

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Александра Луковића

Одлуком бр. 1/40 од 18.03.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Луковића под насловом

Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. 1/101 од 18.04.2019. године, именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата Александра Луковића, дипл. инж. геол. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под предложеним насловом „Минерали $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система Тимочког магматског комплекса“. Комисија је била у саставу: др Александар Пачевски, ванр. проф. предложени ментор и чланови комисије др Владица Цветковић, ред. проф. и др Миодраг Бањешевић, доцент.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 20.06.2019. године усвојило је позитиван Извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александра Луковића под измењеним насловом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 26.08.2019. године, на основу извештаја бр. 1/123, од 17.05.2019, који је дала Комисија именована од стране Наставно-научног веће Рударско-геолошког факултета у Београду, донело је Одлуку којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Александра Луковића под насловом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“ на Рударско-геолошком факултету (бр. 61206-2770/2-19 од 26.08.2019. године).

На основу молбе кандидата, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 17.09.2020. године, донело је Одлуку о продужењу рока за израду докторске дисертације Александра Луковића у трајању од једне године (бр. 1/354 од 18.09.2020. године).

Кандидат Александар Луковић, дипл. инж. геологије, 02.03.2021. године поднео је Молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“. Катедра за минералогiju упутила је допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета са предлогом чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Александар Пачевски, ванредни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Сузана Ерић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, и др Миодраг Бањешевих, ванредни професор, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 18.03.2021. године именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Луковића, под насловом: „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“ (бр. 1/40 од 22.03.2021. године). Чланови Комисије су потписници овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“, припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „Геологија“, односно ужој научној области „Фундаментална и примењена минералогija“, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Александар Луковић рођен је 04. децембра 1979. године у Београду. Након завршене основне и II економске школе у Београду, уписао је Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду, који је завршио 2011. године, са просечном оценом 8,42. Током основних студија 2006. и 2007. године, а према програмима интензивних студентских курсева, боравио је у два наврата од по 10 дана и похађао наставу на Универзитету *Eotvos Lorand* у Будимпешти.

Од 2008. године волонтира, а од 2011. године запослен је као дипломирани инжењер геологије на место кустоса у Природњачком музеју у Београду. После стручног оспособљавања и рада у Минералшкој збирци и збирци метеорита, остварио је право на полагање стручног испита у Народном музеју у Београду 2014. године и стекао стручно музејско звање – кустос за рад у оквиру делатности заштите културних добара. У периоду од 2008. до 2019. године у оквиру активности Природњачког музеја био је аутор 13 изложби и стручни сарадник на 4 изложбе. Изложбени предмети су експонати баштињени у оквиру минералшке збирке Природњачког музеја. Једна од значајнијих поставки јесте и минералшка изложба „Минерали Трепче“ у галерији Природњачког музеја. Треба напоменути да је ова изложба представљена на скупу NATHIST секције ИКОМ-а у Крапини, и једна је од ретких која је имала инострану премијеру. За потребе Природњачког центра у Свилајнцу, а као кустос за минерале и метеорите, извршио је уз помоћ колега из Музеја израду аутентичних копија сокобањског, јеличког и димитровградског метеорита. У периоду од 2013. до 2014. године ангажован је као стручни сарадник часописа „Благо Земље“,

издавача Де Агостини – Грчка. Такође је уредник рубрике „Музеј у природи“ гласника Природњачког музеја.

Кандидат је докторске студије уписао школске 2012/2013 године на студијском програму Геологија Рударско–геолошког факултета, Универзитета у Београду. Сходно интересовањима у вези са темом, кандидат Александар Луковић изабрао је и положио предмете који одговарају унапређењу знања за рад на предложеној докторској дисертацији. У току израде дисертације био је учесник на билатералном пројекту између Србије и Словеније (2018-2019) под називом „*Micro- to nanoscale textures of ore minerals: methods of study and significance*“, а у оквиру овог пројекта урадио је део лабораторијских истраживања за потребе дисертације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Луковића, под називом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бакра Борске металогенетске зоне“ написана је на 97 страна, формата А4 (фонт: Times New Roman 12, проред: single), садржи 49 илустрација и 20 табела. Дисертација је подељена на 6 поглавља: 1. Увод (2 стране); 2. Општи део (17 страна); 3. Експериментални део (12 страна); 4. Резултати (39 страна); 5. Дискусија (15 страна); 6. Закључак (2 стране) и Списак литературе (10 страна). Поред тога, дисертација садржи: Насловну страну на српском и енглеском језику, Страну са подацима о ментору и члановима комисије, Резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, Захвалницу, Садржај, Биографију докторанда, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација повезује хемизам, текстурна својства и парагенезе минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система, првенствено магнетита и хематита, са условима њиховог образовања у различитим деловима порфирских система Борске металогенетске зоне.

У првом поглављу су кроз главна досадашња сазнања о фазним односима $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система и услова постанка магнетита у магматском и хидротермалном стадијуму утврђени основни правци истраживања и циљеви докторске дисертације.

У другом поглављу дат је приказ основних литературних података о минералима $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система са освртом на зависност састава и генезе магнетита, као и на разликовање магматског и хидротермалног начина постанка овог минерала. Посебна пажња је исто тако посвећена текстурним, геотермометријским и магнетним својствима Fe-Ti оксида. У овом делу доктората приказане су и опште геолошке карактеристике Борске металогенетске зоне.

Треће поглавље даје детаљан приказ локалитета и начина прикупљања узорака за лабораторијска испитивања кроз теренски рад и ранија истраживања. За узорке који су узети из ранијих истраживања дат је основни минералогски и петрографски опис који је такође преузет из тих претходних истраживања, при чему је објашњен критеријум за селекцију узорака за даља испитивања минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у оквиру доктората. У овом поглављу су затим приказане примењене лабораторијске методе испитивања: микроскопска испитивања у поларисаној светлости, сепарација минерала, скенирајућа електронска

микроскопија (*SEM*) и електронска микроанализа (*EMPA*), масена спектрометрија индуктивно спрегнуте плазме ласерском аблацијом (*LA-ICP-MS*), рендгенска дифракција праха (*XRPD*) и трансмисиона електронска микроскопија (*TEM*).

У четвртом поглављу дат је приказ свих резултата према врсти испитиваних узорака стена и орудњења. Прво су приказани резултати испитивања минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система из свежих андезита I и II вулканске фазе са неколико истакнутих профила дуж целе Борске зоне, као и резултати испитивања магнетита из вулканских стена Злотске магнетне аномалије. Затим су приказани резултати испитивања Fe-Ti оксида овог система у алтерисаним и минерализованим андезитима са појединих истражних подручја компанија, и на крају су дати резултати испитивања састава и парагенеза магнетита и хематита у типичним порфирским лежиштима бабра ове металогенетске зоне.

Пето поглавље представља дискусију која је подељена на три дела. Први део дискусије усмерен је на генетске услове образовања магнетита и хемоилменита у вулканским стенама, односно у магматском стадијуму. Притом су разматрана текстурна својства ових минерала у зависности од режима хлађења магме, као и сличности и разлике у саставу магнетита из стена различитих вулканских фаза. Други део дискусије разматра хидротермалне алтерације претходно-наведених акцесорних Fe-Ti оксида вулканских стена и објашњава образовање продуката ових алтерација услед различитих промена у физичко-хемијским условима хидротермалних флуида. У трећем и најзначајнијем делу дискусије разматрани су хидротермални услови постанка магнетита и хематита у оквиру порфирских лежишта бабра. Издвојено је неколико типова рудних парагенеза ових оксида гвожђа у различитим деловима порфирских система, и на тај начин, издвојени су и различити типови, односно различите генерације магнетита и хематита. Затим су дате хемијске специфичности сваког од ових типова магнетита и хематита кроз приказ садржаја микроелемената и елемената у траговима. У овом делу дискусије разматрани су и генетски аспекти хематит-магнетит трансформација у оба правца у светлу промена оксидо-редукционих услова образовања минерализација.

