

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ-  
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**

11120 Београд 35, ул. Ђушина 7  
Тел: (011) 3219-101, Факс: (011) 3235-539



**UNIVERSITY OF BELGRADE,  
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**

Republic of Serbia, Belgrade, Djusina 7  
Phone:(381 11) 3219-101, Fax:(381 11) 3235-539

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
- Веће научних области техничких наука-

Београд  
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

- Образац захтева за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији Маје Милошевић, мастер геологије.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о прихватању извештаја Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.
- Реферат Комисије
- Један укоричен штампани примерак докторске дисертације
- Електронска верзија докторске дисертације

Шеф Одељења за студентска  
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет: Рударско-геолошки

(Број захтева)

(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
Веће научних области техничких наука  
(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Маје (Душан) Милошевић, мастер геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ

Маја (Душан) Милошевић, мастер геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом :

„ЕФИКАСНОСТ РАЗЛИЧИТИХ ТИПОВА ГЛИНА СРБИЈЕ ЗА АДСОРПЦИЈУ МЕТИЛЕН ПЛАВОГ“

Научна област: Гео-науке

Студијски програм: Геологија

Универзитет је дана 06.04.2015. својим актом под бр. 02 број:61206-991/2-15 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ЕФИКАСНОСТ РАЗЛИЧИТИХ ТИПОВА ГЛИНА СРБИЈЕ ЗА АДСОРПЦИЈУ МЕТИЛЕН ПЛАВОГ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Маја (Душан) Милошевић, мастер геологије

(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 29.09.2016. год., одлуком факултета под бр. 1/473, у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

1. др Сузана Ерић, ванр. проф.

Фундаментална и примењена минералогија

2. др Александра Росић, ванр. проф.

Кристалологија

3. др Зорица Томић, ванр. проф. Универзитета у Београду-Пољопривредни факултет

Геологија

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 20.10.2016. год.

**ДЕКАН**  
Рударско-геолошког факултета

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедба било.

Проф. др Душан Полочкић

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 57. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 20.10.2016. године, донело је

## О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Маје Милошевић**, мастер геологије, под насловом „Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“, на који није било примедаба.
2. Универзитет у Београду је дана 06.04.2015. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
  - Milošević M., Logar M., Dojčinović B., Rosić A. and Erić S. 2016. Diffuse reflectance spectra of methylene blue adsorbed on different types of clay samples. Clay Minerals 51 (1): 81 - 96. ISSN: 0009-8558 (Print), Online ISSN: 1471-8030 (Online), IF: 0.860. DOI: 10.1180/claymin.2016.051.1.07.
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Сузана Ерић, ванр. проф.; др Александра Росић, ванр. проф.; др Зорица Томић, ванр. проф. Универзитета у Београду – Пољопривредни факултет.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Душан Полоччић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Маје Милошевић, мастера геологије.

Одлуком бр.1/473 од 4.10.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Маје Милошевић, мастера геологије, под насловом:

**„Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“.**

После прегледа докторске дисертације кандидаткиње Маје Милошевић, Комисија подноси Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета следећи

### РЕФЕРАТ

#### 1. УВОД

##### 1.1. Хронологија одобравања и израде докторске дисертације

Маја Милошевић мастер геологије уписала је школске 2011/12 године докторске студије, студијски програм геологија, на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Пошто је до октобра 2014. године положила све испите на докторским студијама, Маја Милошевић је у децембру 2014. године пријавила тему докторске дисертације под насловом **„Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“.**

Одлуком Наставно-научног већа РГФ-а бр.1/387 од 23. 12. 2014. године, формирана је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене докторске дисертације. Одлуком број 1/58 од 02.03.2015. године на седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета усвојен је Извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације „Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“. За ментора ове докторске дисертације предложена је др Сузана Ерић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, ужа научна област: Фундаментална и примењена минералогичка. Одлуком Већа научних

области техничких наука Универзитета у Београду бр. 61206-991/2-15.од 6. 4. 2015. године, дата је сагласност за предложену тему и ментора.

Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета на седници одржаној 29.9.2016. године, одлуком број 1/473, именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.

### **1.1. Научна област дисертације**

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Геологија, ужој научној области Фундаментална и примењена минералологија, за коју је матичан Универзитета у Београду - Рударско-геолошки факултет.

