

## УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

### НАУЧНО – НАСТАВНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Пријава теме докторске дисертације Катарине Н. Николић, мастер хемичара, студента ДАС Хемија Универзитета у Београду - Хемијског факултета

Молим Наставно – научно веће Универзитета у Београду, Хемијског факултета, да одобри израду докторске дисертације из области хемије на Универзитету у Београду, Хемијском факултету (Катедри за аналитичку хемију) под насловом:

**„Својства, модификација и примена материјала добијених карбонизацијом отпадне љуске бадема“**

За оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације предлажем комисију у следећем саставу:

1. Др Далибор Станковић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет;
2. Др Јелена Гулицовски, виши – научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију;
3. Др Горан Роглић, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет;
4. Др Слађана Ђурђић, доцент, Универзитет у Београду – Хемијски факултет;
5. Др Милан Краговић, виши – научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

Уз молби прилажем:

1. Биографију
2. Библиографију
3. Изјаву да предложена тема није пријављена на другој високошколској установи у земљи и иностранству
4. Образложење теме

У Београду, 03.03.2025. године

Подносилац молбе

Николић К.

Катарина Николић

Истраживач-приправник

Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке  
„Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

## **Биографски подаци кандидаткиње**

**Катарина Н. Николић**, (рођ. Скоко), је рођена 09.01.1994. године у Кикинди. Основну школу „Жарко Зрењанин“ и гимназију „Душан Васиљев“ (природно – математички смер) завршила је у Кикинди. Хемијски факултет Универзитета у Београду, студијски програм хемија, уписала је школске 2013/14. године. На истом дипломирала је септембра 2020. године са просечном оценом 8,54/10,00 и стекла стручно звање дипломирани хемичар. Завршни рад „Волтаметријско одређивање олова у узорцима вина, на електроди од стакластог угљеника модификованој наночестицама“ одбранила је са оценом 10,00 на катедри за Аналитичку хемију. Мастер академске студије уписала је 2020/21. године као редован студент на Хемијском факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемија, на катедри за Аналитичку хемију. Мастер студије је завршила 2021. године са просечном оценом 8,75/10,00 и одбраном завршног мастер рада под називом „Синтеза наночестица сребра пикосекундним ласером и њихова примена за добијање новог електроаналитичког сензора“ са оценом 10,00 стекла је високу стручну школску спрему и академско звање мастер хемичар. У октобру 2021. године уписала је докторске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду.

Током основних студија 2016. год. завршила је стручну праксу у АД „МСК“ Кикинда, у служби аналитичке контроле. Још једну стручну праксу завршила је током мастер студија 2021. год. на Хемијском факултету Универзитета у Београду, на катедри Аналитичке хемије у лабораторији 537.

Катарина Н. Николић, 25.11.2021. год. стиче звање истраживач-приправник. Са тим звањем од 01.01.2022. год. Катарина Н. Николић је запослена у Институту за нуклеарне науке „Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију. Ангажована је на истраживачким темама „Нови материјали на бази алумосиликата, отпадне биомасе и угљеничних материјала у функцији очувања животне средине“ и „Примена керамичких, угљеничних и композитних материјала у чврстом стању у области енергетике и електронике“.

Кандидаткиња Катарина Н. Николић бави се научно- истраживачким радом из области аналитичке хемије, науке о материјалима и хемије животне средине. Досадашњи рад

кандидаткиње се базирао на синтези, карактеризацији и примени угљеничних материјала из биомасе.

## Објављени научни радови и саопштења

Кандидаткиња Катарина Н. Николић је коаутор два рада објављених у врхунском међународном часопису и два рада објављених у истакнутим међународним часописима. Аутор је четири и коаутор девет саопштења штампаних у изводима скупова од међународног значаја.

### M21 – радови у врхунском међународном часопису

Ognjanović M., **Nikolić K.**, Bošković M., Pastor F., Popov N., Marciuš M., Krehula S., Antić B., Stanković D., Electrochemical determination of morphine in urine samples by tailoring FeWO<sub>4</sub>/CPE sensor. *Biosensors*, 2022, 12(11), 932, <https://doi.org/10.3390/bios12110932>

Ognjanović M., **Nikolić K.**, Radenković M., Lolić A., Stanković D., Živković S., Picosecond laser-assisted synthesis of silver nanoparticles with high practical application as electroanalytical sensor. *Surfaces and Interfaces*, 2022, 35, 102464, <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.102464>

### M22 – радови у истакнутим међународним часописима

Gulicovski J., Kragović M., **Nikolić K.**, Rosić M., Ristić N., Janković – Čestvan I., Stojmenović M., Possibility of Using Vitreous Enamel Waste in the Construction Industry as the Concept of Cleaner Production. *Applied Sciences*, 2023, 13(14), 8215, <https://doi.org/10.3390/app13148215>

Vasić A., Gulicovski J., Stojmenović M., Nišić N., **Nikolić K.**, Nuić I., Kragović M., Removal of Ethyl Xanthate Anions from Contaminated Aqueous Solutions Using Hazardous Waste Slag Generated by Lignite Combustion. *Water*, 2024, 16(14), 2037, <https://doi.org/10.3390/w16142037>

### M33 – саопштења са међународног скупа штампана у целини

**Nikolić K.**, Vasić A., Kragović M., Rosić M., Janković – Čestvan I., Stojmenović M., Gulicovski J., Analysis of chemical and structural features of waste vitreous enamel produced during device manufacturing process, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Protection book p. 303-307

**Nikolić K.**, Kragović, M., Stojmenović, M., Vasić, A., Kandić, I., Nišić, N., Gulicovski, J., Activated carbon from almond pits as low-cost material for electrochemical application, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Proceedings book p. 308-311

Vasić, A., Stojmenović, M., **Nikolić K.**, Nišić, N., Gulicovski, J., Lišanin, R., Kragović, M., Xanthate removal as a function of pH and the point of zero charge, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Proceedings book p. 325-328

Vasić, A., Stojmenović, M., **Nikolić K.**, Kandić, I., Gulicovski, J., Ristović, M., Kragović, M., Removal of xanthate from aqueous solutions using modified waste slag as adsorbent, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Proceedings book p. 321-324

Kandić, I., Kragović, M., Gulicovski, J., **Nikolić K.**, Nišić, N., Karadžić, V., Stojmenović, M., Removal of potentially toxic cyanobacteria by using activated carbons obtained from biowaste, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Proceedings book p. 286-290

Nišić, N., Kragović, M., Gulicovski, J., **Nikolić, K.**, Vasić, A., Žunić, M., Stojmenović, M., Characterization of innovative high-temperature resistant adhesives with addition of aluminosilicate waste, Sokobanja, Serbia, May 24-27, 2023, Proceedings book p. 312-315

#### **M34 – Саопштења са међународног скупа штампаног у изводу**

**K. Nikolić**, M. Kragović, M. Stojmenović, M. Rosić, V. Dodevski, I. Častvan-Janković, J. Gulicovski, "Structural and chemical properties of waste vitreous enamels generated during the production process of heating devices", 6CSCS-2022, jun 28-29, 2022, Beograd, Srbija, Book of abstracts, p.47

A. Nedeljković, N. Nišić, **K. Nikolić**, I. Kandić, M. Stojmenović, J. Gulicovski, M. Kragović, "Xanthate absorption kinetics as a function of the starting concentration with the use of the waste slag as adsorbent", 6CSCS – 2022, jun 28-29, 2022, Beograd, Srbija, Book of abstracts, p.52

N. Nišić, M. Kragović, A. Nedeljković, I. Kandić, **K. Nikolić**, J. Gulicovski, M. Stojmenović, "Characterization of high temperature ceramic composite sealants (CCS) with addition of aluminosilicate based waste material for the potential use in IT-SOFC", 6CSCS-2022, jun 28-29, 2022, Beograd, Srbija, Book of abstracts, p.48

I. Kandić, M. Kragović, A. Vasić, N. Nišić, **K. Nikolić**, J. Gulicovski, M. Stojmenović, "Characterization of active carbon materials obtained from biowaste for potential use in water purification", 6CSCS – 2022, jun 28-29, 2022, Beograd, Srbija, Book of abstracts, p.38

A. Vasić, N. Nišić, **K. Nikolić**, I. Kandić, M. Stojmenović, J. Gulicovski, M. Kragović, "Influence of pH of aqueous solutions on xanthates removal by using waste slag", Physical Chemistry 2022, september 26-30, 2022, Beograd, Srbija, Book of abstracts, p.134

Lj. Kljajević, S. Nenadović, N. Mladenović Nikolić, M. Ivanović, S. Knežević, **K. Nikolić**, J. Gulicovski, "Immobilization of Toxic Pollutants (Pb, Cu, and Cd) from Wastewater by New Eco-friendly Materials Based on Red Mud, Fly Ash and Wood Ash", 27th Congress of SCTM, september 20-23, 2024, Ohrid, RN Macedonia, Book of abstract, p.34

**K. Nikolić**, N. Nišić, A. Vasić, M. Rosić, M. Stojmenović, M. Kragović and J. Gulicovski, "Structural Properties of Synthesized Domestic Carbon from Almond Shells for Carbon Paste Electrode", 27th Congress of SCTM, september 20-23, 2024, Ohrid, RN Macedonia, Book of abstract, p.195

## ИЗЈАВА

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

**„Својства, модификација и примена материјала добијених карбонизацијом  
отпадне љуске бадема“**

Није пријављена на другим високошколским установама у земљи или иностранству.

У Београду, 03.03.2025. године



Катарина Николић

Истраживач-приправник

Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке  
„Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

## НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Образложење теме докторске дисертације кандидаткиње Катарине Н. Николић, мастер хемичар, пријављене под насловом:

### „Својства, модификација и примена материјала добијених карбонизацијом отпадне љуске бадема”

1. **Научна област:** Хемијске науке  
**Ужа научна област:** Аналитичка хемија, наука о материјалима
2. **Предмет научног истраживања**

Предмет научног истраживања ове докторске дисертације ће бити усмерен према синтези, физичко – хемијској, структурној и електрохемијској карактеризацији угљеника добијених од отпадне љуске бадема. Додатано, материјали ће бити обогаћени са синтетисаним бизмут(III)-оксидам ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ) и композитом бизмут(III)-оксида допираног са 5 mass % (масених) самаријума ( $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$ ). Добијени материјали и композити биће примењени у развоју електрохемијских сензора за одређивање садржаја тешких метала у отпадним водама. Истраживање у оквиру ове докторске дисертације ће бити подељено по целинама.

Прва целина ће обухватати оптимизацију синтезе угљеника од отпадне љуске бадема, наноматеријала на бази  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , композита  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  са самаријумом. Након синтезе, сви материјали и композити, добијени разичитим синтезама, ће бити детаљно морфолошки карактерисани ради утврђивања физичко – хемијских, површинских, структурних и електрохемијских особина.

Друга целина ће обухватити примену угљеничног материјала добијеног од отпадне љуске бадема и његових композита за израду радне електроде од угљеничне пасте (СРЕ) за брзу детекцију тешких метала из водених медијума.

3. **Основе хипотезе**

Ширењем индустрије и порастом популације долази до великог загађења животне средине тешким металима, бионеразградивим отпадом и разним другим полутантима. Загађење животне средине тешким металима могуће је: природним процесима као што су вулканска активност, ерозија, површинско распадање и слично, као и антрополошким деловањем. Људски фактор загађења, као што је сагоревање фосилног горива, ширење индустријализације, рудници, топионице, урбани отпад, доводи до повећаних концентрација тешких метала у земљишту, води и седиментима. Тешки метали имају нежељене ефекте на живе организме и у веома ниским концентрацијама, а токсичност расте акумулацијом у ланцу исхране [1]. Код људи као последица контаминације јављају се кардиоваскуларне болести, оштећења нервног система, репродуктивних органа и многе друге [2]. Због тога је врло битно да се врши

квантификација ових елемената, као и елиминација истих пре испуштања отпадних вода или одлагања отпада у животну средину. Концентрације тешких метала се најчешће одређују спектроскопским методама (индуктивно-спрегнутом плазмом са масеном или оптичком детекцијом или атомском-апсорпционом спектрометријом) [3]. Ове метода су врло поуздане, али захтевају скупе и софистициране инструменте, као и предтретмане узорка и дуго време анализе. Сходно томе, све се више прибегава електрохемијским методама, које су брзе, једноставне, економски приступачне и дају могућност анализе у реалном времену. Додатна селективност и осетљивост анализе подстиче се погодним одабиром материјала за радну электроду [4].

Угљеник је хемијски елемент који припада групи неметала. Јединственост овог неметала је у томе што формира различите алотропске модификације (дијамант, графит, угљеничне наноцеви и фулерени). Формира врло стабилне ковалентне везе што га чини основом живота (органска једињења, биомекули). Угљенични материјали су материјали са доминантним садржајем угљеника, а од начина синтезе и обраде добијају се функционални материјали, различите структуре, порозности и хемијских реактивности. Из тог разлога имају широку примена у медицини, фармацији, електроници, заштити животне средине и другим областима [5]. Угљенични материјали често се користе у процесима уклањања тешких метала и органских полутаната из воде, ваздуха и земљишта. Тешки метали се углавном уклањају процесима адсорпције. У зависности од избора материјала уклањају се физисорпцијом (активни угљеници, угљенични аерогелови, биоугљеници) или хемисорпцијом (графенски деривати и биоугљеници). Угљеник и угљенични материјали због добрих електричних својства, хемијске стабилности, велике специфичне површине и порозности заузимају и посебно место у електрохемији. Врло су користан материјал за израду електрода, због широког опсега потенцијала и рада у областима великих густина струје [6]. Тренутно, у научном фокусу је добијање угљеничних материјала из секундарних сировина и обновљивих извора, као што је и биоотпад. Биоотпад је отпад од пољопривреде, речног муља, остатака хране и слично. Биоотпад је богат шећерима, целулозом, лигнином и сличним једињењима који садрже висок проценат угљеника и могу да служе као прекурсори за синтезу угљеника, процесима карбонизације, хидротермалне карбонизације, пиролизе и др. Ови процеси омогућавају добијање нових сировина у синтези угљеничних материјала за широку употребу [7]. Биоугљеници имају потенцијала за израду електрохемијских сензора због развијене специфичне површине и порозности као и добре електричне проводљивости.

Бизмут (III)- оксид представља метални оксид са отвореним низом примена због малог енергетског појаса и велике специфичне површине. Сматра се еколошким материјалом и добрим проводником електрона па се често користи за модификацију електрода [8]. Бизмут(III)- оксид појачава електроаналитичко деловање сензора, па улази у састав сензора за детекцију метала, органских и фармацеутских једињења.

Елементи ретких земаља, спадају елементи лантаноида од лантана (La) до лутецијума (Lu), укључујући и скандијум (Sc) и итријум (Y). Привлаче велику пажњу научника, због својих јединствених својстава 4f и 5d електронских орбитала. Развијају се нанокомпозити на бази ретких земаља који испољавају слична својства као нанокомпозити племенитих метала [9]. Одређени елементи ове групе се већ користе у електрохемијским истраживањима, један од њих је и самаријум (Sm) [10].

#### 4. Циљеви истраживања и очекивани резултати

Главни циљ предложене докторске дисертације је да се биоотпад настао од отпадне љуске бадема користи као прекурсор за синтезу угљеничног материјала, детаљно испитају његове карактеристике и након тога искористи за даљу модификацију и примену у изради радне електроде од угљеничне пасте (СРЕ). Добијени сензор би се примењивао за брзу детекцију тешких метала у води. Укратко приказано, циљ дисертације је да се чврстом биоотпаду да нова употребна вредност у виду нових производа, што би осим економске исплативости допринело и смањењу загађења животне средине.

Главни циљ реализоваће се кроз:

- Синтезу угљеничних материјала од отпадне љуске бадема, процесом карбонизације у хоринзоталној пећи;
- Синтезу  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  и  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$  за модификацију радне електроде;
- Припрему композита на бази сједињавања ових материја
- Комплетну (физичко-хемијску и електрохемијску) карактеризацију синтетисаних материјала, ради разумевања структуре и хемијског састава;
- Испитивање утицаја синтезе и врсте допанта на морфолошке и електрохемијске карактеристике материјала
- Развијање еколошки и економски прихватљивих сензора за детекцију тешких метала.

Очекивани резултат предложене докторске дисертације је: (*и*) оптимизација процеса добијања нових материјала са тачно дефинисаним модфолошким и електрохемијским карактеристикама, (*iii*) примена материјала у хемији животне средине - развој електрохемијског сензора на бази ових материјала за детекцију тешких метала.

#### 5. Методе истраживања

Угљенични материјали биће синтетисани од отпадне љуске бадема, процесом карбонизације у хоринзоталној пећи, са констатним протоком инертног гаса – азота ( $\text{N}_2$ ). Карбонизација ће се радити у две шарже на температуру од  $800^\circ\text{C}$  и временом задржавања 10 сати. Прва шаржа садржаће само отпадне љуске бадема, док ће друга шаржа бити обогаћена претходно синтетисаним композитом  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$ . Методом базне преципитације синтетисаће се оксид  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , а композит  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$  ће бити синтетисан методом упаравања раствора и суспензије из цитратне киселине.

Сваки од добијених угљеника биће физички активиран помоћу угљен-диоксида, у хоризонталној пећи. До достизања радне температуре од  $800^\circ\text{C}$ , кроз пећ ће струјати инертни гас, азот, а након тога се кроз пећ пушта угљен диоксид са временом задржавања од 2 сата. Сви узорци биће хлађени до собне температуре у инертној атмосфери азота.

За карактеризацију синтетисаних оксида и угљеничних материјала биће коришћене следеће методе:

- Информација о кристалној структури синтетисаних узорака биће добијена рендгенском дифракцијом (XRD)
- Структурне промене и функционалне групе на површини материјала пратиће се анализом инфрацрвене спектроскопије са Фуријевом трансформацијом дифузионе рефлексије (DRIFT)
- Фотоелектронском спектроскопијском индукованом рендгенским зрацима (XPS) одредиће детаљан хемијски састав;
- Морфолошке структуре синтетисаних материјала и хемијски састав одредиће се скенирајућом електронском микроскопијом са енергетски дисперзионом спектроскопијом (SEM-EDS)
- Диференцијално-термијска и термогравиметријска анализа (Dta -TGA) биће коришћене за праћење промена синтетисаних материјала током топлотне обраде
- Одређивање површинских особина: метода уравнотежавања посебних проба за одређивање нултог наелектрисања (PZC) и метода одређивања изоелектричне тачке (мерење Z-потенцијала,) док ће се за одређивање специфичне површине и расподеле величине пора прахова користити метода базирана на адсорпцији-десорпцији азота на температури течног азота (BET метода).
- Могућност примене синтетисаних угљеничних материјала за брзу детекцију тешких метала из воде испитаће се: цикличном волтаметријом (CV) и мерењем електрохемијске импедансне спектроскопије (EIS), док ће се за примену материјала у електроаналитици користити диференцијална пулсна волтаметрија са обогаћивањем и сукцесивним растварањем (ASDPV).

## 6. Литература

1. Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*, 68(1), 167-182.
2. Djemmo, L. G., Njanja, E., Tchieno, F. M., Ndinteh, D. T., Ndungu, P. G., Tonle, I. K. (2020). Activated Hordeum vulgare L. dust as carbon paste electrode modifier for the sensitive electrochemical detection of Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup> ions. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 100(13), 1429-1445.
3. Jin, M., Yuan, H., Liu, B., Peng, J., Xu, L., Yang, D. (2020). Review of the distribution and detection methods of heavy metals in the environment. *Analytical methods*, 12(48), 5747-5766.
4. Wang, C., Niu, Q., Liu, D., Dong, X., You, T. (2023). Electrochemical sensor based on Bi/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doped porous carbon composite derived from Bi-MOFs for Pb<sup>2+</sup> sensitive detection. *Talanta*, 258, 124281.
5. Maiti, D., Tong, X., Mou, X., Yang, K. (2019). Carbon-based nanomaterials for biomedical applications: a recent study. *Frontiers in pharmacology*, 9, 1401.
6. Tajik, S., Beitollahi, H., Nejad, F. G., Safaei, M., Zhang, K., Van Le, Q., Shokouhimehr, M. (2020). Developments and applications of nanomaterial-based carbon paste electrodes. *RSC advances*, 10(36), 21561-21581.
7. Nabais, J. M. V., Laginhas, C. E. C., Carrott, P. J. M., Carrott, M. R. (2011). Production of activated carbons from almond shell. *Fuel Processing Technology*, 92(2), 234-240.

8. Zarei, E., Khaleghi, M. R., Asghari, A. (2024). Development of ZnO-Pd/Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite modified carbon paste electrode as a sensor for the simultaneous determination of piroxicam and naproxen. *Microchemical Journal*, 207, 111924.
9. Huang, H., Zhu, J. J. (2019). The electrochemical applications of rare earth-based nanomaterials. *Analyst*, 144(23), 6789-6811.
10. Jiang, L., Xue, Q., Jiao, C., Liu, H., Zhou, Y., Ma, H., Yang, Q. (2018). A non-enzymatic nanoceria electrode for non-invasive glucose monitoring. *Analytical Methods*, 10(18), 2151-2159.