једна по једна променљива". Ова техника подразумева измену једне променљиве док се све остале држе константним. Напреднији хеометријски приступ који користи дизајн експеримената омогућава оптимизацију мењањем свих променљивих истовремено.

Хеометријски приступ такође може бити примењен као двостепена оптимизација, састављена од дизајна за селекцију праћеног методом одзива површина (engl. response surface methodology-RSM) [10]. Треба истаћи да су према доступној литератури, досадашњи радови анализирали модел-системе, пре свега узорке воде. Међутим, микроекстракција из излужења CFA са сложеним матриксом може бити знатно тежа и управо ће то бити фокус ове докторске дисертације.

#### **Литературни подаци који подржавају тему:**

1. Dai, S.; Finkelman, R.B. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects. *Int. J. Coal Geol.* 2018, 186, 155–164, <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.06.005>.
2. Dodbiba, G.; Fujita, T. Trends in Extraction of Rare Earth Elements from Coal Ashes: A Review. *Recycling* 2023, 8, 17. <https://doi.org/10.3390/recycling8010017>.
3. Hower, J.C.; Groppo, J.G.; Graham, U.M.; Ward, C.R.; Kostova, I.J.; Maroto-Valer, M.M.; Dai, S. Coal-derived unburned carbons in fly ash: A review. *Int. J. Coal Geol.* 2017, 179, 11–27, <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.05.007>.
4. Wen, Z.; Zhou, C.; Pan, J.; Cao, S.; Hu, T.; Ji, W.; Nie, T. Recovery of rare-earth elements from coal fly ash via enhanced leaching. *Int. J. Coal Prep. Util.* 2020, 284, 124725, <https://doi.org/10.1080/19392699.2020.1790537>.

5. Milicic, L.; Terzic, A.; Pezo, L.; Mijatovic, N.; Brceski, I.; Vukelic, N. Assessment of Efficiency of Rare Earth Elements Recovery from Lignite Coal Combustion Ash via Five-Stage Extraction. *Sci. Sinter.* 2021, 53, 169–185, <https://doi.org/10.2298/SOS2102169M>.
6. Smith, R.C.; Taggart, R.K.; Hower, J.C.; Wiesner, M.R.; Hsu-Kim, H. Selective Recovery of Rare Earth Elements from Coal Fly Ash Leachates Using Liquid Membrane Processes. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 4490–4499, <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00539>.
7. Suručić, L.; Tadić, T.; Janjić, G.; Marković, B.; Nastasović, A.; Onjia, A. Recovery of Vanadium (V) Oxyanions by a Magnetic Macroporous Copolymer Nanocomposite Sorbent. *Metals* 2021, 11, 1777, <https://doi.org/10.3390/met11111777>.
8. Peiravi, M.; Ackah, L.; Guru, R.; Mohanty, M.; Liu, J.; Xu, B.; Zhu, X.; Chen, L. Chemical Extraction of Rare Earth Elements from Coal Ash. *Miner. Metall. Process.* 2017, 34, 170–177, <https://doi.org/10.19150/MMP.7856>.
9. Chen, S.; Yan, J.; Li, J.; Lu, D. Magnetic ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanotubes for Dispersive Micro Solid-Phase Extraction of Trace Rare Earth Elements Prior to Their Determination by ICP-MS. *Microchim. Acta* 2019, 186, 228, <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3342-8>.
10. Demir F, Moroydor Derun E, Response surface methodology application to fly ash based geopolymer synthesized by alkali fusion method, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 524 (2019), 119649, <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2019.119649>.

## 5. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

На основу постављених циљева и добивених прелиминарних резултата, очекује се да из предложене докторске дисертације проистекну следећи резултати истраживања:

- пронађени оптимални услови за примену методе за припрему узорака дисперзионе мироекстракције на цврстој фази,
- једноставност и могућност употребе новог сорбента,
- добра корелација између елуата добијеног процесом екстракције и осетљивости методе технике ICP-MS,
- показатељи који демонстрирају не само ефикасност DSPME методе, већ и пружају основе за даља истраживања у области еколошког управљања и рециклирања индустријских отпадних материјала,

- разумевање потенцијалних ризика од присуства REE и тешких метала у лебдећем пепелу, као и њихов утицај на животну средину и здравље људи.

Од предложене докторске дисертације очекују се значајни научни резултати и допринос кроз оптимизацију услова за примену методе дисперзионе мироекстракције на чврстој фази, показујући једноставност и применљивост новог сорбента. Очекујемо да ће истраживање пружити добру корелацију између елуата добијеног екстракцијом и осетљивости ICP-MS технике, истичући ефикасност DSPME методе. На основу више публикација, које се баве проучавањем лебдећег пепела као важног ресурса, публикованих у последњих пар година а које говоре о актуелности теме, као и на основу досадашњих резултата кандидаткиње, ова дисертација ће послужити као основа за даља истраживања у области еколошког управљања и рециклирања индустријских отпадних материјала, побољшавајући разумевање потенцијалних ризика од присуства ретких земних елемената и тешких метала у лебдећем пепелу и њиховог утицаја на животну средину и здравље људи, што ову тему чини и иновативном.

## **Г. Закључак и предлог комисије**

На основу изложеног, закључујемо да је предложена тема актуелна, да су одабране истраживачке технике и методе одговарајуће и доступне, као и да је кандидаткиња својим досадашњим радом и резултатима показала способност за научно-истраживачки рад у области физичкохемијских наука, пре свега у области физичке хемије у контроли и заштити животне средине.

Комисија сматра да је предложена тема научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Факултета за физичку хемију да кандидаткињи Латинки Славковић-Бешкоски, мастеру физичке хемије, студенту докторских студија, одобри израду докторске тезе под насловом:

**„Проучавање дисперзионе микроекстракције ретких земних елемената и утицаја њиховог присуства у лебдећем пепелу на животну средину“**

За менторе се предлажу др Љубиша Игњатовић, редовни професор Факултета за физичку хемију, Универзитета у Београду и др Срђан Милетић, виши научни сарадник Института за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду.

Београд, 07. 06. 2024.

---

др Љубиша Игњатовић, редовни професор  
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

---

др Маја Милојевић-Ракић, ванредни професор  
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију

---

др Драган Ранковић, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију,

---

др Срђан Милетић, виши научни сарадник  
Универзитет у Београду - Институт за хемију, технологију и металургију

---

др Милица Лучић, научни сарадник  
Универзитет у Београду - Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета