

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ЗА ФИЗИЧКУ ХЕМИЈУ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

На IV редовној седници Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију одржаној 16.01.2025. године именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Милене Обрадовић, мастер физикохемичара, под насловом:

„Природни бентонит модификован катјонским сурфактантима као адсорбент за уклањање нестероидних антиинфламаторних лекова из водених средина“

Одлуком Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду са I редовне седнице Наставно-научног већа Факултета за физичку хемију 14.10.2021. године одобрена је израда докторске дисертације. На основу те одлуке, Веће научних области природних наука Универзитета у Београду на седници одржаној 28.10.2021. године, дало је сагласност да се прихвати предложена тема докторске дисертације.

Након прегледа и анализе докторске дисертације кандидата, Наставно-научном већу подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

A. Преглед садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Милене Обрадовић написана је на српском језику, на 109 страна А4 формата куцаног текста (фонт Times New Roman величине 12 pt и проред 1). Дисертација је припремљена према упутству за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација се састоји из 6 поглавља: **Теоријски увод** (22 стране), **Предмет и циљ рада** (1 страна), **Материјали и методе** (7 страна), **Резултати и дискусија** (44 стране), **Закључак** (3 стране) и **Литература** (17 страна). Поред главног текста, дисертација садржи и **Насловну страну на српском језику** (1 страна), **Насловну страну на енглеском језику** (1 страна), **Списак ментора и чланова комисије** (1 страна), **Захвалницу** (1 страна), **Сажетак на српском језику** (1 страна), **Сажетак на енглеском језику** (1 страна), **Садржај** (3 стране), **Биографију са библиографијом кандидата** (2 стране) и **Прилоге прописане правилима Универзитета о подношењу докторске дисертације** (4 стране).

У дисертацији је приказано 38 слика (од тога 8 у Теоријском уводу, 2 у Материјалима и методама, и 28 у Резултатима и дискусији) и 25 табела (од тога 5 у Теоријском уводу и 20 у Резултатима и дискусији), од којих 29 слика и 20 табела представљају оригинални рад кандидата.

У поглављу **Теоријски увод** дате су опште карактеристике глина и минерала глина, са посебним нагласком на минералну сировину бентонит (у којој је доминантан минерал монтморионит), а која је коришћена у овој дисертацији. Представљена је и метода модификације глина путем јонске измене са дуголанчаним органским катјонима – сурфактантима и потенцијална примена добијених органоглина за уклањање различитих загађујућих органских супстанци из водених средина. Разматрано је присуство лекова као загађујућих супстанци у водама, са фокусом на нестероидне антиинфламаторне лекове ибупрофен (IBU) и диклофенак натријум (DS). Наведена су основна физичкохемијска својства ових лекова, као и преглед литературе о различитим методама за њихово уклањање из водених система, са посебним освртом на могућност уклањања ових супстанци адсорпцијом на органоглинама на бази монтморионита.

У поглављу **Предмет и циљ рада** сумирани су предмет и циљеви ове дисертације, а то су: развој новог, ефикасног и економски исплативог адсорбента на бази бентонита, модификованог оптималном количином сурфактанта, као материјала за уклањање два нестероидна антиинфламаторна лека (IBU и DS) из водених раствора. За модификацију природног бентонита су коришћене различите количине два катјонска сурфактаната - октадецилдиметилбензиламонијум-хлорида (ODMBA) и хексадецилтриметиламонијум-бромида (HDTMA). Урађена је и карактеризација добијених материјала различитим експерименталним методама и техникама, и на овим материјалима је испитана адсорпција антиинфламаторних лекова (IBU и DS) под различитим условима (полазним концентрацијама лекова, количинама адсорбената, времену контакта и температури). Анализиран је и утицај количине, као и типа катјонског сурфактанта (са или без бензеновог прстена у структури) на адсорпцију IBU и DS из водених раствора. Укратко циљеви тезе су: а) да се утврди ефикасност добијених материјала за адсорпцију IBU и DS и одреде адсорпциони капацитети, кинетички и термодинамички параметри и б) да се адсорпциона својства органобентонита модификованог са ODMBA јонима упореде са адсорпцијом поменутих лекова на органокаолину и органоцеолиту добијеним модификацијом минерала каолинита и клиноптилолита са ODMBA. Закључно, како би се приближили реалним условима, циљ се односи и на испитивање адсорпције DS на одабраном органобентониту из различитих узорака речне воде.

У поглављу **Материјали и методе** наведене су полазне минералне сировине коришћене у истраживањима у овој дисертацији, уз то наведене су и методе модификације и карактеризације полазних и модификованих узорака. Коришћене методе карактеризације су: одређивање капацитета катјонске измене (ККИ), рендгенска дифракциона анализа на праху (XRPD), инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом (ФТИЦ), термијска анализа, скенирајућа електронска микроскопија (SEM), одређивање електрокинетичког зета потенцијала, одређивање тачке нултог наелектрисања, одређивање текстуралних својстава и одређивање концентрације лекова Уљ-Вид спектроскопијом. Дат је приказ експерименталних услова снимања за сваку примењену методу карактеризације. За експерименте адсорпције лекова на испитиваним узорцима наведени су услови извођења експеримената.

У поглављу **Резултати испитивања** дати су резултати истраживања подељени у неколико целина. У првој целини су представљени резултати физичкохемијске

карактеризације бентонита и органобентонита. Друго потпоглавље се бави адсорпцијом лекова IBU и DS на органобентонитима при различитим експерименталним условима. У трећем потпоглављу пореди се адсорпција ових лекова на органобентониту, органозеолиту и органокаолину. У четвртом потпоглављу испитана је адсорпција DS на органобентониту, који је показао најбоља адсорпциона својства, из раствора у речној води.

У поглављу **Закључак** изнети су најважнији резултати истраживања ове докторске дисертације и проистекли закључци.

У поглављу **Литература** приказан је преглед научних радова, књига и других извора према редоследу њиховог навођења у тексту.

Б. Кратак преглед остварених резултата

У овој докторској дисертацији, бентонит из лежишта Шипово (Босна и Херцеговина) успешно је модификован катјонским сурфактантима ODMBA и HDTMA у количинама мањим или једнаким ККИ бентонита. Добијени органобентонити су окарактерисани бројним методама и испитани као адсорбенти за уклањање нестероидних антиинфламаторних лекова IBU и DS из водених средина.

Резултати испитивања адсорпције IBU и DS на одабраном органобентониту су упоређени са резултатима адсорпције ових молекула на клиноптилолиту и каолиниту (зеолит из лежишта Златокоп, Врањска Бања, Србија и каолин из налазишта у околини постројења за прераду кварцног песка у Рготини у Србији) модификованих са ODMBA јонима. Коначно, како би се приближили реалним условима, адсорпција DS на одабраном органобентониту је испитана и на узорцима речне воде (узорковани из реке Дунав (Винча, Београд) и из реке Сава (Остружница, Београд)).

Резултати првог дела истраживања обухватају карактеризацију полазног материјала, као и добијених органобентонита. Ови резултати су показали да је природни бентонит из лежишта Шипово углавном смектитска глина, која као основни минерал има монтморионит, са доминантним калцијумовим јонима у изменљивом положају. Количине сурфактаната коришћене за модификацију бентонита су износиле 50, 75 и 100 % вредности ККИ бентонита. Модификација бентонита сурфактантима вршена је методом јонске измене, при којој долази до измене неорганских катјона у међуслојном простору и на површини бентонита јонима сурфактаната. Мерења количине измењених неорганских катјона у филтратима показала су потпуну јонску измену за органобентоните модификоване ODMBA јонима, док су узорци модификовани са HDTMA јонима, нарочито они са већим количинама сурфактанта (75% и 100% ККИ бентонита), показали непотпуну али значајну измену.

Рендгенском анализом показано је да основна структура бентонита остаје очувана и да се међуслојно растојање повећава након модификације. Приликом модификације бентонита долази до замене изменљивих неорганских катјона из међуслојног простора са јонима сурфактаната и њихове интеркалације у међуслојни простор. Како су јони сурфактаната већих димензија од димензија изменљивих катјона, приликом адсорпције сурфактаната на бентониту долази до повећања међуслојног растојања, које се на рендгенским дијаграмима манифестује кроз померање дифракционог пика који одговара 001 равни. Запажено је да се основна међуслојна

растојања органобентонита модификованих са ODMBA јонима не мењају значајно са порастом количине сурфактанта, док се код органобентонита модификованих са HDTMA јонима растојање повећава са повећањем количине ових молекула. Ова разлика у вредностима међуслојних растојања је указала да су код органобентонита модификованих са ODMBA, јони сурфактанта позиционирани у унутрашњим слојевима, у међуслојном простору, али и на спољашњој површини, док су код органобентонита модификованих са HDTMA, јони сурфактанта примарно распоређени унутар слојева, а мањи број њих је на спољашњој површини минерала монтморионита.

Одређивање текстуралних параметара је рађено на полазном бентониту и добијеним органобентонитима. Запажена су значајна смањења вредности текстуралних параметара бентонита модификованих са оба сурфактанта у поређењу са полазним бентонитом, као и разлике у вредностима ових параметара зависно од типа сурфактанта. Резултати су указали да модификација бентонита са HDTMA јонима у количини од 50% ККИ бентонита, због његовог нешто краћег алкилног ланца и одсуства бензеновог прстена у поређењу са ODMBA, доводи до равномерне дистрибуције HDTMA јона на доступној површини бентонита и делимичног уласка у међуслојни простор органобентонита, што резултује мањим смањењем специфичне површине и свих осталих текстуралних параметара у поређењу са органобентоном који садржи ODMBA јоне у истој количини. Даље повећање садржаја HDTMA довело је до смањења текстуралних параметара до нивоа типичног за непорозне материјале и последица је потпуног покривања честица природног бентонита органским модификатором.

СЕМ анализа је показала да се код органобентонита модификованих са ODMBA јонима јавља већи број депозиционих места на површини бентонита, као и да се јони ODMBA концентришу у већој мери на површини и доводе покривености површине грађењем танког континуалног филма. Код органобентонита добијених модификацијом са HDTMA јонима запажен је мањи број депозиционих центара у односу на органобентоните који садрже ODMBA јоне, што је указало да је површина бентонита мање покривена јонима сурфактанта.

Резултати мерења зета потенцијала, такође, сугеришу да долази до различитог распоређивања јона сурфактанта унутар слојева и на површини бентонита зависно од типа сурфактанта. Органомодификацијом у количинама једнаким ККИ вредности бентонита, јони HDTMA се у већој мери позиционирају у међуслојном простору, док се јони ODMBA у већој мери позиционирају на површини бентонита.

ФТИЦ анализа органобентонита је показала да се модификацијом бентонита ODMBA и HDTMA јонима уочавају, поред трака карактеристичних за минерал монтморионит, и траке које одговарају асиметричним истежућим, симетричним истежућим и савијајућим вибрацијама метиленске групе алкилних ланаца органских катјона. Код органобентонита који садрже и ODMBA и HDTMA јоне, примећен је пораст интензитета трака карактеристичних за органске катјоне са порастом њихове количине у органобентонита, као и да нема промена у положају и интензитету трака које се односе на монтморионит. На основу померања трака које потичу од асиметричне и симетричне истежуће вибрације CH_2 група у алкилном ланцу сурфактанта, ка нижим таласним бројевима са повећањем њихове количине у

органобентонитима је указало да виши садржај сурфактаната доводи до уређенијег распореда угљоводоничних ланаца ODMBA и HDTMA јона у органобентонитима.

Термијска анализа бентонита и органобентонита је показала да се у првој температурној области, на ДСЦ кривама, интензитет ендотермног пика (102°C) који потиче од молекула воде која хидратише неорганске катјоне у монтмориониту смањује са порастом садржаја органске фазе у органобентонитима и последица је повећања хидрофобности узорака. У другој температурној области (од $250\text{-}700^{\circ}\text{C}$), бентонит на ДСЦ дијаграму показује ендотермни пик на 455°C слабог интензитета који је последица дехидроксилације, док се на ДСЦ дијаграмима органобентонита уочавају два егзотермна пика који потврђују присуство органске фазе у њима. Интензитети ових пикова се повећавају са повећањем количине ODMBA и HDTMA јона у органобентонитима.

Одређивање тачке нултог наелектривања (pH_{zpc}) бентонита и органобентонита је показало да се вредност тачке нултог наелектривања не мења модификацијом са ODMBA и HDTMA јонима. Такође, тачке нултог наелектривања бентонита и органобентонита се не мењају ни са променом концентрације електролита KNO_3 , што значи да је pH_{zpc} независна од јонске јачине раствора KNO_3 .

У другом делу истраживања испитана је адсорпција лекова IBU и DS на органобентонитима при различитим експерименталним условима. Претходно су прелиминарни експерименти показали да природни бентонит не показује афинитет да адсорбује ове лекове, а да се модификацијом његов капацитет значајно повећава. Показано је да повећање количине сурфактаната у органобентонитима доводи до повећања процента уклањања лекова из водених раствора, што је указало да су органски катјони у органобентонитима активна места за адсорпцију IBU и DS. Кинетика адсорпције IBU и DS на органобентонитима показује брзу адсорпцију у првих 30-40 минута, док се равнотежа постиже након 60 минута. Модел псеудо-другог реда добро описује процес и показује да повећање концентрације сурфактаната повећава почетну брзину адсорпције. Термодинамичка анализа адсорпције IBU и DS на органобентонитима показује да је процес ендотермне природе, да је адсорпција спонтанија код органобентонита са већим садржајем сурфактаната, као и да се степен неуређености повећава са растом количине оба сурфактанта.

Запажено је и да адсорпција IBU и DS на органобентонитима расте са повећањем почетних концентрација ових лекова, као и са порастом количине ODMBA и HDTMA јона у адсорбентима. Сви органобентонити су показали вишу адсорпцију DS него IBU, што је последица више хидрофобности молекула DS. Фројндлихов модел боље описује експерименталне податке од Лангмировог модела, што сугерише хетерогену природу адсорбентата и активна места за адсорпцију са различитим енергијама адсорпције. Органобентонити модификовани са ODMBA су показали више капацитете адсорпције IBU и DS у поређењу са органобентонитима који садрже HDTMA јоне, што наглашава утицај типа сурфактанта, односно присуство бензеновог прстена у структури сурфактанта. Нелинеарне изотерме су указале да је адсорпција IBU и DS на органобентонитима сложен процес који укључује хидрофобне интеракције, електростатичке интеракције и π - π интеракције.

Да би се боље разјаснио механизам адсорпције IBU и DS на органобентонитима урађена је карактеризација адсорбента након адсорпције ових молекула. Инфрацрвена спектроскопска анализа, термијска анализа, као и одређивање зета потенцијала су потврдиле присуство IBU и DS у органобентонитима.

У трећем делу истраживања извршено је поређење резултата адсорпције на органобентониту који је показао најбоља адсорпциона својства са органозеолитом и органокаолином. У упоредним експериментима коришћен је органобентонит добијен модификацијом са ODMBA у количини 100% ККИ, као и зеолит и каолин модификовани са истим сурфактантом у количинама од 90% ККИ код каолина и 100% од спољашњег капацитета катјонске измене зеолита (СККИ). Установљено је да органобентонит има највише капацитете за адсорпцију испитиваних лекова, што је у складу са већом количином, али и већом доступности активних места за адсорпцију ових молекула.

Како би се постигли услови ближи реалним, ефикасност адсорпције DS из речних вода испитана је на такође на органобентониту са највишим садржајем ODMBA јона. Фројндлихов модел боље описује адсорпцију у реалним условима, што указује на сложеност адсорпције на енергетски нехомогеним активним местима. У поређењу са лабораторијским експериментима извођеним у пуферским растворима, реалне воде не утичу значајно на ефикасност адсорпције, што указује на високу применљивост адсорбента. Резултати су показали да органобентонити могу ефикасно уклонити DS из водених средина, чак и у присуству других растворених супстанци.

Кроз испитивања у оквиру тезе, потврђено је да су органобентонити модификовани са ODMBA и HDTMA јонима ефикасни адсорбенти за адсорпцију IBU и DS. Резултати су указали и да механизам адсорпције ових молекула на органобентонитима и да њихова адсорпција зависи, како од количине, тако и од типа сурфактанта који се користи за модификацију бентонита. Детаљна карактеризација органобентонита је показала до каквих промена долази услед модификације бентонита јонима сурфактаната, док је карактеризација узорака након адсорпције IBU и DS додатно потврдила присуство лекова у комплексима органобентонит/ IBU или DS. Резултати сугеришу да би ови материјали могли да нађу практичну примену у заштити животне средине, посебно за пречишћавање вода контаминираних емергентним загађивачима, као што су фармацеутици.

В. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Тематика којом се бави ова докторска дисертација – синтеза, карактеризација и примена нових материјала на бази природне минералне сировине - бентонит модификоване са два структурно различита сурфактанта, као адсорбента слабо поларних молекула – фармацеутика, веома је актуелна у науци о материјалима.

Упоредна анализа литературних података, који се односе на природне алумосиликатне минерале, модификоване јонима сурфактаната, који су испитивани као адсорбенти ибупрофена (IBU) и диклофенак натријума (DS) и резултата из ове тезе, је приказана у овом поглављу.

У литератури је описано да бентонити из различитих лежишта модификовани са различитим количинама различитих сурфактаната су ефикасни адсорбенти IBU и DS.

На пример, бентонит модификован са НДТМА јонима у количинама 50, 100 и 200% ККИ је проучаван као адсорбент DS и IBU [1]. Адсорпција оба лека се најбоље описује нелинеарним изотермама и расте са порастом садржаја сурфактанта у органобентониту. Највиша адсорпција оба лека је постигнута са органобентонитом са највишим садржајем НДТМА (200% ККИ). Такође, монтморионит модификован различитим количинама сурфактанта бензилдиметилтетрадециламонијум-хлорида (40, 100 и 400 % ККИ бентонита) је испитиван као адсорбент DS [2]. При количини сурфактанта од 40% ККИ, адсорпција DS се најбоље описује линеарном изотермом, док при вишим садржајима сурфактанта, адсорпција DS је описана нелинеарном изотермом. Адсорпција DS је праћена и на бентонитима модификованим са две различите количине (100 и 200 % ККИ бентонита) два сурфактанта који имају у структури ароматичне прстенове али и различите дужине алкилних ланаца - додецилпиридинијум (DDP) хлорид и хексадецилпиридинијум (HDP) хлорид [3]. Нелинеарне адсорпционе изотерме су указале на то да капацитет адсорпције лека зависи од количине сурфактанта у органобентониту, густине њиховог паковања и распореда сурфактаната у међуслојном простору. За исти тип сурфактанта, адсорпција DS расте са повећањем садржаја сурфактанта. Највиша адсорпција DS је постигнута на органобентониту који садржи HDP у количини 200 % ККИ, што је указало да тип сурфактанта утиче на адсорпцију овог молекула. Међутим, у литератури нема података, о ефикасности бентонита модификованих са два структурно различита сурфактанта, приближних дужина алкилних ланаца од којих један у структури има бензенов прстен а други не, да адсорбују IBU и DS, што је и основни циљ ове докторске дисертације. Како је адсорпција ових молекула зависна од више фактора, посебно је од интереса било испитивање утицаја почетне концентрације лекова, утицаја садржаја чврсте фазе у суспензији, као и утицаја времена контакта и температуре на процесе адсорпције IBU и DS.

Поред бентонита, као адсорбенти лекова, интензивно се проучавају и природни зеолити (клиноптилолит), каолин (каолинит) или илит модификовани различитим количинама сурфактаната [4–8]. Код свих органоминерала адсорпција лекова расте са порастом количине сурфактаната, што потврђује да је органска фаза у минералима одговорна за адсорпцију ових молекула. Поређење адсорпције DS на илиту и монтмориониту модификованим са различитим количинама НДТМА је показало да је значајно нижа адсорпција лека постигнута на органоилитима [8]. Према овоме, адсорпција лекова може бити зависна и од типа минерала, па је у овој тези, први пут упоређена адсорпција IBU и DS на органобентониту модификованом са ODMBA у количини 100% ККИ, са адсорпцијом ових лекова на зеолиту и каолину модификованим са истим сурфактантом у количинама од 90% ККИ код каолина и 100% од спољашњег капацитета катјонске измене зеолита (СККИ). Такође, да би се што више приближили реалним условима, први пут је у оквиру ове тезе испитана адсорпција IBU и DS на одабраном органобентониту на узорцима речних вода.

Референце

- [1] R. Ghemit, A. Makhloufi, N. Djebri, A. Flilissa, L. Zerroual, M. Boutahala, Adsorptive removal of diclofenac and ibuprofen from aqueous solution by organobentonites: Study in single and binary systems, *Groundw. Sustain. Dev.* 8 (2019) 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.02.004>.
- [2] T. De Oliveira, R. Guégan, Coupled Organoclay/Micelle Action for the Adsorption of Diclofenac, *Environ. Sci. Technol.* 50 (2016) 10209–10215. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03393>.
- [3] D.B. França, P. Trigueiro, E.C. Silva Filho, M.G. Fonseca, M. Jaber, Monitoring diclofenac adsorption by organophilic alkylpyridinium bentonites, *Chemosphere.* 242 (2020) 125109. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125109>.
- [4] D. Smiljanić, B. de Gennaro, F. Izzo, A. Langella, A. Daković, C. Germinario, G.E. Rottinghaus, M. Spasojević, M. Mercurio, Removal of emerging contaminants from water by zeolite-rich composites: A first approach aiming at diclofenac and ketoprofen, *Microporous Mesoporous Mater.* 298 (2020) 110057. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2020.110057>.
- [5] D. Smiljanić, B. de Gennaro, A. Daković, B. Galzerano, C. Germinario, F. Izzo, G.E. Rottinghaus, A. Langella, Removal of non-steroidal anti-inflammatory drugs from water by zeolite-rich composites: The interference of inorganic anions on the ibuprofen and naproxen adsorption, *J. Environ. Manage.* 286 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112168>.
- [6] K. Sun, Y. Shi, X. Wang, J. Rasmussen, Z. Li, J. Zhu, Organokaolin for the uptake of pharmaceuticals diclofenac and chloramphenicol from water, *Chem. Eng. J.* 330 (2017) 1128–1136. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.08.057>.
- [7] J. Choi, W.S. Shin, Removal of salicylic and ibuprofen by hexadecyltrimethylammonium-modified montmorillonite and zeolite, *Minerals.* 10 (2020) 1–15. <https://doi.org/10.3390/min10100898>.
- [8] K. Sun, Y. Shi, H. Chen, X. Wang, Z. Li, Extending surfactant-modified 2:1 clay minerals for the uptake and removal of diclofenac from water, *J. Hazard. Mater.* 323 (2017) 567–574. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.038>.

Г. Научни радови и саопштења из резултата дисертације

Из резултата докторске дисертације Милене Обрадовић проистекла су два рада. Један је публикован у врхунском међународном часопису (M21) а други у истакнутом међународном часопису (M22). Поред тога из докторске дисертације проистекла су и два саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33).

Рад у врхунским међународним часописима (M21)

1. М. Obradović, A. Daković, D. Smiljanić, M. Ožegović, M. Marković, G. E. Rottinghaus, J. Krstić, Ibuprofen and diclofenac sodium adsorption onto functionalized minerals: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies, *Microporous Mesoporous Mater.* 335 (2022) 111795, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2022.111795>

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. М. Obradović, A. Daković, D. Smiljanić, M. Marković, M. Ožegović, J. Krstić, N. Vuković, M. Milojević-Rakić, Bentonite Modified with Surfactants—Efficient

Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини (M33)

1. M. Obradović, A. Daković, D. Smiljanić, M. Marković, M. Ožegović, Enhanced adsorption of emerging contaminant diclofenac sodium by zeolite modified with cationic surfactant, 17th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 23-27, 2024, Belgrade, Serbia Proceedings, Volume II, pp. 455-458.

2. M. Obradović, A. Daković, G. E. Rottinghaus, M. Spasojević, M. Marković, D. Smiljanić, D. Krajišnik, Adsorption of ibuprofen by surfactant modified kaolin, 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 20-24, 2021, Belgrade, Serbia, Proceedings, Volume II, pp. 525-528.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

Провера оригиналности докторске дисертације извршена је на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ број 204 од 22.06.2018.). Помоћу програма iThenticate извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата под називом **„Природни бентонит модификован катјонским сурфактантима као адсорбент за уклањање нестероидних антиинфламаторних лекова из водених средина“** и установљено је да количина подударана текста (similarity index) износи 6 %. Наведени степен подударности последица је употребе цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације што је у складу са чланом 9. поменутог Правилника. На основу свега изнетог, Комисија је утврдила да је докторска дисертација кандидата Милене Обрадовић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Ђ. Закључак комисије

На основу изложеног може се закључити да резултати кандидата Милене Обрадовић представљају оригиналан и значајан научни допринос у области физичке хемије, посебно у ужој научној области физичке хемије материјала и физичке хемије у контроли и заштити животне средине. Део резултата докторске дисертације кандидата публикован је у оквиру једног рада у врхунском међународном часопису (категирија M21), једног рада у истакнутом међународном часопису (категирија M22) и два саопштења са скупова међународног значаја штамана у целини (категирија M33). У складу са наведеним, Комисија сматра да кандидат испуњава све 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 позитивно оцењује дисертацију мастер физикохемичара Милене Обрадовић под називом:

„Природни бентонит модификован катјонским сурфактантима као адсорбент за уклањање нестероидних антиинфламаторних лекова из водених средина“
и предлаже Наставно – научном већу Факултета за физичку хемију Универзитета у Београду да прихвати ову оцену Комисије, чиме би били испуњени сви услови за одобрење јавне одбране докторске дисертације и стицање звања кандидата доктор физичкохемијских наука.

У Београду, 03.02.2025. 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 Даница Бајук-Богдановић, научни саветник
Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију

др Данијела Смиљанић, научни сарадник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина