

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ – ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Образложење теме докторске дисертације кандидаткиње Наталије Ж. Недић, мастер биохемичара, пријављене под насловом „Нанокмпозитни биосорбент заснован на биомаси *Amrosia artemisiifolia*: добијање, карактеризација и примена у уклањању одабраних синтетичких органских боја”.

Научна област: Хемија

Ужа научна област: Хемија животне средине

1. Предмет научног истраживања

Предмет научног истраживања у оквиру предложене докторске дисертације је припрема, карактеризација и примена новог магнетног нанокмпозитног биосорбента добијеног из коровске, инвазивне и алергене биљке амброзије, *Ambrosia artemisiifolia*, који ће се користити за уклањање синтетичких органских боја из водених раствора.

Истраживања ће бити усмерена на оптимизацију процеса припреме магнетног биосорбента и повећање његове ефикасности у биосорпцији синтетичких органских боја из водених раствора. Увођење магнетне компоненте у структуру биосорбента омогућиће једноставније руковање биосорбентом, под дејством спољашњег магнетног поља током процеса биосорпције. Одговарајуће физичко – хемијске методе користиће се за карактеризацију физичких, хемијских, текстуралних и морфолошких својстава добијеног биосорбента. Експерименти биосорпције биће спроведени појединачно за две синтетичке органске боје, катјонску, малахитно зелену (енг. *malachite green*) и ањонску, конго црвену (енг. *congo red*). Ефикасност биосорпције боја биће процењена испитивањем утицаја различитих параметара (количина биосорбента, рН вредност раствора боја, почетна концентрација и температура раствора боја). Додатно ће се проценити могућности регенерације и поновне употребе биосорбента. Дефинисањем оптималних експерименталних услова за биосорпцију боја у бач (енг. *batch*) систему, даље ће бити спроведен *scale – up* процес биосорпције уз примену колоне, у циљу потенцијалног приближавања практичној примени овог приступа у третманима индустријских отпадних вода.

Применом оваквог приступа инвазивна, алергена биљка, *A. artemisiifolia*, биће искоришћена као лако доступан ресурс за развој иновативног ефикасног, економичног и еколошки прихватљивог решења у циљу смањење загађења и унапређења квалитета животне средине.

2. Основне хипотезе

Загађење вода је један од најзначајнијих глобалних еколошких проблема, а синтетичке органске боје које се примењују у бројним индустријским (текстилној, фармацеутској, прехранбеној) процесима представљају важан извор контаминације водених екосистема [1]. Многе од ових боја су токсичне, мутагене, канцерогене и отпорне на разградњу, због

чега је неопходно развијати ефикасне и одрживе методе за њихово уклањање [2]. Према доступној литератури, укупна производња боја у свету је око 700 000 тона годишње, од чега око 10% путем отпадних вода доспева у животну средину [3].

Конвенционалне методе за уклањање синтетичких органских боја из отпадних вода обухватају адсорпцију, јонску измену, флокулацију, мембранску филтрацију, ултрафилтрацију, оксидацију и остале [4]. Ове методе често захтевају прекомерну употребу хемикалија и других ресурса, што их чини економски неповољним и енергетски захтевним. Поред тога, њихова ефикасност у великој мери зависи од бројних параметара, укључујући и потребу за додатним секундарним третманима ради уклањања загађивача који су настали током примарне обраде [5]. За уклањање боја из водених раствора сорпцијом до сада су коришћени различити материјали, укључујући синтетичке полимере, наноконтропозите, глине, модификоване адсорбенте и материјале на бази угљеника [6]. Међутим, природни сорбенти познати као биосорбенти, привлаче посебну пажњу због своје еколошке прихватљивости, широке доступности, добре сорпционе ефикасности и економске исплативости [7]. Сорпциона метода, биосорпција, заснива се на употреби биосорбента и истиче се једноставношћу самог процеса, ниском ценом, високом ефикасносношћу и минималним стварањем секундарног отпада [8].

Ambrosia artemisiifolia је коровска, инвазивна, алергена биљка која је широко распрострањена у Европи, Америци и Азији. Само у Европи, око 44 милиона људи пати од алергија изазваних амброзијом, што доводи до значајних здравствених трошкова и смањеног квалитета живота оболелих. Поред изражених алергених својстава, *A. artemisiifolia*, као коровска биљка узрокује и значајне губитке у пољопривредној производњи, тако да има генерално негативан утицај на животну средину [9]. Ова инвазивна биљка је посебно распрострањена у северним регионима Републике Србије, где је максимална забележена концентрација полена достигла просечне вредност од 12 500 зрна/m³, што је чини доминантним инхалаторним алергеном у ваздуху [10].

Примена биосорбента заснованог на биомаси амброзије представља иновативан и одржив приступ који ће омогућити истовремено решавање два еколошка проблема: смањење присуства коровске, инвазивне и алергене биљне врсте у животној средини, као и уклањање синтетичких органских боја из воде.

3. Циљ истраживања и очекивани резултати

Главни циљ истраживања предложене докторске дисертације је коришћење коровске, инвазивне и алергене биљне врсте *A. artemisiifolia* за припрему магнетног наноконтропозита – биосорбента у биосорпцији синтетичких органских боја из водених раствора.

У складу са постављеним главним циљем, дефинисани су следећи појединачни циљеви предложене докторске дисертације:

- припрема магнетног наноконтропозита, биосорбента, базираног на биљци *A. artemisiifolia*;

- карактеризација хемијских, физичких, текстуалних и морфолошких својстава добијеног биосорбента применом одговарајућих физичко – хемијских метода;
- употреба добијеног магнетног нанокомпозита – биосорбента у биосорпцији синтетичких органских боја из водених раствора боја, применом *batch* методе;
- испитивање ефикасности магнетног биосорбента анализом утицаја различитих параметара: количина биосорбента, рН вредност раствора боја, почетна концентрација и температура раствора боја;
- *scale – up* процеса биосорпције уз употребу колоне;
- моделовање резултата изотермних и кинетичких испитивања применом одговарајућих модела;
- испитивање стабилности и могућности поновне употребе магнетног нанокомпозита тј. биосорбента кроз више узастопних циклуса биосорпције.

Очекивани резултати у оквиру предложене теме докторске дисертације су оптимизација процеса добијања новог магнетног биљног биосорбента са јасно дефинисаним хемијским и физичким карактеристикама, као и његову практичну примену у биосорпцији синтетичких органских боја.

4. Методе истраживања

У оквиру ове докторске дисертације биће примењени различити експериментални поступци, методе и технике, укључујући:

- **Припрему магнетног биосорбента** у инертној атмосфери азота (N_2).
- **Одређивање тачке нултог наелектрисања (pH_{pzc}) *pH drift*** методом, односно праћењем промене рН вредности раствора натријум – хлорида ($NaCl$) након контакта са биосорбентом.
- **Фуријеову трансформациону инфрацрвену спектроскопију (FTIR)**, за идентификацију функционалних група на површини биосорбента, као потенцијалних везивних места за молекуле боја, што ће омогућити боље разумевање механизма биосорпције.
- Одређивање специфичне површине и параметара порозне структуре биосорбента применом **Brunauer–Emmett–Teller (BET)** методе, на основу нискотемпературних адсорпционо–десорпционих изотерми азота, уз примену одговарајућих аналитичких модела и софтвера за анализу података.
- **Скенирајућу електронску микроскопију (SEM)**, која омогућава увид у морфологију и расподелу честица, док ће **енергетски дисперзивна рендгенска спектроскопија (EDS)** бити примењена за одређивање елементарног састава биосорбента.
- **Трансмисиону електронску микроскопију (TEM)** ради детаљнијег испитивања унутрашње структуре биосорбента, као и одређивања величине и облика наночестица.

- **Микроскопију атомских сила (AFM)**, за испитивање топографије површине на наноскали, као и за процену храпавости и просторне расподеле површинских карактеристика биосорбента.
- **XRD анализу (X – ray Diffraction, рендгенска дифракција)**, ради одређивања кристалне структуре, фазног састава и степена кристаличности биосорбента, као и идентификације присутних кристалних фаза.
- **XPS анализу (X – ray Photoelectron Spectroscopy, рендгенска фотоелектронска спектроскопија)**, за одређивање елементарног састава површине биосорбента, као и за анализу хемијских стања и везивних енергија функционалних група након биосорпције боја.
- **Темогравиметријску анализу (TGA)**, којом ће бити одређена термичка стабилност биосорбента, праћењем промене масе биосорбента у контролисаној атмосфери..
- Испитивање магнетних својстава биосорбента, применом **SQUID магнетометрије (Superconducting Quantum Interference Device magnetometry)**, у циљу процене магнетизације материјала, за брзо и ефикасно магнетно одвајање из водених раствора након биосорпције боја.
- **UV –Vis спектроскопију**, која ће бити коришћена као квантитативно – квалитативна аналитичка метода за процену ефикасности биосорпције боја.
- **HPLC (High Performance Liquid Chromatography)**, која ће бити коришћена као квантитативно – квалитативна аналитичка метода за прецизно одређивање боја у воденим растворима пре и после биосорпције.

5. Литература

1. Yildiz, H., Yüksel, A. Y. A novel biosorbent material from waste fish scales (*Cyprinus carpio*) for biosorption of toxic dyes in aquatic environments. *Biomass Convers. Biorefin.* 2025, 15(1), 1535-1548. (<https://doi.org/10.1007/s13399-024-05900-y>)
2. Merrad, S., Abbas, M., Trari, M. Adsorption of malachite green onto walnut shells: Kinetics, thermodynamic, and regeneration of the adsorbent by chemical process. *Fibers Polym.* 2023, 24(3), 1067-1081. (<https://doi.org/10.1007/s12221-023-00025-x>)
3. Alouache, A., Selatnia, A., Sayah, H. E., Khodja, M., Moussous, S., Daoud, N. Biosorption of hexavalent chromium and Congo red dye onto *Pleurotus mutilus* biomass in aqueous solutions. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 2022, 19(4), 2477-2492. (<https://doi.org/10.1007/s13762-021-03313-2>)
4. Chen, L., Mi, B., He, J., Li, Y., Zhou, Z., Wu, F. Functionalized biochars with highly-efficient malachite green adsorption property produced from banana peels via microwave-assisted pyrolysis. *Bioresour. Technol.* 2023, 376, 128840. (<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128840>)
5. El Ouadrhiri, F., Althomali, R. H., Adachi, A., Saleh, E. A. M., Husain, K., Lhassani, A., Lahkimi, A. Nitrogen and phosphorus co-doped carbocatalyst for efficient organic pollutant removal through persulfate-based advanced oxidation processes. *J. Saudi Chem. Soc.* 2023, 27(3), 101648. (<https://doi.org/10.1016/j.jscs.2023.101648>)

6. Isik, B., Cakar, F., Cankurtaran, O. Valorization of *Urtica dioica* roots as a highly-effective and eco-friendly biosorbent for adsorptive removal of hazardous textile dyes. *Mater. Sci. Eng. B*, 2023, 293, 116451. (<https://doi.org/10.1016/j.mseb.2023.116451>)
7. El Messaoudi, N., El Khomri, M., El Mouden, A., Bouich, A., Jada, A., Lacherai, A., Américo-Pinheiro, J. H. P. Regeneration and reusability of non-conventional low-cost adsorbents to remove dyes from wastewaters in multiple consecutive adsorption–desorption cycles: a review. *Biomass Conv. Bioref.* 2024, 14(11), 11739-11756. (<https://doi.org/10.1007/s13399-022-03604-9>)
8. He, Z., Nie, G., You, T., Qiao, Y., Li, Y., & Huang, Y. Transformation of household waste-watermelon rind into high-performance adsorbents: A low-cost and green strategy for dye removal. *Colloid. Surf. A-Physicochem. Eng. Asp.* 2025, 137589. (<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2025.137589>)
9. Knolmayer, B., Jócsák, I., Taller, J., Keszthelyi, S., & Kazinczi, G. Common Ragweed – *Ambrosia artemisiifolia* L.: A Review with Special Regards to the Latest Results in Protection Methods, Herbicide Resistance, New Tools and Methods. *Agronomy*, 2025, 15(8), 1765. (<https://doi.org/10.3390/agronomy14030497>)
10. Environmental Protection Agency of the Republic of Serbia. (2024). *Air quality report in the Republic of Serbia for 2023*. Ministry of Environmental Protection. date accessed: 29.1.2026. (<https://sepa.gov.rs/wp-content/uploads/2024/10/Vazduh2023.pdf>)