

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ

Предмет: Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Анке Јевремовић, мастер физикохемичара

На X редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду, одржаној 11.07.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Анке Јевремовић, мастер физикохемичара, под насловом: „**Оптимизација зеолита (FAU, BEA и MFI) за уклањање пестицида из водених средина**“. Израда докторске дисертације под наведеним насловом одобрена је одлуком Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију на I редовној седници, одржаној 12.11.2020. године. На основу те одлуке, Веће научних области природних наука Универзитета у Београду на седници одржаној 26.11.2020. године, дало је сагласност да се прихвати предложена тема докторске дисертације.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

A. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација Анке Јевремовић је написана на 94 стране куцаног текста према Упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду и садржи 7 главних целина: **Увод** (1 страна), **Теоријски део** (27 страна), **Циљ рада** (1 страна), **Материјал и методе** (6 страна), **Резултати и дискусија** (41 страна), **Закључак** (3 стране) и **Литература** (178 литературних навода, 15 страна). Поред наведеног, дисертација садржи и Насловну страну на српском (1 страна) и енглеском (1 страна) језику. Страну са информацијама о ментору и члановима комисије (1 страна), Захвалницу (1 страна), Сажетак на српском (2 стране) и енглеском (2 стране) језику и Садржај (3 стране). Кандидаткиња је уз текст дисертације приложила и Биографију и Изјаве прописане од Стране Универзитета.

Дисертација садржи укупно 46 слика и 4 табеле, од којих 31 слика и 4 табеле представљају оригиналне резултате истраживања кандидаткиње.

У поглављу **Увод** је дат осврт на област истраживања и циљ ове докторске дисертације који подразумева уклањање пестицида из водених средина, порозним материјалима који су засновани на функционализованим, структурно различитим, FAU, BEA и MFI зеолитима, коришћењем адсорпције, као једноставне и ефикасне методе за пречишћавање површинских и отпадних вода.

У поглављу **Теоријски део** наведене су опште карактеристике FAU, BEA и MFI зеолита и описане модификације зеолита коришћењем површински активних супстанци, дат је преглед начина синтезе зеолита гвожђем и добијања композитних материјала са хетерополикселинама и њиховим солима. Наведена су основна физичко-хемијска својства испитиваних загађујућих

супстанци (никосулфурана и ацетамиприда) и дат је преглед литературе о начинима за њихово уклањање путем адсорпције и катализоване разградње. Поред литературних података за зеолите, дати су подаци и за друге порозне материјале који се могу користити за уклањање испитиваних загађујућих супстанци. Такође, описана су физичко-хемијска својства танина и танинске киселине, као и литературни наводи о адсорпцији пестицида на адсорбенсима у присуству танина.

У поглављу **Циљ рада** истакнути су циљеви докторске дисертације, а то су:

- 1) модификације Y (FAU структура) зеолита катјонским сурфактантима (бензалконијум-хлоридом (BZC), цетилпиридинијум-хлоридом (CPC) и тетрапропиламонијум-хлоридом (TPA)); јонска измена Y , β (BEA структура) и ZSM-5 (MFI структура) зеолита гвожђем и синтеза композита ZSM-5 зеолита са калијум-волфрамофосфатом;
- 2) карактеризација припремљених материјала;
- 3) испитивање адсорпционих својстава оптимизованих FAU, BEA и MFI зеолита у адсорпцији пестицида (никосулфурана и ацетамиприда) и полифенолног једињења (танинске киселине);
- 4) испитивање каталитичких својстава зеолита модификованих гвожђем за оксидацију ацетамиприда у хетерогеном Фентон систему;
- 5) испитивање каталитичких својстава композита зеолита и калијум-волфрамофосфата у поступку дехидратације етанола за добијање етена, као и
- 6) испитивање утицаја добијених материјала на цитотоксичност одабраних пестицида.

Укратко циљеви тезе су: (а) утврђивање ефикасности добијених материјала за адсорпционе и каталитичке примене, (б) повезивање адсорпционих и каталитичких својстава са цитотоксичним ефектима испитаних метода за уклањање загађујућих супстанци.

У поглављу **Материјал и методе** наведени су полазни зеолити који су коришћени у испитивањима у оквиру ове тезе, као и поступак модификације зеолита површински активним супстанцама, јонима гвожђа и калијум-волфрамофосфатом (KPW). Описани су експериментални услови за физичкохемијске методе које су коришћене за карактеризацију узорака полазних и модификованих зеолита и то: инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ФТИЦ) и раманска спектроскопија, рендгенска дифракциона анализа, термогравиметријска анализа (ТГА), микроскопија атомских сила (АФМ), одређивање специфичне површине BET методом и одређивање хемијског састава методом индуктивно-спрегнуте плазме са оптичком емисионом спектрометријом. Такође су дати експериментални услови под којима су коришћене методе за одређивање концентрације загађујућих супстанци: течна хроматографија високих перформанси и УЉ-Вид спектрофотометрија. Наведене су и процедуре коришћене за адсорпцију и каталитичку разградњу загађујућих супстанци (рН суспензије, садржаја чврсте фазе, почетне концентрације) као и експериментални детаљи под којима је спроведена катализована реакција дехидратације етанола. На крају је описано испитивање цитотоксичности припремљених узорака на вијабилност и пролиферацију ћелија хуманих фибробласта (MRC-5 ћелијска линија) *in vitro* МТТ (3-(4,5-диметилтиазол-2-ил)-2,5-дифенил тетразолијум бромид) колориметријском техником (редукција тетразола).

Поглавље **Резултати и дискусија** подељено је у неколико целина у складу са задатим циљевима тезе. Поглавље започиње резултатима о обиму модификације зеолита сурфактантима, о садржају гвожђа у модификованим зеолитима, као и праћењем промена рН вредности у току синтеза композита зеолита са KPW. Затим следе детаљни резултати карактеризација полазних узорка зеолита и модификованих узорака различитим методама: АФМ, методама вибрационе спектроскопије, ТГА и рендгенске анализе, као и текстуална својства одређена помоћу адсорпционо-десорпционих изотерми азота. Неколико наредних потпоглавља везано је за адсорпције на припремљеним адсорбенсима. У потпоглављу “Адсорпција танинске киселине на модификованим и немодификованим FAU зеолитима” су дате вредности адсорпционих константи добијених из Лангмир-Фројндлих и Лангмир

адсорпционих изотерми, као и експериментално добијене максималне адсорбоване количине танинске киселине (ТА). Након овога представљени су резултати адсорпције ацетамиприда у присуству и у одсуству ТА на немодификованим и модификованим узорцима Y зеолита, као и адсорпција и каталитичка разградња ацетамиприда на зеолитима модификованим гвожђем. Интеракција ацетамиприда и зеолита модификованих гвожђем је праћена ФТИЦ спектроскопијом у посебном потпоглављу. Следи адсорпција никосулфурана на MFI зеолитима и њиховим композитима са калијум-волфрамофосфатом. Као наредна целина издвојен је “Каталитички тест”, у коме су као катализатори за реакцију конверзије етанола тестирани композити зеолита са калијум-волфрамофосфатом. Поглавље се завршава са резултатима модулација цитотоксичности.

У поглављу **Закључак** сумирани су резултати и закључци који су проистекли из ове докторске дисертације.

У поглављу **Литература** дат је преглед коришћених референци према редоследу њиховог појављивања.

Б. Опис резултата дисертације

У овој тези су успешно модификовани и окарактерисани различити узорци у чијој су основи FAU, BEA и MFI зеолити и испитана је њихова примена у заштити животне средине, као адсорбента и катализатора:

1) Прва група резултата се односи на Y зеолите (FAU структура) модификоване са катјонским сурфактантима: бензалконијум-хлоридом, цетилпиридинијум-хлоридом и тетрапропиламонијум-бромидом. Адсорпциона својства Y зеолита ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=5,2$ и 80) и његових модификованих облика су испитана за полифенолно једињење, танинску киселину. Сви испитани узорци су показали одличне адсорпционе капацитете за уклањање танинске киселине из водених раствора. Највећи адсорпциони капацитет је показао узорак BZC/Y₅ код кога је Y зеолит ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=5,2$) модификован бензалконијум катјоном ($67,7 \text{ mg g}^{-1}$), а серији узорака са Y зеолитом ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=80$), узорак CPC/Y₈₀ код кога је полазни Y зеолит модификован цетилпиридинијум катјоном ($36,3 \text{ mg g}^{-1}$). Катјонски сурфактанти са дугим алкил ланцима везани су за негативну површину зеолита електростатичким интеракцијама. Хидрофобне групе сурфактаната и танинска киселина у раствору инетрагују слабир дисперзионим интеракцијама, што омогућава адсорпцију танинске киселине. Испитивање адсорпције ацетамиприда на узорцима на којима је предходно адсорбована ТА, показало је да се и ТА и пестицид адсорбују на истим адсорпционим местима на површини зеолита. Мерењем цитотоксичности је доказано да танинска киселина није кључна за измену токсичности инсектицида, већ да присуство зеолита највише утиче на вијабилност ћелија јер уклања пестицид. Најбољи резултат је добијен за зеолит са танинском киселином, који се показао као ефикасан материјал за смањење цитотоксичности пестицида.

2) Друга група резултата тиче се Fe-модификованих зеолита припремљених поступком јонске измене у растворима гвожђе(III)-цитрата и гвожђе(II)-оксалата са три различита зеолита (MFI/ZSM-5, BEA/ β и FAU/Y). Показано је да је за све зеолите је измена јона била ефикаснија када се као прекурсор користи оксалат гвожђа. Fe-модификовани FAU и ZSM зеолити задржавају добро дефинисану морфологију и структуру током процеса јонске измене, што је потврђено АФМ и ФТИЦ техникама, док је структура BEA делимично неуређена, како у основним, тако и у модификованим узорцима. Материјали су испитивани као адсорбенти и Фентон катализатори за уклањање пестицида ацетамиприда. Утврђено је да је врста зеолита кључна за испољавање пуног капацитета материјала у различитим техникама уклањања ацетамиприда. Fe-модификовани ZSM-5 зеолити доминантно индукују разградњу пестицида, 142 mg g^{-1} , за 1 h. Модификација ZSM-5 зеолита оксалатним прекурсором, произвела је високо ефикасан катализатор, јер се разградило скоро 100 % од почетне концентрације од 200 mg L^{-1} ацетамиприда, у периоду од 20 h. С друге стране, значајна адсорпција ацетамиприда и

каталитичка деградација добијене су за β узорак модификован оксалатним прекурсором, а ефикасност уклањања је била до 134 mg g^{-1} . γ и β узорци модификовани цитратом, показали су слаб каталитички потенцијал, због ниског садржаја гвожђа у истима. Највећа адсорпција (до 160 mg g^{-1}) са slabим каталитичким перформансама, добијена је за серију узорака γ зеолита. Брза адсорпција и већи адсорпциони капацитети добијени су за Fe - модификоване γ ($141,5 \text{ mg g}^{-1}$) и β ($97,3 \text{ mg g}^{-1}$) зеолите, са цитратним прекурсором. Само присуство гвожђа у одређеној мери инхибира адсорпцију на Fe-модификованим узорцима, у поређењу са полазним γ ($153,0 \text{ mg g}^{-1}$) и β ($110,6 \text{ mg g}^{-1}$) зеолитима. Спектри након адсорпције пестицида потврдили су (зеолит)-OH...N-(ацетамиприд) водоничну везу, као доминантни вид интеракције приликом адсорпције молекула ацетамиприда на зеолиту.

Процес уклањања ацетамиприда са Fe β узорком се показао као најмање цитотоксичан, док када се користи најбољи адсорбент, Fe γ зеолит из оксалатног прекурсора, долази до смањења вијабилности ћелија хуманих фибробласта. Каталитичка деградација је изазвала највећу токсичност, за узорак ZSM-5 модификованим Fe-оксалатним прекурсором, због оксидационог средства присутног у реакционој смеси. Током каталитичке деградације ацетамиприда јавља се низ продуката, те је за њихову потпуну минерализацију потребно више времена. То доводи до значајнијег токсичног ефекта по ћелије током поступка каталитичке деградације. Након адсорпције, иако је она јако ефикасан процес, остаје део молекула ацетамиприда у раствору који такође утиче на цитотоксичност. Из свега наведеног, закључено је да комбинација физичких и хемијских третмана за ремедијацију воде, представља најпогоднији метод за смањење токсичних ефекта пестицида у животној средини, уколико су адсорбенти засновани на зеолитима модификованим са јонима гвожђа.

3) Трећа група резултата је везана за нове композитне материјале састављене од калијум-волфрамофосфата и ZSM-5 зеолита. Узорци су добијени различитим методама припреме узорака и третмана након синтезе и испитивани за потенцијалне адсорпционе и каталитичке примене у животној средини. Испитан је утицај поступка синтезе на формирање активних места у композиту, а разлике се огледају у редоследу додавања прекурсора соли – K-PW (додатак калијумове соли суспензији зеолита пре 12-волфрамофосфорне киселине) и PW-K (додатак 12-волфрамофосфорне киселине суспензији зеолита пре калијумове соли).

Експерименти су показали да везивање калијум-волфрамофосфата за ZSM-5 зеолите различитих Si/Al односа, утиче на формирање активних центара за каталитичке и адсорпционе примене. Brønsted активна места су присутна у зеолитима доприносе активности заједно са Lewis центрима који настају увођењем јона калијума, што доводи до побољшане стабилности и активности синтетисаних материјала у реакцији дехидратације етанола. Композити са зеолитом код кога је однос $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=30$, у обе синтезе, и осушени и калцинисани, су се показали као бољи адсорбенти пестицида никосулфуруна од оних припреманих са зеолитима са односом $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=50$ и $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=80$. Најмање ефикасни у уклањању пестицида су полазни зеолити, без KPW.

Добијени резултати су показали да на адсорпциона и каталитичка својства утиче редослед додавања прекурсора KPW, као и термичка обрада након синтезе. Најбољи резултати конверзије и селективности у реакцији дехидратације етанола, као и најефикасније уклањање никосулфуруна, добијени су за узорак припремљен са зеолитом ZSM-5, код кога је однос $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3=30$. Већи садржај Al и веће површинско наелектрисање довели су до ефикасније размене K^+ и каснијег формирања KPW, него у узорцима са већим односом Si/Al.

V. Упоредна анализа резултата дисертације са подацима из литературе

Тематика којом се бави ова докторска дисертација - примена оптимизованих зеолита у уклањању загађујућих супстанци је веома актуелна у науци о материјалима.

У овом поглављу дата је упоредна анализа литературних података, који се односе на адсорпциона и каталитичка својства модификованих зеолита са резултатима из тезе.

Познато је адсорпциона својства зеолита зависе од њихове структуре, а однос Si/Al, врста ванрежног катјона, њихов број и позиција су фактори који нарочито утичу на адсорпцију [1]. Различита истраживања говоре у прилог површинским модификацијама зеолита у циљу побољшања његових адсорпционих својстава за везивање загађујућих супстанци [2]. Модификација зеолита катјонским сурфактантима је актуелна тема која се не ограничава само на подручје науке о материјалима, већ је заступљена и у другим областима, као што је нпр. медицина, где се на овај начин модификовани зеолити испитују као носачи лекова [3]. Познато је да се танинска киселина користи као састојак формулација комерцијалних пестицида који се примењују у усевима [4], а могуће је да и инертни састојци повећају токсичност формулација. Испитивања се углавном базирају на утицају порозних материјала на токсичност пестицида, попут испитивања зеолита као модулатора токсичности пестицида триаклоприда на *Chironomus riparius* [5]. У литератури нема података о токсичности система зеолит/танинска киселина/пестицид, те резултати добијени у оквиру ове тезе дају смернице за смањење токсичности формулација пестицида.

Адекватно поступање са материјалом коришћеним за адсорпцију загађујућих супстанци је веома значајно. Разлагање адсорбата је нарочито пожељно, те се испитују примене нових материјала у каталитичкој оксидацији и разградњи загађујућих супстанци. Међу механизмима за разлагање заснованим на оксидационим процесима, Фентон реакција у системима за каталитичку оксидацију у присуству водоник-пероксида, у којој се производе хидроксилни радикали у присуству феро-јона, или хидропероксилни радикали у присуству фери-јона, се посебно испитује. Како ова реакција има значајан потенцијал за примену у оксидацији и уклањању различитих органских једињења из водених средина [6], указује се потреба за оптимизацијом синтезе нових материјала, на начин који ће омогућити формирање активних центара за адсорпцију и катализу. Поред овог, одсуство негативног утицаја ислуженог адсорбента на живе ћелије у процесу адсорпције и разлагања пестицида у Фентон систему, је основни предуслов могуће примене. У литератури недостају испитивања цитотоксичности различитих метода за уклањање загађујућих супстанци.

Комбиновање органских и неорганских молекула и јона, као активних компоненти, са зеолитима, показало се добрим приступом за добијање материјала подесних за различите намене. Ако се зеолити комбинују са материјалима за које је познато да имају каталитичку активност, као што су хетерополи киселине и њихове соли, онда такви композити омогућавају шири дијапазон примена у заштити животне средине.

Обећавајући резултати у овој области су добијени са различитим хетерополи једињењима импрегнираним на различитим типовима зеолита, FAU [7], BEA [8], MFI [9].

У литератури су испитана каталитичка својства композита 12-волфрамофосфорне киселине и ZSM-5 зеолита [10], али калијум-волфрамофосфат импрегниран на ZSM-5 зеолиту није до сада проучаван. Резултати који су проистекли из ове тезе сугеришу да је добијена стабилност и активност ново-синтетисаних композитних материјала значајна за примене у заштити животне средине. Осим добрих адсорпционих карактеристика, композитни материјали су каталитички активни у реакцији дехидратације етанола која представља еколошки подеснију алтернативу процесу добијања етена из нафте.

Референце

- [1] S. Wang, Y. Peng, Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment, *Chemical Engineering Journal*, **156** (2010), 11-24.
- [2] Y. Pukcothanunga, T. Siritanona, K. Rangsrivatananon, The efficiency of zeolite Y and surfactant modified zeolite Y for removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium ion, *Microporous Mesoporous Mater*, **258** (2018), 131–140.
- [3] D. Krajišnik, A. Daković, A. Malenović, M. Milojević-Rakić, V. Dondur, Ž. Radulović, J. Milić, Z. Radulović, J. Milić, Investigation of adsorption and release of diclofenac sodium by modified zeolites composites, *Appl. Clay Sci*, **83–84** (2013), 322–326.
- [4] US EPA, Inert Ingredients Overview and Guidance.
- [5] C. S. Lorenz, A.-J. Wicht, L. Guluzada, B. Crone, U. Karst, H. J. Lee, R. Triebkorn, S. B. Haderlein, C. Huhn, H.-R. Köhler, Nano-sized zeolites as modulators of thiacloprid toxicity on *Chironomus riparius*, *PeerJ* **5** (2017), 2-19.
- [6] K. Barbusinski, Fenton reaction - controversy concerning the chemistry, *Ecol. Chem. Eng. S*, **16** (2009), 347–358.
- [7] M. Freitas Paiva, E. Ferreira de Freitas, J. Oliveira Campos de França, D. da Silva Valadares, S. Cláudia Loureiro Dias, J. Alves Dias, Structural and acidity analysis of heteropolyacids supported on faujasite zeolite and its effect in the esterification of oleic acid and n-butanol, *Mol. Catal*, **532** (2022), 112737.
- [8] H. Pandu Winoto, Z. Ali Fikri, JM. Ha, Young-Kwon Park, H. Lee, D. Jin Suh, J. Jae, Heteropolyacid supported on Zr-Beta zeolite as an active catalyst for one-pot transformation of furfural to γ -valerolactone, *Appl. Catal. B*, **241** (2019), 588-597.
- [9] S. Suganuma, T. Hisazumi, K. Taruya, E. Tsuji, N. Katada, Keggin-type molybdovanadophosphoric acids loaded on ZSM-5 zeolite as a bifunctional catalyst for oxidehydration of glycerol, *Mol. Catal*, **449** (2018), 85-92.
- [10] A. Kurhade, J. Zhu, Y. Hu, A. Dalai, Surface Investigation of Tungstophosphoric Acid Supported on Ordered Mesoporous Aluminosilicates for Biodiesel Synthesis, *ACS Omega*, **3** (2018), 14064-14075.

Г. Научни радови и саопштења објављени из резултата докторске дисертације

Из резултата докторске дисертације кандидаткиње Анке Јевремовић су објављена 3 научна рада на којима је кандидаткиња први аутор и 3 саопштења са научних скупова.

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. **A. Jevremović**, A. Stanojković, D. Arsenijević, A. Arsenijević, G. Arzumanyan, K. Mamatkulov, J. Petrović, B. Nedić Vasiljević, D. Bajuk-Bogdanović, M. Milojević-Rakić, Mitigating toxicity of acetamiprid removal techniques – Fe modified zeolites in focus, *Journal of Hazardous Materials*, **436** (2022), 129226.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129226>

Радови у врхунским међународним часописима (M21)

1. **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*, **315** (2021), 110925.

<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.110925>

2. **A. Jevremović**, N. Božinović, D. Arsenijević, S. Marmakov, B. Nedić Vasiljević, S. Uskoković-Marković, D. Bajuk-Bogdanović, M. Milojević-Rakić, Modulation of cytotoxicity by consecutive adsorption of tannic acid and pesticide on surfactant functionalized zeolites, *Environmental Science: Processes & Impacts*, **22** (2020), 2199-2211.

<https://doi.org/10.1039/D0EM00251H>

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)

1. **A. Jevremović**, A. Stanojković, B. Nedić Vasiljević, M. Milojević-Rakić, Iron modified Y and ZSM zeolites as perspective ecofriendly adsorbents, 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, (Belgrade, Serbia, 2021), Proceedings, pp. 422-425. ISBN: 978-86-82475-39-2.

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34)

1. **A. Jevremović**, D. Arsenijević, A. Arsenijević, B. Nedić Vasiljević, D. Bajuk-Bogdanović, M. Milojević-Rakić, In vitro cytotoxic response of the bea zeolite/acetamiprid synergistic action, 13th Edition of the Symposium with International Participation - New Trends and Strategies in the Chemistry of Advanced Materials with Relevance in Biological Systems, Technique and Environmental Protection, (Timisoara, Romania, 2021), Book of Abstracts, page 38.

2. **A. Jevremović**, M. Milojević-Rakić, B. Nedić Vasiljević, D. Bajuk-Bogdanović, Modified BEA zeolites as a promising pollutant hunters in aqueous solutions, 4th International Caparica Conference on Pollutant Toxic Ions and Molecules, (Caparica, Portugal, 2021), Book of Abstracts, page 160. ISBN: 978-989-54822-9-0.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

Због тренутних проблема са применом софтвера за проверу оригиналности тезе, а према допису Ректората Универзитета у Београду, од 28. јуна 2023. године (број: 612-2380/1-23), резултати провере биће достављени накнадно. Резултати провере биће достављени пре тражења сагласности одговарајућег Већа научних области за усвајање извештаја Комисије за оцену докторске дисертације, као и одлуке о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације.

Ђ. Закључак комисије

Може се закључити да резултати кандидаткиње Анке Јевремовић представљају оригиналан и значајан научни допринос у области физичке хемије, посебно у области физичке хемије материјала. Из резултата ове дисертације проистекла су три рада објављена у научним часописима од међународног значаја (један рад у међународном часопису изузетних вредности (M_{21a}), два рада у врхунским међународним часописима (M_{21}), као и три саопштења са скупова међународног значаја од којих је један штампан у целини (M_{33}) и два штампана у изводу (M_{34}). У складу са наведеним, Комисија сматра да кандидаткиња испуњава услове за прихватање завршене докторске дисертације прописане од стране Универзитета у Београду и услове дефинисане Правилником о изради и оцени докторске дисертације на Факултету за физичку хемију, Универзитета у Београду.

На основу изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета за физичку хемију, Универзитета у Београду да рад Анке Јевремовић, под насловом:

„Оптимизација зеолита (FAU, BEA и MFI) за уклањање пестицида из водених средина“

прихвати као дисертацију за стицање научног степена доктора физичкохемијских наука и одобри њену јавну одбрану.

У Београду, 04.08.2023. године.

Комисија:

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

др Бојана Недић Васиљевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

др Ана Поповић-Бијелић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

др Даница Бајук-Богдановић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

др Снежана Ускоковић-Марковић, редовни професор
Универзитет у Београду – Фармацеутски факултет