### **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Маја Милошевић рођена је 14. септембра 1983. године у Ваљеву где је завршила основну и средњу школу. Након завршене средње медицинске школе направила је краћу паузу и 2006. године уписала основне академске студије на Рударско – Геолошком факултету Универзитета у Београду. Основне академске студије завршила је 2009. године, са просечном оценом 8,45 (осам, 45/100). Академско звање мастер геологије стекла је 2011. године на Департману за минералологију и кристалографију Рударско – Геолошког факултета Универзитета у Београду, одбраном рада са темом „Спектрофотометријско одређивање наелектрисања структурног слоја глина применом метилен плавог“ и просечном оценом на студијама 9,15 (девет, 15/100). Исте године уписала је докторске студије на студијском програму Геологија на Универзитету у Београду - Рударско–геолошком факултету. Кандидаткиња је за време докторских студија положила све испите предвиђене планом и програмом докторских студија студијског програма Геологија (укупно 14 предмета) са просечном оценом 9,7 и тиме остварила 160 ЕСПБ поена.

У току основних студија учествовала је у пројектима размене студенета између Универзитета у Београду Рударско–геолошког факултета и других Универзитета Европске Уније, који су се одвијали су склопу програма ERASMUS (European Union (EU) student exchange program). Током више летњих курсева у иностранству положила је три испита на енглеском језику и притом стекла одређена знања значајна за даљи наставак школовања.

У октобру 2012. провела је месец дана на студијском боравку у Братислави (Slovak Academy of Sciences, Institute of Inorganic chemistry, Department of Hydrosilicates), код др Адриане Чимерове (Adriana Czimerova). За време основних, мастер и докторских студија учествовала је као студент помагач на великим стручним интернационалним скуповима као што је EGU, Беч, Аустрија (2011-2016); IMA, Будимпешта, Мађарска (2010), Goldschmidt, Фиренца, Италија (2013) и Праг, Чешка (2015).

Од октобра 2011. године запослена је као истраживач – приправник, а од децембра 2012. године као истраживач - сарадник на Департману за минералологију, кристалографију петрологију и геохемију, Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета, Од тада ради на пројекту основних истраживања

Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије – ОИ 176010: „Минерали Србије: састав, структура, генеза, примена и допринос одржању животне средине“.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Маје Милошевић, мастера геологије, под насловом „**Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог**“ написана је на 126 страна. Текст дисертације илустрован је са 62 слика и дијаграма и садржи 26 табела. У попису коришћене литературе кандидат је навео 139 наслова. На почетку је сажетак на српском и енглеском језику, а затим поглавља: Општи део, Експериментални део, Резултати, Дискусија, Закључак и Литература. Уз саму дисертацију приложени су биографија кандидата са списком објављених научних радова и саопштења који су резултат рада на докторској дисертацији, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу. По форми и садржају написана дисертација задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију. На основу примењене методологије и добијених резултата дисертација је експерименталног карактера.

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

„**Општи део**“ (поглавље 1.) докторске дисертације Маје Милошевић састоји се из два дела:

- **Уводна разматрања** (поглавље 1.1.) у коме се износе постулати и циљ тезе. Овде се износи приказ развоја примене бојитеља у индустрији са посебним нагласком на њихов допринос загађењу животне средине. Будући да се тежи ефикасним а економичним адсорбенсима, природни материјали као што су минерали глина, показали су се врло сврсисходним. Докторска теза Маје Милошевић имала је за циљ анализу адсорпционе ефикасности различитих врста минерала глина из локалитета Србије.

- **Преглед општих појмова** (поглавље 1.2.) садржи литературне податке о досадашњим сазнањима о физичким и хемијским особинама материјала коришћеним у овој докторској дисертацији. Обрађени су појмови:

- „Минерали глина“ у коме се даје општа конвенционално прихваћена дефиниција групе минерала обхваћених овим називом. Будући да су глине претежно изграђене од минерала из групе филосилката детаљно је приказана њихова систематика преко структура и хемијског састава.

- „Адсорпција“ садржи објашњење феномена под овим називом.

- „Наелектрисање на слојевима“ садржи опис појаве вишка наелектрисања, врло распрострањеног на слојевима филосилката. Ова особина од посебног је значаја јер је у непосредној вези са капацитетом катјонске измене, односно адсорпционим особинама минерала глина.

- „Капацитет катјонске измене“ представља приказ процеса размене катјона у саставу минерала са катјонима из раствора са којим су честице у контакту. Процес је веома важан јер је показатељ адсорпционих способности минерала.
- „Електрокинетички потенцијал -  $\zeta$  потенцијал“. Феномен је овде описан будући да је критичан за стабилност суспензија.
- „Флокулација“ описује агрегацију дисперсне фазе у суспензијама када је површинско наелектрисање неутралисано.
- „Метилен плаво“ садржи детаљан опис карактеристика ове синтетичке катјонске боје. Будући да је од круцијалног значаја у овој докторској дисертацији посебно су размотрене карактеристике молекула метилен плавог и његова интеракција са минералима глина. То је приказано у следећим ставкама:
  - „Раствор и кристално стање метилен плавог“ где се дају литературни подаци о агрегацији молекула и спектралним карактеристикама раствора као и структури кристала метилен плавог. Дати су оптички и кристалографски подаци два кристална стања метилен плавог.
  - „Метахроматоза – агрегација метилен плавог на површини глина“ пружа информације о нивоима агрегације молекула метилен плавог у интеракцији са минералима глина. Димеризација и виши нивои агрегације од фундаменталног су значај за интерпретацију оптичког спектра. Промене боје које настају индикативне су за тип молекулске агрегације који зависи пре свега од врсте глине али и других фактора.
  - „Оријентација метилен плавог на површини глина“ је посвећена положају молекула и молекулских агрегата метилен плавог у изменљивим позицијама и на површини глине. У том смислу, у литератури постоје спорења око модела, зависно од карактеристика површине честица глине.

„**Експериментални део**“ (поглавље 2.) састоји се од приказа теренског рада и метода примењених у лабораторијском раду. Садржи више пот-поглавља:

- „**Узорци**“ (поглавље 2.1.1.) где су приказани резултати теренског рада, географски и геолошки подаци о узимању узорака глине и њихов детаљан опис са приказаним фотографијама. Узето је укупно осам узорака.
- „Метилен плаво“ садржи опис катјонске боје која је коришћена у овој докторској дисертацији, од назива произвођача до спектрофотометријске контроле раствора који ће бити употребљени у експерименталном раду.
- „**Метод**“ (поглавље 2.1.2.) је део у коме су приказане методе и инструменти за анализе узорака, њихов третман растворима метилен плавог и одређивање нивоа адсорпције. У овој дисертацији приказане су следеће примењене методе:
  - „Одређивање гранулометријског састава“. Пипет методом одређен је садржај честица од једног до двадесет микрометара. За зрна димензија испод једног микрометра гранулометријска дистрибуција измерена је оптички, применом косе расвете (тамно поље) уз дигиталну анализу слике.
  - „Испитивање узорака методом инфрацрвене спектроскопије“ приказује овај поступак од великог значаја за препознавање минералне врсте глине и састава октаедарских и тетраедарских положаја.
  - „Испитивање узорака методом рендгенске дифракто-метријске анализе“. Примена ове методе је основна за детекцију минералног састава узорака. Такође и за

откривање структурних детаља минерала глина, као што је величина базалног растојања, на основу којих аутор изводи закључак о испуњености простора расположивог за катјонску измену.

- „Испитивање узорака методом диференцијалне термичке анализе“ је примењено ради детекције минерала глине а нарочито споредних састојака, углавном хидроксида гвожђа, који се због ниског кристалинитета не могу запазити рендгенском дифракцијом а због преклапања апсорпционих трака ни инфрацрвеном спектроскопијом. Уз ову анализу, посебно су одређени квантитавни садржаји адсорбоване влаге, (ОН) групе и угљен диоксида.

- „Испитивање хемијског састава узорака“ описује методологију одређивања хемијског састава узорака и концентрације елемената у процесу катјонске измене.

- „Кристализација метилен плавог на стакленој плочици“ описује начин синтезе кристала метилен плавог. Због спектофотометријских мерења било је неопходно измерити дебљину добијених кристала. Примења су два поступка: профилометријски и оптички.

