

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ – ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА**

Предмет: Молба за оцену испуњености услова за пријаву докторске дисертације Марије Лукић, мастер биолога

Молим Наставно-научно веће да одобри израду докторске дисертације из области Биохемије на Универзитету у Београду – Хемијском факултету (Катедра за биохемију) под насловом:

„Уклањање нафтних угљоводоника из воде и седимента интегралним поступком адсорпције и микробне деградације”

Предлажем Комисију у саставу:

1. др Владимир Бешкоски, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет – ментор
2. др Бранимир Јованчићевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Хемијски факултет
3. др Јелена Авдаловић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију – ментор
4. др Александра Жерађанин, научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију
5. др Кристина Јоксимовић, научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију

У прилогу достављам:

1. Образложење теме (научна област из које је тема, предмет научног истраживања, основне хипотезе, циљ истраживања и очекиване резултате, методе истраживања и списак стручне литературе која ће се користити)
2. Биографију
3. Библиографију
4. Изјаву да предложену тему кандидат није пријављивао на другој високошколској установи у земљи или иностранству

У Београду,
18.02.2025.

Марија Лукић
мастер биолог
Студент докторских студија
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Биографија

Марија (Мирослав) Лукић

Марија (Мирослав) Лукић је рођена 23.09.1989. у Лозници, Србија. Након завршене Основне школе „Бранко Радичевић“ у Малом Зворнику, уписује Средњу медицинску школу „Др Миша Пантић“ у Ваљеву (Истурено одељење у Лозници), смер физиотерапеутски техничар, коју завршава 2008. године. Исте године започиње основне академске студије на Биолошком факултету Универзитета у Београду, на смеру Биолог истраживач, које завршава 2013. године са просечном оценом 7,94. Мастер студије наставља на истом факултету на катедри за Физиологију животиња, модул Експериментална физиологија животиња, које завршава 2014. са просечном оценом 9,83 и оценом 10 на одбрани мастер рада под називом „*Утицај акутних и хроничних стресора на концентрацију галанина и FTO у срцу пацова*“. Докторске студије на Хемијском факултету Универзитета у Београду уписује 2016. године на студијском програму Биохемија на ком је до сада положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 10,00.

Од 2015. до 2022. године је била запослена у предузећу „НРК Инжењеринг“ д.о.о. где је радила на пословима производње и контроле квалитета хемијских производа који се користе у фармацеутској, прехранбеној и војној индустрији, а у складу са релевантним стандардима. Истовремено је радила и као хемијски аналитичар у лабораторији акредитованој према ISO 17025 стандарду, чији је главни фокус био на анализи земљишта и воде на нафтне загађиваче. Као екстерни сарадник је у истом периоду учествовала и на пројектима фирме „BREM GROUP“ д.о.о. која послује у области заштите животне средине. Ангажовање у оквиру „BREM GROUP“ д.о.о. је било на пословима обилажења и процена локација, теренског рада, као и узорковања.

Од 2022. године је ангажована као биолог на Институту за хематопатологију у Хамбургу, Немачка, где се бави дијагностиком хематолошких обољена са акцентом на имунофенотипизацији помоћу FACS (енгл. *Fluorescence-Activated Cell Sorting*) методе. Поред тога ради и на пословима контроле квалитета „FACS“ лабораторије, као и контроле квалитета хистолошких и цитолошких препарата обрађених у лабораторији за конвенционалну хистологију и цитологију.

**Радови и саопштења кандидаткиње:
Марија М. Лукић, мастер биолог**

M22 Рад у истакнутом међународном часопису

1. **Lukić M**, Daković A, Joksimović K, Milić J, Obradović M, Beškoski V, Avdalović J (2024) Removal of diesel from aqueous solutions by a combined adsorption and microbial degradation process. Minerals 14:1287. <https://doi.org/10.3390/min14121287>
2. **Lukić M**, Avdalović J, Gojgic-Cvijovic G, Žeradžanin A, Mrazovac Kurilic S, Ilic M, Miletić S, Vrvić M, Beškoski, V (2024) Industrial-scale bioremediation of a hydrocarbon-contaminated aquifer's sediment at the location of a heating plant, Belgrade, Serbia. Clean Technol Environ Policy 26:1-14. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02724-8>

M33 Саопштење са међународног скупа штампано у целини

Avdalović J, Lugonja N, Šoštarić T, **Lukić M**, Milić J, Milojković J, Conić V (2022) Recovery of copper from ore dump using bioleaching approach. 16th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, September 26-30, pp 453-456.

Avdalović J, Lugonja N, Joksimović K, **Lukić M**, Milić J, Lopičić Z, Milojković J (2021) Does humification take place during biodegradation of petroleum hydrocarbon? Physical Chemistry, 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, September 20-24, pp.551-553.

M64 Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

Жерађанин А, **Лукић М**, Илић М, Авдаловић Ј, Милић Ј, Једнак Т, Бешкоски В (2018) Испитивање нафтних загађујућих супстанци у узорцима седимента на локалитету Топлане Нови Београд, 8. Симпозијум Хемија и заштита животне средине са међународним учешћем Envirochem, Српско хемијско друштво, Књига извода, 29. мај-01. јун, 2018, р. 135-136, Крушевац, Србија

ИЗЈАВА

Изјављујем да докторска дисертација под називом:

„Уклањање нафтних угљоводоника из воде и седимента интегралним поступком адсорпције и микробне деградације”

није пријављена на другим високошколским установама у земљи и иностранству.

У Београду,
18.02.2025. год.

Марија Лукић
мастер биолог
Студент докторских студија
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Универзитет у Београду - Хемијски факултет
Наставно-научно веће

Предмет: Образложење теме докторске дисертације кандидаткиње Марије Лукић

Тема:

„Уклањање нафтних угљоводоника из воде и седимента интегралним поступком адсорпције и микробне деградације”

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ

1. Научна област: Хемија

Ужа научна област: Биохемија

2. Предмет истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је испитивање потенцијала интегралног поступка адсорпције и микробне деградације за уклањање нафтних угљоводоника из воде и седимента. У првој фази истраживања је планирано изоловање микроорганизама, деградера нафте, са локалитета контаминираног нафтним полутантима, њихова карактеризација као и њихова примена у процесу *in situ* биоремедијације аквифера загађеног угљоводоничима нафтног порекла. Друга фаза се састоји из испитивања адсорпционог капацитета органозеолита (зеолита модификованог дуголанчаним кватернарним амонијумовим солима) за растворну фракцију дизела, као и процене биодеградационог потенцијала конзорцијума микроорганизама (изолованих у првој фази истраживања) за деградацију адсорбоване загађујуће супстанце. Наша претпоставка је да ће конзорцијум разградити поред адсорбованих супстанци и дуголанчане молекуле кватернарних амонијумових соли, па ће резултат бити уклоњено загађење и регенерисан зеолит који се поново може модификовати.

3. Циљ

- Генотипска карактеризација микроорганизама изолованих из седимента контаминираног аквифера;
- Хемијска и микробиолошка анализа воде и седимента пре биостимулације и биоаугментације;
- Хемијска и микробиолошка анализа воде и седимента након 6 и 12 месеци *in situ* биоремедијационог процеса на индустријском нивоу;
- Процена ефикасности *in situ* биоремедијације аквифера загађеног угљоводоничима нафтног порекла;
- Карактеризација зеолита, синтеза и карактеризација органозеолита;
- Процена ефикасности адсорпције растворне фракције дизела на органозеолиту;

- Испитати токсичност воде контаминиране раствором фракцијом дизела и воде након третмана адсорпцијом;
- Испитати кинетику процеса адсорпције растворне фракције дизела као и механизам интеракције адсорбент-адсорбат;
- Испитати биоремедијациони потенцијал изолованог конзорцијума микроорганизама за адсорбовани дизел, као и за регенерацију адсорбента.