У шестом поглављу сумирани су главни закључци докторске дисертације који уједно пружају и препоруке за даља истраживања у овој области минералогije.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Разматрана докторска дисертација представља оригинални научно-истраживачки рад у области минералогije рудних лежишта. Хемијске, текстурне и друге специфичности неког минерала у зависности су од услова његовог образовања и могу се, на пример, у значајној мери користити у реконструкцији магматско-хидротермалних система и проспекцији рудних лежишта.

У оквиру ове докторске дисертације дефинисане су хемијске и текстурне карактеристике првенствено магнетита али и других минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у различитим вулканским стенама и типовима орудњења Борске металогенетске зоне. На тај начин, издвојено је у форми „отисака прстију“ више типова, односно генерација магнетита и хематита у оквиру порфирских система ове рудоносне зоне, што може имати импликацију на генерални модел образовања порфирског лежишта бабра, који је један од најзначајнијих типова лежишта у свету. Савременост и оригиналност истраживања приказаног у овој докторској дисертацији потврђени су и публикавањем рада у међународном часопису и саопштењима на домаћим и међународним скуповима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације цитирано је 159 литературних навода, који су углавном новији радови објављени у часописима међународног значаја. Преглед литературних података омогућио је да се прикаже стање у испитиваној научној области, као и да се сагледа актуелност проблематике предметне докторске тезе. Кандидат је првенствено прегледао обимну литературу која је везана за проучавање минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система још од шездесетих година прошлог века, као и литературу о могућности коришћења магнетита у проспекцији рудних лежишта на основу садржаја хемијских примеса у овом минералу, што представља прилично актуелан правац истраживања последњих деценија. Из пописа литературе која је коришћена у истраживању, као и објављених радова кандидата може се запазити да кандидат на адекватном нивоу познаје област истраживања, као и актуелно стање истраживања у овој области у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овој докторској дисертацији коришћене су опште и посебне методе истраживања. Од општих научних метода примењене су: индуктивно и дедуктивно закључивање, компарација, анализа и синтеза, апстракција и конкретизација, генерализација и специјализација. Резултати у овој докторској дисертацији добијени су применом одговарајућих експерименталних техника и савремених аналитичких метода, а адекватном анализом и обрадом података извршен је приказ резултата. За одредбу минералног састава узорака и садржају минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у њима коришћена је поларизациона микроскопија за пропуштenu и одбијену светлост. У циљу одредбе хемијског састава ових минерала и садржају микроелемената у њима коришћена је метода скенирајуће електронске микроскопије (*SEM*) са електронском микроанализом (*EMPA*). Овом методом извршена је и карактеризација текстурних својстава испитиваних минерала, а за одредбу елемената у траговима у магнетиту, хематиту и илмениту (варијетету хемоилмениту), најзначајнијих минерала поменутог система, употребљена је метода масене спектрометрије индуктивно спрегнуте плазме ласерском аблацијом (*LA-ICP-MS*). За потребе детаљних структурних и текстурних карактеристика магнетита и хемоилменита коришћена је најпре стандардна сепарација минерала методама тешких течности и електромагнетном сепарацијом, а затим су сепарисане фракције ових минерала подвргнуте испитивању методама рендгенске дифракције праха (*XRPD*) и трансмисионе електронске микроскопије (*TEM*).

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати кандидата Александра Луковића, дипл. инж. геологије везани за ову докторску дисертацију осим фундаменталног имају и примењени значај у неколико области геолошких наука. Остварени резултати хемијских, текстурних и структурних карактеристика појединих минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система, тачније магнетита, хематита и хемоилменита, пружају значајан допринос у интерпертацији генезе ових минерала и њихових парагенетских односа у различитим стадијумима развића порфирских система. На тај начин, дисертација пружа значајан научни допринос првенствено у области минералогije и истраживања рудних лежишта, јер на основу садржаја специфичних примеса у саставу ових минерала и њихових типоморфних текстура и асоцијација, могу се препознати одређени типови хидротермалних орудњења и алтерација, а исто тако и одређене зоне порфирских система. Остварени резултати су применљиви и у области петрологије имајући у виду да хемизам, текстурне карактеристике и присуство односно одсуство појединих Fe-Ti оксида у вулканским стенама може бити од помоћи у детаљнијем рашчлањивању вулканских фаза. На крају, треба напоменути да карактеризација и интерпретација процеса трансформација и алтерација ових

Fe-Ti оксида, иначе носилаца магнетизма у минерализованим и свежим стенама, може бити од значајне помоћи у разумевању и интерпретацији палеомагнетских и других сличних истраживања.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат, Александар Луковић, дипл. инж. геологије је током израде докторске дисертације показао самосталност, систематичност и стручност у сагледавању проблема истраживања и критичке анализе добијених података. Током примене различитих аналитичких метода, обраде резултата и њихове презентације у објављеном раду и саопштењима показао је да влада знањима везаним за област истраживања и методама научног рада. Осим тога, кандидат је успешно и квалитетно одговорио на циљеве постављене у предлогу за израду ове дисертације, што указује на његову способност да објективно и у целини сагледа истраживачки процес и услове потребне за реализацију овог процеса.

Комисија сматра да кандидат поседује све квалитете који су неопходни за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација дала је следећи научни допринос:

- Утврђене су сличности и разлике у саставу и начину појављивања магнетита из различитих вулканских фаза и Злотске магнетне аномалије Тимочког магматског комплекса, односно Борске зоне, што може пружити одређене смернице за даља петрогенетска тумачења ове рудоносне области.
- По први пут је утврђено присуство хемоилменита у андезитима Борске зоне и дата је његова детаљна хемијска и текстурна карактеризација. На основу ових резултата могуће је сагледати локалне разлике у физичко-хемијским условима кристализације и режиму хлађења магме, а исто тако, у комбинацији са осталим геолошким истраживањима, извршити и детаљнију поделу I вулканске фазе на потфазе вулканизма, што би било од великог значаја за даља истраживања рудних лежишта ове веома значајне металогенетске зоне. Поред тога, скренута је пажња на промену магнетних својстава овог минерала у зависности од образовања текстура издвајања, што може имати значајног утицаја на палеомагнетска мерења.
- На основу парагенетских и текстурних односа, одређено је неколико различитих типова односно генерација магнетита и хематита хидротермалног начина постанка, образованих у различитим деловима порфирских система. За сваки од ових типова дата је детаљна хемијска карактеризација у погледу садржаја микроелемената и елемената у траговима. На тај начин су, по принципу „отисака прстију“, детаљно окарактерисани магнетит и хематит из различитих рудних парагенеза порфирских лежишта бакра, што може имати значајну примену у даљој проспекцији лежишта и реконструкцији порфирских система.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева и постављених хипотеза у односу на добијене резултате може се констатовати да приказана истраживања у потпуности задовољавају критеријуме једне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из ове области, као и резултате

добијене применом адекватне методологије може се констатовати да су коришћене методе у складу са савременим методама и да су резултати у овој докторској дисертацији значајни са научног аспекта.

Главни допринос тезе је утврђивање и разликовање неколико типова, тј. генерација магнетита и хематита образованих магматским и хидротермалним процесима у оквиру порфирских система Борске металогенетске зоне. На тај начин, осим фундаменталног ова докторска дисертација има и практични значај, јер пружа могућности употребе хемијско-текстурних карактеристика магнетита и хематита у разликовању различитих магматских и хидротермалних процеса образовања порфирских система што се може употребити током даље проспекције рудних лежишта.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос и резултати истраживања добијени током израде ове дисертације верификовани су у раду који је објављен у међународном часопису, са докторандом као првопотписаним. Докторанд је резултате добијене у овој докторској дисертацији представио на неколико међународних и домаћих конференција.

Радови кандидата Александра Луковића који су директно везани за докторску дисертацију:

M23 - Рад у међународном часопису

1. **Luković, A.**, Zavašnik, J., Cvetković, V., Šarić, K., Banješević, M., Lazarov, M., Pačevski, A.: Texture and composition of ferrian ilmenite from hornblende andesites of the Timok Magmatic Complex, Serbia, Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen (Journal of Mineralogy and Geochemistry), vol 197/1, pp. 65-83, 2021, (IF=1.000) (ISSN 0077-7757).

M33 - Саопштење са скупа међународног значаја штампано у целини

2. Pačevski, A., Zavašnik, J., Šoster, A., Šestan, A., **Luković, A.**, Jelić, I., Kremenović, A., Zdravković, A., Erić, S., Bajuk-Bogdanović, D.: Micro- to nanoscale textures of ore minerals: methods of study and significance, Proceedings of XIII International Mineral Processing and Recycling Conference, 98-100, Belgrade, Serbia, 8–10 May 2019.

M34 - Саопштење са скупа међународног значаја штампано у изводу

3. **Luković, A.**, Zavašnik, J., Vulić, P., Banješević, M., Šarić, K., Cvetković, V., Pačevski, A.: Hemoilmenite from andesite of the Late Cretaceous Timok Magmatic Complex, Serbia. Abstract Volume, 15th Swiss Geoscience Meeting, Davos, 17-18 November 2017.

M64 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

4. Lesić, V., Márton, E., Jovanović, D., **Luković, A.**, Cvetkov, V.: Paleomagnetski rezultati iz Timočkog magmatskog kompleksa, Istočna Srbija, 17. Kongres geologa Srbije, Vrnjačka Banja, 17-20. maj 2018, Knjiga apstrakata, 747-751.

4.4 Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност докторске дисертације проверена је на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018). Помоћу програма “iThenticate” утврђено је да количина подударња текста по параметру Индекса сличности износи 2%. Ова преклапања нађена су са радовима проистеклим из докторске дисертације, литературним наводима, са општим појмовима, типа „докторска дисертација“, „Универзитет“ или скраћеницама и слично. Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација Александра Луковића у потпуности оригинална, као и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Александра Луковића, дипл. инж. геологије под називом „Састав и текстуре минерала $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ система у вулканским стенама и порфирским лежиштима бабра Борске металогенетске зоне“, представља оригинални научни рад из уже научне области Фундаментална и примењена минералогичка, који разматра генетске аспекте образовања различитих текстурних и парагенетских типова магнетита, хематита и сродних минерала у оквиру магматских и хидротермалних стадијума Борске металогенетске зоне. Одредба неколико типова односно генерација магнетита и хематита образованих магматским и хидротермалним процесима у оквиру порфирских система Борске зоне, као и идентификација и текстурна карактеризација хемоилменита у андезитима I вулканске фазе, представљају најбитније доприносе ове докторске дисертације. Треба истаћи да резултати ове дисертације имају не само фундаментални већ и примењени значај, јер пружају одређене смернице у даљим истраживањима рудних лежишта ове наше веома значајне рудоносне зоне. Анализирајући докторску дисертацију кандидата Александра Луковића, Комисија је закључила да она представља значајан и оригинални научни допринос области геологије и минералогичке, да је у свему израђена у складу са стандардима научно-истраживачког рада и важећим прописима, те стога предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да овај извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и овај извештај упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду ради коначног усвајања, након чега би се приступило усменој одбрани дисертације пред комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Александар Пачевски,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Сузана Ерић,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Миодраг Бањешевић,
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору