

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука  
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

**ЗАХТЕВ****за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији  
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

КАНДИДАТ

Лазар (Миомир) Калуђеровић дипл. инж. геологије  
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму

Геологија

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„СОРПЦИЈА ХЕРБИЦИДА НА НЕОРГАНСКИ И ОРГАНСКИ  
МОДИФИКОВАНОМ ПРИРОДНОМ МОНТМОРИОНИТУ ИЗ БОГОВИНЕ“

из научне области:

Гео-науке

Универзитет је дана

21.11.2016. године

својим актом под бр.

61206-5510/2-16

дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила:

„СОРПЦИЈА ХЕРБИЦИДА НА НЕОРГАНСКИ И ОРГАНСКИ  
МОДИФИКОВАНОМ ПРИРОДНОМ МОНТМОРИОНИТУ ИЗ БОГОВИНЕ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној

21.09.2017. године

одлуком факултета под бр.

1/215

, у саставу:

|    | Име и презиме члана комисије                        | звање                                                                  | научна област                                   | Установа у којој је запослен |
|----|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| 1. | <u>др Сузана Ерић, ванр. проф.</u>                  | Фундементална и примењена минералологија                               | Рударско-геолошки факултет у Београду           |                              |
| 2. | <u>др Зорица Томић, ред. проф.</u>                  | Геологија                                                              | Пољопривредни факултет у Београду               |                              |
| 3. | <u>др Рада Ђуровић-Пејчев, виши научни сарадник</u> | Биотехнологија и пољопривреда<br>заштита биља-фитофармација<br>средину | Институт за пестициде и заштиту животне средине |                              |
| 4. | <u>др Предраг Вулић, доц</u>                        | Фундементална и примењена минералологија                               | Рударско-геолошки факултет у Београду           |                              |
| 5. | <u>др Александар Ђорђевић, ред. проф.</u>           | Наука о земљишту                                                       | Пољопривредни факултет у Београду               |                              |

**Напомена:** уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на

седници одржаној дана

23.11.2017. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Полоччић

- Прилог:
1. Реферат комисије са предлогом
  2. Акт Наставно-начног већа факултета о усвајању реферата
  3. Примедбе дате у току стављања реферата на увид јавности, уколико је таквих примедби било
  4. Електронска верзија

На основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

## ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Полочичић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 98. 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 21.09.2017. године, донело је

## О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за израду докторске дисертације **Лазара Калуђеровића**, дипл. инж. геологије, под насловом *„Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине“*, до завршетка школске 2017/2018. године.

Д Е К А Н

др Душан Полочић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 40. 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 23.11.2017. године, донело је

## О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Лазара Калуђеровића, дипл. инж. геологије**, под насловом *„Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 21.11.2016. 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:
  - Kaluđerović M. L., Tomić P. Z., Đurović - Pejčev D. R., Vulić J. P. and Ašanin P. D. 2017. Influence of the organic complex concentration on adsorption of herbicide in organic modified montmorillonite. Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol. 52, No. 5, 291–297, ISSN 0360-1234, IF: 1.362. DOI: 10.1080/03601234.2017.1281636.
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Сузана Ерић, ванр. проф.; др Зорица Томић, ред. проф. Универзитета у Београду – Пољопривредни факултет; др Рада Ђуровић – Пејчев, виши научни сарадник Института за пестициде и заштиту животне средине; др Предраг Вулић, доц.; др Александар Ђорђевић, ред. 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 Полочичић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска и наставна питања

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Лазара Калуђеровића**, дипл. инж. геологије

Одлуком Наставно-научног већа факултета број 1/215 од 25.09.2017. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Лазара Калуђеровића, дипл.инж. геологије под насловом:

**"Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине"**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**Р Е Ф Е Р А Т**

**1. УВОД**

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

Лазар Калуђеровић, дипл.инж. геологије уписао је школске 2010/11 године докторске студије, студијски програм геологија, на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Октобра 2014. године положио је све испите на докторским студијама. Лазар Калуђеровић је у децембру 2014. године пријавио тему докторске дисертације под насловом „Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине“.