4. Методе истраживања

- Методе за генотипску карактеризацију микроорганизама изолованих из контаминираниог седимента (изоловање геномске DNK, полимеризација гена који кодирају за 16S rRNK, пречишћавање добијених фрагмената и њихово секвенционирање);
- Методе за изоловање и умножавање конзорцијума микроорганизама;
- Методе за хемијску анализу седимента и воде (одређивање садржаја укупних угљоводоника нафте гасном хроматографијом и одређивање састава нафтних угљоводоника гасном хроматографијом са масеном спектрометријом);
- Математичко моделовање процеса биоремедијације (експоненцијални модел разградње угљоводоника нафте);
- Методе за карактеризацију зеолита и органозеолита (FTIR, SEM, зета потенцијал)
- Моделовање процеса сорпције (одређивање кинетике реакција и доминантног типа интеракције између адсорбента и адсорбата);
- Методе за испитивање токсичности контаминиране и пречишћене воде (тест екотоксичности помоћу бактерије *Aliivibrio fischeri*);
- Методе за потврђивање процеса микробне деградације (тест респирације).

5. Актуелност теме

Подземна вода представља значајан извор пијаће воде за велики проценат људске популације, пре свега у аридним и полуаридним областима. Чак и у Европи, као последица климатских промена, залихе површинских вода се смањују, посебно у периодима године када је потреба за водом повећана, те је значај подземних вода постао знатно већи [1]. Са друге стране, и потреба за енергијом се континуирано повећава. Иако се тежи смањењу ослањања на нафту и нафтне деривате као изворе енергије [2], вишедеценијска експлоатација, прерада и транспорт нафтних производа је оставила последице на земљиште, седимент и воду. Након испуштања у животну средину, нафтни угљоводоници се крећу кроз земљиште адсорбујући се на земљишне честице, док део пролази до подземних вода [3]. Фракција нафтних угљоводоника која остаје у седименту представља резидуалну фазу која се понаша као континуирани извор загађења подземних вода [3,4]. Развијене су различите методе за пречишћавање контаминираних вода и земљишта, од којих је биоремедијација у предности због своје ефикасности, исплативости и одсуства штетних нус производа. Такође, стимулисана биоремедијација је бржи процес од природне, јер се ослања на биостимулацију и биоаугментацију, и то најчешће употребом конзорцијума микроорганизама изолованих са контаминираниог локалитета [5]. Ова зелена технологија има значајне предности у односу на друге технологије како у погледу цене

тако и у ефикасности у уклањању полутаната. Биоремедијација најмање нарушава животну средину и у потпуности је у складу са принципима одрживог развоја.

Током биоремедијације аквифера, подземна вода бива инокулисана конзорцијумом микроорганизама који се, захваљујући флукуацији нивоа подземних вода, преносе и до честица седимента, што омогућава истовремену биоремедијацију седимента и подземних вода једним поступком. Због свега наведеног, у првом делу докторске дисертације ће бити описан процес *in situ* биоремедијације аквифера контаминираним нафтним полутантима на индустријском нивоу.

Даље, последњих година се доста пажње посвећује фракцији нафтних угљоводоника која је растворна у води, пре свега због изузетне токсичности за акватичне организме, а посебно и због чињенице да може да има дугорочне последице на подручја која су удаљена од првобитног изливања [6]. Употреба сорбената за пречишћавање вода од нафтних загађивача је у фокусу великог броја истраживача. Један од новијих приступа у решавању проблема пречишћавања загађених вода је употреба различитих филтера на бази природних алумосиликатних минерала. Они су ефикасни, а истовремено еколошки и економски прихватљиви адсорбенти. Природни алумосиликатни минерали имају широку примену као катјонски измењивачи, захваљујући негативном наелектрисању решетке и порозности структуре. Савремена истраживања указују на то да су наведени минерали, без претходне модификације, високо ефикасни у процесу адсорпције токсичних метала и других катјонских полутаната присутних у загађеним водама. Међутим, негативно наелектрисање алумосиликатне решетке минерала омогућава површинску модификацију катјонским површински активним супстанцама (модификаторима) у циљу повећања и проширивања адсорпционе ефикасности. Дакле, контролисаним процесом модификације површине минерала органским модификаторима, као што су дуголанчани молекули кватернарних амонијумових соли, настају нови органоминерални комплекси. Површина добијеног комплекса је хидрофобна што овако модификоване минерале чини погодним адсорбентима за разне органске загађиваче. Доступност, добре хидрауличке особине и релативно ниска цена алумосиликатног минерала подстичу даља истраживања у области њихове примене као филтера у пречишћавању вода [7].

Због свега горе наведеног, у другом делу дисертације биће презентован лабораторијски експеримент нове технолошке процедуре за пречишћавање вода контаминираних раствореном фракцијом дизела. Поступак се заснива на адсорпцији растворне фракције дизела на зеолиту модификованом хексадецил-триметил-амонијум броомидом, након чега долази до биоразградње адсорбованих полутаната. С обзиром на то да се биоразградња загађујућих материја не може вршити независно од биоразградње адсорбента који садржи органску фазу (дуголанчани молекули кватернарних амонијумових соли), претпоставља се да ће дуголанчани органски катјони који се користе за површинску модификацију зеолита бити и микробиолошки разложени. Резултат ове комплексне биоремедијације биће деградирани загађивачи и регенерисани зеолит који се може поново модификовати и користити за адсорпцију других органских молекула.

6. Очекивани резултати

У складу са полазним премисама очекује се да ће:

- изоловани микрорганализми бити идентификовани на молекуларном нивоу;
- да ће конзорцијум микрорганализама, изолован са контаминираних локација, бити успешан у уклањању нафтних полутаната из подземне воде и седимента у процесу *in situ* биоремедијације на индустријском нивоу;
- органозеолит бити успешан у адсорпцији растворене фракције дизела;
- конзорцијум микрорганализама разградити адсорбовану фракцију дизела и успешно регенерисати адсорбент.

Литература

- [1] Sufyan M, Martelli G, Teatini P, Cherubini C, Goi D (2024) Managed aquifer recharge for sustainable groundwater management: new developments, challenges, and future prospects. *Water* 16:3216. <https://doi.org/10.3390/w16223216>
- [2] Asante-Sackey D, Rathilal S, Tetteh EK, Armah EK (2022) Membrane bioreactors for produced water treatment: A mini-review. *Membranes* 12:275. <https://doi.org/10.3390/membranes12030275>
- [3] Logeshwaran P, Megharaj M, Chadalavada S, Bowman M, Naidu R (2018) Petroleum hydrocarbons (PH) in groundwater aquifers: an overview of environmental fate, toxicity, microbial degradation and risk-based remediation approaches. *Environ Technol Innov* 10:175-193. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.02.001>
- [4] Kehew AE, Lynch PM (2011) Concentration trends and water-level fluctuations at underground storage tank sites. *Environ Earth Sci* 62:985-998. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0583-6>
- [5] Łebkowska M, Zborowska E, Karwowska E, Miaśkiewicz-Pęska E, Muszyński A, Tabernacka A, Naumczyk J, Jęczalik M (2011) Bioremediation of soil polluted with fuels by sequential multiple injection of native microorganisms: field-scale processes in Poland. *Ecol Eng* 37:1895-1900. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.047>
- [6] Müller JB, Melegari SP, Perreault F, Matias WG (2019) Comparative assessment of acute and chronic ecotoxicity of water soluble fractions of diesel and biodiesel on *Daphnia magna* and *Aliivibrio fischeri*. *Chemosphere* 221:640–646. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.069>
- [7] Muir B, Bajda T (2016) Organically modified zeolites in petroleum compounds spill cleanup — Production, efficiency, utilization. *Fuel Processing Technology* 149:153-162. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.04.010>