

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 молбу 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, 13.03.2025. године

Подносилац молбе

Николић

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 FeWO₄/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, 13.03.2025. 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 (Bi_2O_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 Bi_2O_3 , композита Bi_2O_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, бионерзградивим 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 нанокompозити на бази ретких земаља који испољавају слична својства као нанокompозити 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 Vi_2O_3 и $\text{Vi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$ 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: (*u*) оптимизација процеса добијања 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 (N_2). Карбонизација ће се радити у две шарже на температуру од 800°C и временом задржавања 10 сати. Прва шаржа садржаће само отпадне љуске бадема, док ће друга шаржа бити обогаћена претходно синтетисаним композитом $\text{Vi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$. Методом базне преципитације синтетисаће се оксид Vi_2O_3 , а композит $\text{Vi}_2\text{O}_3\text{-Sm}$ 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°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 Cd²⁺, Pb²⁺ and Hg²⁺ 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/Bi₂O₃ doped porous carbon composite derived from Bi-MOFs for Pb²⁺ 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/Bi₂O₃ 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.