Одлуком Наставно-научног већа РГФ-а бр.1/347 од 23. 6. 2016. године, формирана је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене докторске дисертације. Одлуком број 1/554 од 26.10.2016. године на седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета усвојен је Извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације „Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине “. За менторе ове докторске дисертације изабране су др Сузана Ерић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, ужа научна област: Фундаментална и примењена минералогичка и др Зорица Томић, редовни професор, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, ужа научна област: Геологија. Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду

бр. 61206-5510/2-16.од 21.11.2016. године, дата је сагласност за предложену тему и менторе.

Наставно-научно веће Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета на седници одржаној 25.9.2017. године, одлуком број 1/215, именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.

## **1.2. Научна област дисертације**

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Геологија, ужој научној области Фундаментална и примењена минералологија, за коју је матичан Рударско-геолошки факултет - Универзитета у Београду. Изабрани ментори припадају ужим научним областима - Фундаментална и примењена минералологија (Проф др Сузана Ерић, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет) и Геологија (Проф др Зорица Томић, Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет).

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

Лазар Калуђеровић је рођен 23. априла 1983. године у Београду где је завршио основну школу и гимназију. Након завршене земунске гимназије, 2002. године, је уписао основне академске студије на Рударско – геолошком факултету Универзитета у Београду. Основне академске студије завршио је 2009. године, са просечном оценом 8,77 (осам, 77/100), при чему је стекао академско звање дипломирани инжењер геологије на департману за минералологију и кристалографију Рударско–геолошког факултета Универзитета у Београду. Дипломски рад под називом „Минералогско испитивање земљишта на серпентинитима Копаоника, Златибора, Бубањ Потока и Букова и андезитима Топчидера“ одбранио је са оценом 10 (десет). Докторске студије је уписао 2010. године на студијском програму Геологија, Рударско–геолошког факултета Универзитета у Београду. Кандидат је за време докторских студија положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија студијског програма Геологија (укупно 14 предмета) са просечном оценом 10 и тиме остварио 160 ЕСПБ поена. Одлуком Наставно-научног већа РГФ-а бр. 1/205 од 25.9.2017. кандидату, Лазару Калуђеровићу одобрено је продужење рока за израду докторске дисертације на годину дана.

Током основних студија учествовао је у пројектима размене студенета између Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду и Универзитета Eötvös-Loránd у Будимпешти који су се одвијали су склопу ERASMUS –a (European Union (EU) student exchange programme): За време 2006. године је учествовао на интензивном програму под називом "8th EMU School and ERASMUS Intensive Program: Advanced Technical Mineralogy-Silicate Based Materials (University Eötvös-Loránd, Budapest, Hungary, 25 August-3 September 2006", док је 2008. године учествовао на програму "Advance clay ,Erasmus Intensive Programm on Dioctahedral clay related layer silicates,18-29th July,2008, ELTE University, Budapest", где је и добио трећу награду за најбољи постер. За време докторских студија учествовао је на стручном интернационалном скупу EGU, Беч, Аустрија (2016, 2017).

Од марта 2010. године запослен је као сарадник у настави, а од марта 2012. као асистент на Катедри за педологију и геологију, Института за мелиорације земљишта Пољопривредног факултета Универзитета у Београду. Од октобра 2012 ангажован је на пројекту основних истраживања Министарства просвете и науке Републике Србије (ОИ176010) под називом "Минерали Србије: састав, структура, генеза, примена и допринос одржању животне средине" као и на пројекту интегралних

интердисциплинарних истраживања Министарства просвете и науке Републике Србије (ИИИ43007) под називом "Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину- праћење утицаја, адаптација и ублажавање".

## 2. ПРИКАЗ И АНАЛИЗА ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

#### 2.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација Лазара Калуђеровића, дипл. инж. под насловом "Сорпција хербицида на неоргански и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине" написана је на 151 страна текста и укључује 15 табела и 65 слика.

Испред основног текста написан је резиме са кључним речима на српском и енглеском језику. Докторска дисертација садржи шест поглавља, и то: 1. Увод (стр. 1 до 23), 2. Експериментални део (стр. 24 до 31), 3. Резултати испитивања (стр. 32 до 108), 4. Дискусију (стр. 109 до 132), 5. Закључак (стр. 133 до 134) и 6. Литература (стр. 135 до 151). На крају текста дисертације налази се Биографија кандидата и обавезне изјаве.

#### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

**2.2.1 Увод** (поглавље 1.) докторске дисертације Лазара Калуђеровића састоји се из два дела:

- **Уводно разматрање** (потпоглавље 1.1.) је део у коме се износе постулати и циљ тезе. У овом делу кандидат истиче повећано интересовање у свету за истраживања и практичну примену природних минерала као сорбената хербицида и пестицида. Посебан нагласак ставља се на њихов допринос при смањењу загађења земљишта и животне средине. Будући да се тежи ефикасним а економичним адсорбентима, природни минерали као што су филосиликати, показали су се врло сврсисходним. Циљ истраживања докторске дисертације, Лазара Калуђеровића, је анализа сорпционих способности и ефикасности, са једне стране неорганског монтморионита, а са друге стране органски модификованог монтморионита (Боговина) са hexadecyltrimethylammonium bromide (HDTMA-Br) и phenyltrimethylammonium chloride (PTMA-Cl). Сорпциона способност и једног и другог монтморионита испитивана је и реакцији са нејонским хербицидима и то са С-метолахлором и кломазоном јер се оба хербицида последњих година интензивно користе у сузбијању коровских биљака.

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

- *Глине и минерали глине* који јасно дефинишу појам "глине" и минерале поткласе филосиликата који су обхваћени овим називом.

- Општи подаци о локалитету Боговина у кратким цртама приказују позицију распрострањења и геолошке грађе профила, лежишта бентонита, одакле је и узет материјал за анализе.

- Процес сорпције садржи објашњење овог феномена и свих појмова који су везани њега.

- Механизми сорпције органске материје на минералима фракције глине садрже опис свих познатих механизма који се могу јавити приликом интеракције различитих

органичних компоненти са филосиликатима, као и утицај киселости средине на процес сорпције.

- Органска материја у земљишту и њен утицај на сорпцију пестицида представља приказ утицаја хумусних, хуминских и флувинских киселина на процес сорпције земљишта. Органска материја у земљишту је веома важна јер повећава адсорпциону способност земљишта.

- Глиновита фракција у земљишту и њен утицај на сорпцију пестицида даје приказ утицаја минералног састава, механичке фракције глине у земљишту, на процес сорпције пестицида. Механичка фракција глине земљишта, поред органске материје, има највећи утицај на сорпциону способност земљишта према пестицидима.

- Модификација смектита даје детаљан опис модификације филосиликата (смектита) неорганским и органским комплексима. Приказана су досадашња истраживања неорганских и органски модификованих минерала а уједно је објашњена и подела на органофилне и адсорптивне глине.

- Сорпција пестицида појашњава процесе у земљишту и утицај пестицида на животну средину. Описани су С-метолахлор и кломазон који су и коришћени у дисертацији за праћење сорпције код неорганских и органски модификованих монтморионита.

**2.2.2 Експериментални део** (поглавље 2) састоји се од припреме узорка и приказа метода примењених у лабораторијском раду а састоји се од два потпоглавља:

- *Припрема узорка* (потпоглавље 2.1.) прикује листу хемикалија које су коришћене у експерименталном раду, припрему неорганског Na-монтморионита као и модификацију монтморионита са два органска комплекса од којих је један ацикличан, HDTMA-Br, а други цикличан PTMA-Cl. Испитивања су извршена модификацијом монтморионита према капацитету катјонске измене (CEC) и то 25 % CEC; 50 % CEC; 75 % CEC и 100 % CEC са оба органска комплекса.

- *Методе испитивања* (потпоглавље 2.2.) је део у коме су приказане методе и услови под којима је извођен експеримент. Коришћене методе су представљене у шест потпоглавља. Капацитет катјонске измене измерен је употребом Cu-триен (триетилентетрамин) комплекса а хемијска анализа равнот и Na-монтморионита урађена је ICP-OES методом а семиквантитативна анализа SEM-EDS методом. „Испитивање узорка методом рендгенске дифракције“ рађено је на орјентисаним препаратима при чему је праћена промена величине базалног растојања и улазак органичних катјона у међуслојни простор као и интеракција са С-метолахлором и кломазоном. „Испитивање узорка методом инфрацрвене спектроскопије“ омогућило је препознавање минералне врсте, позицију октаедарских и тетраедарских листова, идентификацију функционалних група минерала, органичних комплекса и пестицида. „Термичка испитивања узорка“ показала су термичку стабилност Na-монтморионита, промену стабилности након модификације са HDTMA<sup>+</sup> и PTMA<sup>+</sup> катјоном као и промену температуре стабилности након сорпције С-метолахлора и кломазона. "Испитивање методом скенирајуће електронске микроскопије" приказана је морфологија површине монтморионита пре и после модификације органичним комплексима као и семиквантитативни хемијски састав. "Испитивање узорка batch адсорпционом методом" описује степен сорпције С-метолахлора и кломазона на неорганском и органиски модификованим монтморионитима.

**2.2.3 Резултати испитивања** (поглавље 3.) обрађени су у оквиру шест целина са потпоглављима и приказани су уз текстуална тумачења, прегледне табеле и слике (дијаграме), који илуструју истраживања, а добијени резултати су дискутовани уз концизна тумачења. Детаљна карактеризација монтморионита и сорпције хербицида на

неорганском и органском монтмориониту приказана је резултатима испитивања узорака хемијском анализом, методом рендгенске дифракције, методом инфрацрвене спектроскопије (FTIR), термичким испитивањима, batch адсорпцијом и методом скенирајуће електронске микроскопије. *Капацитет катјонске измене и хемијска анализа равнoг и Na-монтморионита* показала је суштинске разлике у погледу садржаја битних елемената, Ca, Na и Mg. *Резултати испитивања узорака методом рендгенске дифракције* показали су да је равни узорак минерал монтморионит као и да је након модификације монтморионита са HDTMA<sup>+</sup> и PTMA<sup>+</sup> катјоном дошло је до промене и повећања базног растојања у зависности од степена засићења. Сорпција хербицида (С-метолахлор и кломазон) на HDTMA-монтмориониту је показала велике промене базног растојања ( $d_{001}$ ) док су исте промене код сорпције хербицида на PTMA-монтмориониту значајно мање. *Резултати испитивања узорака методом инфрацрвене спектроскопије* (поглавље 3.3.) показали су све промене у области од 4000 до 250  $\text{cm}^{-1}$ . На основу промене интензитета и померања таласног броја везаног за валентне Н-О-Н вибрације (3430  $\text{cm}^{-1}$ ) као и појаве нових апсорпционих трака (2926 и 2854  $\text{cm}^{-1}$ ), одређен је степен модификације са органсим комплексима и прелазак површине минерала из хидрофилне у хидрофобну. Механизам сорпције С-метолахлора и кломазона, у неорганским и органски модификованим монтморионитима, праћен је променом положаја апсорпционих трака чистих хербицида и положаја апсорпционих трака сорбованих хербицида. Резултати су показали да код HDTMA-монтморионита долази до учествовања карбонилне групе, С-метолахлора (1674  $\text{cm}^{-1}$ ) и кломазона (1705  $\text{cm}^{-1}$ ) у везивању за неоргански и органски монтморионит док код PTMA-монтморионита долази до стварања  $\pi$ - $\pi$  везе између бензеновог прстена (1500, 1474, 1461  $\text{cm}^{-1}$ ) PTMA<sup>+</sup> катјона и С-метолахлора (1462  $\text{cm}^{-1}$ ) и кломазона (1460, 1446  $\text{cm}^{-1}$ ). *Резултати термичких испитивања узорака* су дефинисали сваку температурну промену везану за неоргански и органски монтморионит као и сорпцију С-метолахлора и кломазона. Резултати су показали промене у три корака: (1) реакције дехидратације монтморионита, (2) реакције оксидације адсорбоване органске материје и (3) реакције дехидроксилације монтморионита. Према добијеним резултатима процес дехидратације се одвија до 250°C. Реакције оксидације адсорбоване органске материје се одвијају у три фазе. Прва фаза оксидације се јавља између 235 и 380°C, друга између 300 и 560°C, а трећа изнад 500°C. Резултати TG испитивања HDTMA и PTMA-монтморионита показали су три корака губитка масе у интервалу до 250, 250 до 500 и изнад 500°C. *Резултати испитивања узорака методом скенирајуће електронске микроскопије* показали су да долази до промене морфологије површине органског монтморионита у односу на Na-монтморионит. Промене су запажене у разлиставања агрегата и закривљености на рубовима листова и оне се повећавају са повећањем концентрације органског комплекса. Јаче су изражене код HDTMA-монтморионита него код PTMA-монтморионита што се може видети на сликама СЕМ.

Резултати Batch адсорпције С-метолахлора и кломазона у оба случаја, HDTMA - монтморионита и PTMA -монтморионита, показује тренд повећања сорпције пестицида који се јавља са повећањем концентрације органског комплекса. Утврђено је постојање позитивне везе између параметра Фројндлиховог коефициента и садржаја органског угљеника на површини и у међуслојном простору монтморионита. Наведени коефицијент се креће од 6.1 до 18 за HDTMA - монтморионит са С-метолахлором и 1.6 до 4.9 за PTMA -монтморионит са С-метолахлором. Сорпција кломазона је показала ниже Фројндлихове коефицијенте за HDTMA - монтморионит од 4.1 до 11.1 а више за PTMA -монтморионит и то од 2.1 до 5.9. Оба хербицида на собној температури по природи поседују висок афинитет према хидрофобним групама које постоје у HDTMA - монтморионитима или  $\pi$ -  $\pi$  везама код PTMA -монтморионита.

**2.2.4 Дискусија** (поглавље 4.) садржи интерпретацију и повезивање резултата да би се изразила и објаснила ефикасност монтморионита за сорпцију хербицида. Утврђено је да третманом за 24<sup>h</sup> долази до повећања NaO за 7.5 пута. Повећање базног растојања произошло је услед различите орјентације у међуслојном простору која се креће од монослоја, преко латералног двослоја до псеудотрослоја. Промене базног растојања у РТМА-монтмориониту су мање због планарне орјентације РТМА<sup>+</sup> катјона. Да је дошло до интеракције органских комплекса и монтморионита доказ је смањење интензитета и померања апсорпционе траке Н-О-Н вибрација на ниже таласне бројеве уз појаву нових апсорпционих трака карактеристичних за валентне и деформационе вибрације CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub> и C=C група. Смањење губитка масе, у процесу дехидратације настаје услед замене међуслојне воде органским комплексом чија се оксидација одвијала у три фазе. У првој фази оксидације остатак угљеникових и азотових атома, који нису испарили, формирали су црни остатак назван “дрвени угаљ”. Овај органски остатак у међуслојном простору састоји се од једнослојних и двослојних угљеникових атома паралелних алумосиликатним слојевима. Модификација монтморионита органским комплексом довела је до смањења температуре дехидроксилације монтморионита због везивања метил група органског комплекса за Si-O површину тетраедарског листа монтморионита. Сорпција С-метолахлора на неорганским и органским монтморионитима показала је да, осим у случају узорка 1Р, су све сорпционе изотерме нелинеарног типа, на шта су указале и вредности Фројндлихових коефицијената, 1/n, са трендом пораста сорпције: равни узорак < Na-монтморионит < РТМА-монтморионити < HDTMA-монтморионит.

**2.2.5 Закључак** у кратким тезама приказује најрелевантније податке до којих је кандидат дошао на основу експерименталних истраживања, а састоји се из следећих ставова:

- Ефикасност сорпције монтморионита према нејонским хербицидима зависи од хемијског састава, капацитета катјонске измене и величине честица.
- Сорбовани молекули органских комплекса улазе у међуслојни простор и распоређују се на различите начине, у зависности од њихове структуре и хемијског састава и величине што доводи до промене базне рефлексије.
- У сорпцији С-метолахлора и кломазона у неорганском и HDTMA-монтмориониту учествује карбонилна група док код РТМА-монтморионита долази до стварање π-π везе између бензеновог прстена С-метолахлора и кломазона и ароматичног прстена РТМА<sup>+</sup> катјона.
- Температура разградње HDTMA и РТМА-монтморионита је нижа у односу на Na-монтморионит док је губитак масе највећи у другом кораку разградње органских монтморионита са хербицидима што потврђује сорпцију.
- Виши садржај HDTMA<sup>+</sup> катјона у органски модификованим монтморионитима се показао као делотворан приликом сорпције С-метолахлора и кломазона. Утврђено је постојање позитивне везе између параметра K<sub>f</sub> и садржаја органског комплекса на површини и у међуслојном простору монтморионита. На основу Фројндлихових коефицијената изведен је општи тренд пораста сорпције у следећем низу: равни узорак < Na-монтморионит < РТМА-монтморионити < HDTMA-монтморионит. Такође, повећањем концентрације HDTMA и РТМА комплекса (25 %; 50 %; 75 %; 100 % СЕС) сорпција се повећава.

- Хербициди и пестициди као и њихова примена у пољопривреди имају директан утицај на животну средину. Развој ефикасног сорбента је од велике важности за индустрију и очување животне средине.
- Према приказаним резултатима модификоване монтморионитске глине Боговине представљају ефикасне сорбенте пестицида али остала су многа отворена питања као што су утицај потпуне супституције Са са На, модификација са малим органским комплексима (ТМА) или утицај рН-вредности и температуре приликом модификације. Ова проблематика отвара простор за даља истраживања у домену сорпције и заштите животне средине.

**2.2.6 Литература** У дисертацији је на правилан начин наведено 146 референци. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

- Примењене методе односно аналитичка техника са инструментима вођеним компјутерима са аутоматском аквизицијом података показују савремен приступ истраживачком раду аутора ове докторске дисертације, Лазара Калуђеровића.
- Испитивање органске модификације монтморионита, са локалитета Боговина, цикличним и ацикличним органским комплексима, први пут је обухваћена овим радом. Поред тога, испитивање сорпције посебно кломазона, 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 модификацији монтморионита из Боговине са органским комплексима и њиховим могућностима у сорпцији пестицида. Будући да су минерали групе смектита респрострањени у природи, истраживање њихових сорпционих својстава од великог је значаја за примену у пољопривреди, пречишћавању вода као и великој примени у различитим сегментима заштите животне средине.

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

У дисертацији је на правилан начин наведено 146 референци. Избор референци је актуелан и одговара предмету проучавања, подржава методологију, резултате и њихову интерпретацију.

#### **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**

Кандидат је током израде дисертације у потпуности овладао методологијом научно-истраживачког рада, испољио је самосталност и стручност у претраживању савремене литературе, припреми и реализацији експеримената, карактеризацији материјала и анализи добијених резултата. Способност је за самостални научни рад што је показао реализацијом планираног истраживања од почетне идеје до завршетка докторске дисертације, као и објављивањем научних радова у часописима и учешћем на научним конференцијама.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

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

Праћењем ефеката интеракције природног монтморионита са органским комплексима и пестицидима у овој докторској дисертацији добијени су резултати чијом су интерпретацијом остварени следећи оригинални научни доприноси:

- Показана је могућност модификације минерала како би се сорпционе карактеристике побољшале и указано на важност познавања неорганско-органских интеракција;
- Доказано да већа концентрација HDTMA<sup>+</sup> и PTMA<sup>+</sup> катјона у монтморионитима пропорционална сорпцији C-метолахлора и кломазона;
- Доказано да тренд пораста сорпције, оба хербицида, са порастом концентрације, иде према низу: равни узорак < Na-монтморионит < PTMA-монтморионит < HDTMA-монтморионит;
- Дисертација даје значајан допринос бољем разумевању механизма сорпције природних минерала и хербицида и отвара могућност коришћења монтморионита као потенцијалне природне сировине за сорпцију хербицида као потенцијалних загађивача.

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

Докторска теза кандидата Лазара Калуђеровића, у методолошком смислу нема пропуста. Интерпретација резултата је развијана према закључку који је у доброј сагласности са литературним подацима.

Следећа истраживања могу бити усмерена према утицају потпуне супституције Са са На, и обрнуто. Важно је утврдити и термичку стабилност органских комплекса која нису адекватно разјашњена као и модификацију монтморионита са малим органским комплексима као што је (ТМА).

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

До сада су из ове докторске дисертације објављена два рада у међународним часописима са SCI, као и 2 саопштења на међународним конференцијама штампана у изводу и једно саопштење са националног скупа, штампано у целини.

## **M22 – Рад у истакнутом часопису међународног значаја**

1. Tomić P. Z., **Kaluderović L.**, Nikolić N., Marković S. and Makreski P. 2016. Thermal investigation of acetochlor adsorption on inorganic and organic-modified montmorillonite. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 123, 2313–2319. ISSN: 1388-6150 (Print), ISSN: 1588-2926 (Online), IF: 1.953. DOI: 10.1007/s10973-015-5102-2.

## **M23 – Рад у часопису међународног значаја**

1. **Kaluderović M. L.**, Tomić P. Z., Đurović -Pejčev D. R., Vulić J. P. and Ašanin P. D. 2017. Influence of the organic complex concentration on adsorption of herbicide in organic modified montmorillonite. Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol. 52, No. 5, 291–297, ISSN 0360-1234, IF: 1.362. DOI: 10.1080/03601234.2017.1281636.

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

1. **Kaluderović L.**, Tomić Z., Đurović R. and Milošević M. 2016a. Influence of the organic complex concentration on adsorption of herbicide in organic modified montmorillonite. Geophysical Research Abstracts 18: EGU2016-3425.
2. Milošević M., **Kaluderović L.** and Logar M. 2016b. Color measurement of methylene blue dye/clay mixtures and its application using economical methods. Geophysical Research Abstracts 18: EGU2016-4230.

## **M63 – Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини**

1. Tomić Z., Dugalić G., Gajić B., **Kaluderović L.** and Đurović R. 2013. Adsorpcija herbicida u neorganskom i organski izmenjenom montmorionitu, XVIII Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Zbornik radova, Čačak, 15-16 mart, Vol. 18, (20), 185-193.

## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

Докторска дисертација Лазара Калуђеровића, дип. инж. геологије под насловом: „Сорпција хербицида на неорганском и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине“ представља оригинално научно дело и има значајан научни допринос у области примењене минералогije. Резултати ове докторске дисертације дају значајан допринос бољем разумевању механизма сорпције природних минерала и хербицида. Такође, показују могућности модификације минерала како би се сорпционе карактеристике побољшале и указују на важност познавања неорганско-органских интеракција. Кандидат је у експерименталном делу истраживања успешно применио различите методе које су му омогућиле добијање релевантних резултата које је правилно тумачио и коментарисао у складу са расположивим литературним подацима. Закључци су добро формулисани и правилно изведени и у потпуности произилазе из добијених резултата. Дисертација отвара могућност коришћења монтморионита као потенцијалне природне сировине за сорпцију хербицида као потенцијалних 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: **„Сорпција хербицида на неорганском и органски модификованом природном монтмориониту из Боговине“** кандидата **Лазара Калуђеровића**, дип. инж. геологије, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 1. 10. 2017. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Сузана Ерић, ванредни професор  
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Зорица Томић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет

Др Рада Ђуровић-Пејчев, виши научни сарадник  
Института за пестициде и заштиту животне средине

Др Предраг Вулић, доцент  
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Александар Ђорђевић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Пољопривредни факултет