- „Спектрофотометријска испитивања“ приказују методе и инструменте примењене при мерењу поларизованих спектра кристала метилен плавог, спектроскопије суспензија и оријентисаних узорака глине са адсорбованим метилен плавим: „Апсорпциони спектри кристала метилен плавог“ измерени су поларизованим зрачењем у области од 380 до 1000 nm; „Апсорпциони спектри суспензија глине са метилен плавим“ снимљени у интервалу од 350 до 900 nm, са праћењем периодичних промена током 40 сати; „Спектри дифузне рефлексије узорака глине са адсорбованим МП“ добијени су са оријентисаних узорака глине, применом побуде поларизованим зрачењем у области 380 до 1500 nm, а на основу ових спектра одређени су параметри боје узорака; „Одређивње боје узорака са метилен плавим применом комерцијалних метода“ садржи опис брзе фотографске методологије, подржане софтвером, погодне за теренска истраживања.

- „Одређивање капацитета катјонске измене (ККИ)“ представља приказ анализе важне особине минерала применом две методе: „Амон ацетатна метода“ где се катјони истискују амонијачним јоном. Количина замењених катјона одређена је хемијском анализом; „Титрација метилен плавим“ је метод којим се спектрофотометријски прати количина адсорбованог метилен плавог. Количина и врста избачених катјона одређена је хемијском анализом.

- „Одређивање зета потенцијала“ је приказ електрофоретске методе мерења зета потенцијала. Кретање суспензија под утицајем електричног поља регистровано је аутоматски, фотографисањем у кратким временским интервалима.

- „Одређивање брзине таложења и флокулације“ описује слободан пад и флокулацију честица глине у суспензијама са чистом водом и растворима различите концентрације метилен плавог.

**„Резултати“** (поглавље 3.) тематски се може раздвојити на три дела: минерални и гранулометријски састав узорака, особине метилен плавог и интеракција глине и метилен плавог.

„Одређивање гранулометријског састава пипет методом“ (поглавље 3.1.) приказује резултате гранулометријске дистрибуције узорака, који су представљени графички, хистограмима и кумулативним кривама.

„Одређивање средње величине зрна методом тамног поља“ (поглавље 3.2.) даје средње величине зрна и специфичне површине чисте глиновите фракције (испод 3  $\mu\text{m}$ ) испитиваних узорака.

„Испитивање узорака методом инфрацрвене спектроскопије“ (поглавље 3.3.). У области 4000 до 250  $\text{cm}^{-1}$  приказани су спектри узорака. На бази карактеристичних апсорпционих максимума одређени су типови глина и акцесорни минерали.

„Испитивање узорака методом рендгенске дифрактометријске анализе“ (поглавље 3.4.). Резултати добијени овом методом у сагласности су са резултатима ИС спектроскопије.

„Испитивање узорака методом диференцијалне термичке анализе (DTA)“ (поглавље 3.5.) у коме је квантитативно одређен садржај воде и угљендиоксида дало је допринос познавању минералног састава уочавањем ендотермних реакција карактеристичних за хидроксиде гвожђа. Нарочито су значајне ендотермне реакције везане за дехидратацију међуслојних простора смектита. Резултати су приказани графички и табеларно.

„Анализа хемијског састава узорака“ (поглавља 3.6. до 3.8.) односе се на одређивање квантитативног садржаја оксида следећих елемената: Si, Al, Fe, K, Na, Ca, Mg и губитка жарењем. Суме анализа су у границама дозвољене грешке. На основу ових резултата стехиометријски је прорачунат квантитативни минерални састав. Добијени резултати у доброј су сагласности са Ритвелдовом анализом из дифрактограма праха.

„Метилен плаво“ (поглавље 3.9.) је део дисертације где су изнесени резултати испитивања супстанце коришћене за анализу адсорпције. Мада се МП у интеракцији са глинама не јавља у кристалном већ молекуларном стању, испитивања су била подстакнута интересовањем за могућност оптичке идентификације молекуларних агрегата МП, адсорбованих глинама. Резултати су приказани у три сегмената.

- „Оптичке особине МП кристала“ где се даје величина, дебљина и хабитус кристала. Запажено је ламеларно, полисинтетичко ближњење. Приказане су слике кристала МП.

- „Рендгенска дифрактометријска анализа МП кристала“ даје податке о оријентацији кристала на микроскопском предметном стаклу. Дифрактограм је уклопљен са Ритвелдовим моделом добијеним према структурним подацима из литературе. Тако је дефинисана позиција структурних равни МП у односу на раван плочице. Дифрактограм и модел приказани су на слици, а параметри елементарне ћелије табеларно.

- „Поларизовани апсорпциони спектри кристала МП“ регистровани су у два вибрациона смера. Интензитети апсорпционих трака испољили су оштре разлике. Откривена је интензивна, веома поларизационо зависна, трака (406 nm). Као последица тог ефекта јавља се полихроизам који је дефинисан спецификацирањем боје у оба правца. Израчунати су апсорпциони коефицијенти за све максимуме. Резултати су приказани графички и табеларно.

- „Апсорпциони спектри суспензија МП/глина“ регистровани су после 1 минута, 20 и 40 часова. На тај начин посматрана је динамика развоја молекуларних агрегата МП. Запажено је да се јавља промена интензитета и мало померање

мономерских трака после 20 сати. После 40 сати, стање остаје непромењено. Резултати су приказани графички.

- „Спектри дифузне рефлексije-видљиви део спектра“ представља резултате спектара дифузне рефлексije, са поларизованом побудом, на оријентисаним узорцима различитог нивоа испуњености капацитета катјонске измене. Ауторка запажа промене у интензитетима мономера и виших агрегата у зависности од концентрације МП и положаја вектора поларизоване побуде код различитих врста минерала глина. Посебно је интересантан развој димера, виших полимера и J-агрегата молекула.

- „Спектри дифузне рефлексije - блиски инфрацрвени део спектра“ садрже резултате о истраживању интеракције  $H_2O$  молекула и (ОН) групе из структуре минерала глина и адсорбованих молекула МП. Виши хармоник (ОН) испољава се на различитим позицијама и бројем трака, зависно од минералне врсте. Уласком молекула МП у изменљиве позиције смектита ауторка уочава снижавање интензитета ових трака до потпуног нестанка, зависно од испуњености изменљивог простора. Код каолинитских минерала овај ефекат је знатно мање изражен. Интензитет трака мења се зависно од оријентације вектора поларизованог зрачења. То је такође, добро видљиво код смектита док се код каолинита не запажа. Спектри су приказани графички за све узорке, при различитим концентрацијама МП и оријентацији вектора поларизоване побуде.

- „Спектрофотометријско испитивање боје узорака“ дало је резултате спецификације боје узорака при различитим засићењима метилен плавим. Примењена је тристимулусна колориметрија. Варијација боје од плаве до зелене различитог засићења, настаје зависно од минералне врсте. То омогућава детерминацију минерала. Резултати су приказани на дијаграмима хроматичности и табеларно преко доминантне таласне дужине и чистоће боје. Одређивање боје применом комерцијалних метода садржи примену Adobe Color CC програма и Манселових картица. Уочене су разлике између ове две методе. Резултати су приказани упоредно, на табелама.

- „Одређивање капацитета катјонске измене (ККИ)“ даје приказ упоредне примене две методе: Амонацетатне и титрације метилен плавим. Различитост се огледа у склоности према елементима у изменљивим позицијама. Упоредни приказ са врстом и количинама истиснутих елемената приказан је табеларно.

- „Одређивање зета потенцијала“ износи резултате ових мерења у суспензијама чистих узорака и са МП супернатантом. Мерења су обављена у интервалу од 24 часа са титрацијом МП раствора и сталном контролом рН. Зета потенцијал има негативну вредност. Она опада, у апсолутном смислу, са додатком МП.

- „Одређивање брзине таложeња и флокулације“. Резултати показују да су водене суспензије коришћених узорака стабилне у интервалу од 24 часа осим једног узорка. Процес флокулације развија се код узорака при различитим концентрацијама МП у супернатанту. Систематским испитивањем раздвојене су групе које одговарају каолинитском, каолинит-смектитском и монтморионитском минералном саставу. Резултати су приказани на дијаграмима и табели, са јасним раздвајањем по групама, зависно од минералног састава и концентрације МП у супернатанту.

„Дискусија“ (поглавље 4.) садржи интерпретацију и повезивање резултата да би се изразила и објаснила ефикасност узорака за адсорпцију метилен плавог. Ауторка, Маја Милошевић, пре свега истиче зависност адсорпције од минералног састава, специфичне површине, капацитета катјонске измене и зета потенцијала. Имајући у виду комплексан минерални састав испитиваних узорака, детаљно се износе карактеристике које произлазе из физичких и хемијских особина испитиваних глина, посебно када се оне нађу у суспензији. Корелација величине зрна и капацитета катјонске измене испитиваних узорака, приказана је табеларно, а њен математички израз у виду линеарне регресије испољава врло добру сагласност у поређењу са литературним подацима. Уз стални осврт на литературу, ауторка налази да количина адсорпције МП расте са повећањем специфичне површине и густине наелектрисања на које утичу рН средине, јонска концентрација и особине јона: валенца и јонски радијус. Гранична стабилност суспензије одређена је зета потенцијалом што је за испитиване узорке приказано табеларно уз дискусију о пореклу наелектрисања у структурама минерала глина и неутрализацији према врсти катјона, са посебним освртом на дејство молекула метилен плавог.

Процес флокулације под утицајем концентрације метилен плавог интерпретиран је у складу са експерименталним подацима, имајући у виду агрегацију молекула метилен плавог и деламинацију слојева смектита. Каолинитске глине много брже флокулишу.

Спектре суспензија ауторка интерпретира у складу са литературним подацима пратећи динамику развоја молекуларне агрегације. Запажени метахроматски ефекат објашњава се међусобном интеракцијом молекула метилен плавог који граде специфичне агрегате, што је доказано након деконволуције спектара. Тримерски агрегати остају стабилни на глинама са високим наелектрисањем слојева док у случајевима другачије расподеле наелектрисања долази до њихове разградње. На основу овог запажања узорци су квалитативно систематизовани у три класе капацитета катјонске измене: висок, средњи и низак; што је у потпуној сагласности са измереним капацитетима катјонске измене.

Структура и оријентација адсорбованог МП на површини честица изведена је на основу спектара дифузне рефлексије. Апсорпциони максимуми препознати су као електронски прелази у мономерима, Н- и Ј- агрегатима и вишим полимерима. Развој димерске структуре јасно се уочава са порастом концентрације адсорбованих молекула МП. Деконволуциом спектара применом Лоренцове расподеле, однос интензитета прецизно је утврђен. Однос интензитета мономера и димера у зависности од концентрације адсорбованих МП молекула уклопљен је истом математичком функцијом. Тачка у којој први извод ове функције тежи нули, означава концентрацију МП на којој престаје развој димера. Повезујући податке са величином базног растојања, из овога је изведен закључак о динамици и граничној концентрацији МП формирања димера код различитих минералних врста. У том светлу интерпретирана је појава траке на 500 nm као последица агломерације димера. Појава траке на 760 nm образложена је повишеним садржајем  $K^+$  јона који дестабилизује Н- агрегате производећи прираштај Ј- агрегата. Трака на 400 nm приписана је присуству хидроксида гвожђа, али је остављена могућност и да је резултат зачетка полимеризације.

У блиској инфрацрвеној области посматрани су виши хармоници молекула  $H_2O$  и (ОН) групе из структуре минерала глина. Поређењем интензитета ових трака са прираштајем заузетости изменљивих позиција молекулима МП запажен је изразит максимум. Он је објашњен агрегацијом МП молекула који као мономери носе  $H_2O$  молекуле у окружењу, док настанком димера почиње њихово истискивање. Очекивано, ефекат је много израженији код смектита него код каолинита.

Промена интензитета апсорпционих максимума у спектрима зависно од оријентације вектора поларизованог зрачења интерпретирана је у светлу анализе оптичких особина кристала приказаних у овом раду. На основу тога, а имајући у виду димензије међуслојног растојања, представљен је модел највероватније оријентације молекула МП адсорбованих на површини и међуслојном простору честица глине.

Адсорбовани МП молекули и њихови агрегати на површини честица глине, производе различито селективно апсорбовање у видљивом подручју спектра. Метахроматични ефекти код различитих минерала глина, детаљно су интерпретирани и приказани графички спектралним кривама и дијаграмима хроматичности са спецификацијом боје.

„Закључак“ (поглавље 5.) састоји се из следећих ставова:

- Ефикасност адсорпције глина зависи од минералног састава, капацитета катјонске измене и специфичне површине. Адсорбовани молекули метилен плавог граде агрегате чија сложеност зависи од структуре и хемијског састава минерала. Настанак и структура агрегације препознатљива је применом спектроскопских метода.
- Интерпретација спектра кристала метилен плавог допринела је препознавању оријентације молекула и агрегата метилен плавог адсорбованих на честицама глине.
- Могућност препознавања разлика између високо нелектрисаних (група смектита) и ниско наелектрисаних структура (група каолинита) без сложене лабораторијске опреме, што је од велике користи при теренском раду.
- Развој ефикасног адсорбента од велике је важности за индустрију и очување животне средине. Отпадне воде са бојитељима су директан резултат производње боја, а пре свега, њихове примене у тексилној и другим индустријама.
- Према приказаним резултатима смектитске глине Србије (Боговина и Слатина) представљају ефикасне адсорбенте. Глине каолинитског типа (Миличаница, Кошарно) због достизања флокулације, могу се употребити за ниске концентрације елиминације метилен плавог.
- Мада је из ове области публикован велики број радова, остало је да се боље разјасне адсорпциони процеси на глинама. Отворено је неколико питања у вези са интерпретацијом спектра адсорбованих молекула и посебно кристала метилен плавог.
- Индустријске отпадне воде често садрже више врста бојитеља. Ова проблематика отвара простор за даља истраживања у домену заштите животне средине.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост, оригиналност и значај**

Примењене методе односно аналитичка техника са инструментима вођеним компјутерима са аутоматском аквизицијом података показују савремен приступ истраживачком раду ауторке ове докторске дисертације, Маје Милошевић.

- Испитивање адсорпционих својстава осам узорака глина са територије Србије први пут је обухваћено овим радом. Поред тога, непосредна анализа адсорбованог метилен плавог на површини оријентисаних честица глина методом дифузне рефлексије, представља оригинални подухват, до сада непознат у светској литератури.

- Значај докторске дисертације испољава се и кроз добијене резултате који нас упућују у до сада непозната сазнања о глинама Србије. Будући да су минерали глина доминантан садржај животног простора, развијена техника истраживања њихових адсорпционих својстава значајна је за примену у анализи загађења животне средине.

#### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

Списак литературе у овој докторској дисертацији састоји се од 139 навода. Сви литературни наводи у тексту у сагласности су са списком литературе. Коришћена литература је избор публикованих радова који подржавају методологију, резултате и њихову интерпретацију, изнесене у овој докторској дисертацији.

#### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

Примењене експерименталне методе су савремене и примењиване са одговарајућом, савременом опремом. Нумеричке методе за обраду података коришћене у овом раду, такође су примерене захтевима савремених потреба за интерпретацију експерименталних резултата.

#### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Овај рад је експерименталне природе. Методологија и услови рада прецизно су изнесени тако да је са одговарајућом опремом верификација добијених резултата у потпуности проверљива и применљива.

#### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидаткиња је током израде дисертације у потпуности овладала методологијом научно-истраживачког рада, испољила самосталност и стручност у претраживању савремене литературе, припреми и реализацији експеримената, карактеризације материјала и анализе добијених резултата. Способна је за самостални научни рад што је показала реализацијом планираног истраживања од почетне идеје до

завршетка докторске дисертације, као и објављивањем низа научних радова у часописима и учешћем на научним конференцијама.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Тема ове докторске дисертације обрађује адсорпциона својства минерала глина са локалитета Србије. У том погледу је јединствена у литератури. Посебно треба истаћи да су истраживања обављена на природним узорцима без претходног третмана. Примена више метода за идентификацију минерала и ефеката интеракције са раствором метилен плавог дала је резултате чијом се интерпретацијом дошло до следећих оригиналних научних доприноса:

- Мерења спектра дифузне рефлексије са поларизованом побудом први пут су примењена у овом раду. Метода је омогућила непосредно опажање адсорбованих молекула метилен плавог на површини оријентисаних честица минерала глина.
- Применом методе дифузне рефлексије добијени су спектри молекула МП искључиво везаних за честице глине без доприноса из воденог раствора, док је детерминација наелектрисања МП агрегата омогућена осматрањем промене боје код узорака третираним МП растворима.
- Оптичке особине и поларизовани спектар кристала метилен плавог први пут су објављени у светској литератури.
- Кроз подешавање величине зрна, зета потенцијала и рН, приликом припреме суспензија, различити типови глина показали су се ефикасним: а) при адсорпцији веће количине МР молекула из раствора код смектитских глина и б) при флокулацији и бистрењу раствора са ниским концентрацијама МР у раствору код каолинитских глина.
- Висока адсорптивна или флокулациона способност различитих типова глина из Србије отвара могућност њиховог коришћења као потенцијалне природне сировине за отклањање органских загађивача.

### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Докторска теза кандидаткиње Маје Милошевић, у методолошком смислу нема пропуста. Интерпретација резултата конвергирала је према закључку који је у доброј сагласности са литературним подацима.

Следећа истраживања могу бити усмерена према начину везивања молекула метилен плавог за структуру смектита, о чему иначе постоје спорења у литератури. У овом раду за то је отворен пут применом нове методологије. Анализа сорпционих способности глина Србије може имати даљу разраду укључивањем других органских и неорганских једињења.

### **4.3. Верификација научног доприноса**

До сада су из ове докторске дисертације објављена два рада: један рад у међународном часопису са SCI листе и један рад у националном часопису, као и 7 саопштења на међународним конференцијама.

#### **M23 – Рад објављен међународном часопису**

1. Milošević M., Logar M., Dojčinović B., Rosić A. and Erić S. 2016. Diffuse reflectance spectra of methylene blue adsorbed on different types of clay samples. *Clay Minerals* 51 (1): 81 – 96. ISSN: 0009-8558 (Print), Online ISSN: 1471-8030 (Online), IF: 0.860. DOI: 10.1180/claymin.2016.051.1.07.

#### **M52 – Рад објављен националном часопису**

1. Milošević M., Logar M., Poharc-Logar V., Jakšić Lj. 2013. Orientation and optical polarized spectra (380 – 900 nm) of methylene blue crystals on a glass surface. *International journal of spectroscopy*. 2013: Article ID 923739, pp. 6. ISSN: 1687-9449 (Print), ISSN: 1687-9457 (Online)

#### **M34 – Саопштења са међународних скупова штампани у изводу**

1. Milošević M. 2011. Spectrophotometric determination of layer charge of smectites using methylene blue. 2nd International Geosciences Student Conference, Krakow
2. Hargitai A., Tóth E., Vasković N., Milošević M. and Weiszburg T.G. 2012. Abandoned chrysotile asbestos mines in Serbia: An environmental mineralogical study. *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series, Szeged*. 7 (53): 2012
3. Milošević M. and Logar M. 2013. Orientation and optical properties of methylene blue crystal for better understanding of interactions with clay mineral surface. *Geophysical Research Abstracts*. 15: EGU2013-1086-2
4. Milošević M. and Logar M. 2014. Smectite clays of Serbia and their application in adsorption of organic dye. *Geophysical Research Abstracts*. 16: EGU2014-1882-1
5. Milošević M., Logar M., Dojčinović B. and Erić S. 2015. Suitability of the methylene blue test for determination of cation exchange capacity of clay minerals related to ammonium acetate method. *Geophysical Research Abstracts*. 17: EGU2015-2174
6. Milošević M., Kaluđerović L. and Logar M. 2016a. Color measurement of methylene blue dye/clay mixtures and its application using economical methods. *Geophysical Research Abstracts* 18: EGU2016-4230
7. Kaluđerović L., Tomić Z., Đurović R. and Milošević M. 2016. Influence of the organic complex concentration on adsorption of herbicide in organic modified montmorillonite. *Geophysical Research Abstracts* 18: EGU2016-3425

## ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија констатује да докторска дисертација под називом: „Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“ кандидата Маје Милошевић, мастера геологије, представља оригинално научно дело и има значајан научни допринос у области примењене минералогije. Резултати ове докторске дисертације указују да је методом дифузне рефлексije са поларизованом побудом могуће непосредно опажање адсорбованих молекула метилен плавог на површини оријентисаних честица минерала глина. Различити типови глина показали су се ефикасним при адсорпцији веће количине МП молекула из раствора или при флокулацији и бистрењу раствора са ниским концентрацијама МП у раствору. Висока адсорптивна или флокулациона способност различитих типова глина из Србије приказана у овој докторској дисертацији отвара могућност њиховог коришћења као потенцијалне природне сировине за отклањање органских загађивача. Комисија такође констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научноистраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета да се докторска дисертација под називом: „Ефикасност различитих типова глина Србије за адсорпцију метилен плавог“ кандидата **Маје Милошевић**, мастера геологије, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 6. 10. 2016. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Сузана Ерић

Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

Проф др Александра Росић

Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

Проф др Зорица Томић

Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет