

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Алене Здравковић

Одлуком бр. 1/139 од 27.05.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Алене Здравковић под насловом

**Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника
Рудник и њихов утицај на животну средину**

После прегледа достављене докторске 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. 1/214 од 25.09.2017. године за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Алене Здравковић, дипл. инж. геол. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“ именовани су: др Сузана Ерић, ванредни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Александар Пачевски, доцент Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Предраг Вулић, доцент Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Кристина Шарић, ванредни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Мира Цоцић, ванредни професор, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 19.10.2017. године усвојило је позитиван Извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Алене Здравковић под насловом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 27.11.2017. године, на основу Извештаја бр. 1/239, од 5.10.2017, који је дала Комисија именована од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је Одлуку којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидаткиње Алене Здравковић под насловом „Механизам формирања секундарних

минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“ (бр. 61206-4385/2-17 од 7.12.2017. године).

На основу молбе кандидата, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је Одлуку о продужењу рока за израду докторске дисертације Алене Здравковић, у трајању од једне године (бр. 1/252 од 19.09.2019. године)

Кандидаткиња Алена Здравковић, дипл. инж. геологије, поднела је Молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“ 13.02.2020. године. 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 Сузана Ерић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Александар Пачевски, ванредни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Предраг Вулић, доцент Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Кристина Шарић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Мира Цоцић, ванредни професор, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду. На електронској седници одржаној 26.03.2020. именована је Комисија у наведеном саставу (одлука бр. 1/103 од 6.05.2020. године).

Услед изненадне смрти изабраног члана Комисије, др Предрага Вулића, доцента Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду формирана је нова комисија у саставу: др Сузана Ерић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Александар Пачевски, ванредни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Кристина Шарић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Мира Цоцић, ванредни професор, Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 21.05.2020. године именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Алене Здравковић, под насловом: „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“ (бр. 1/139 од 27.05.2020. године). Чланови Комисије су потписници овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Тема докторске дисертације под насловом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“, припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „Геонауке“, односно ужој научној области „Фундаментална и примењена минералогija“, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Алена Здравковић је рођена 13. децембра 1979. године у Београду. Основну школу и гимназију завршила је у Београду. Након завршене X београдске гимназије уписала је Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду који је завршила 2006. године, са просечном оценом 8,14 (осам, 14/100).

Кандидаткиња је од октобра 2007. године запослена као кустос Збирке минерала и стена Рударско-геолошког факултета. Од 2009. године сарадник је Истраживачке станице Петница, где држи практичне вежбе према потреби геолошких курсева, као и тематска предавања

(„Магични свет драгог камења“ - 2014, 2016-2020; „Колекција метеорита београдског Универзитета“ - 2016).

Стручни испит у Народном музеју у Београду положила је 2013. године и стекла стручно музејско звање – кустос за рад у оквиру делатности заштите културних добара. Исте године уписала је докторске студије на студијском програму Геологија (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет).

Од октобра 2014. године као докторанд помаже у одржавању практичне наставе из предмета Основи геологије и минералогije (део Минералогija) за студенте рударства.

Била је учесник на билатералном пројекту под називом: "Геохемијска карактеризација промена у околини које су последица излуживања загађивача из старих рударских јаловишта" (Geochemical characterization of changes in the environment as a result of the leaching of pollutants from old mine tailings) између Србије и Словеније (2016-2017) који су финансирани Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Министарство науке Словеније.

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду 2017. године Алена Здравковић, дипломирани инжењер геологије, стиче истраживачко звање истраживач-сарадник према критеријумима за вредновање стручног и научног рада.

Члан је Српског геолошког друштва, Српског гемолошког друштва - ГЕМС као и Музејског друштва Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Алене Здравковић, под називом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“ написана је на 117 страна, формата А4 (фонт: Times New Roman 12, проред: single), садржи 60 илустрација и 52 табеле.

Дисертација је подељена у 6 поглавља: 1. Увод (2 стране); 2. Општи део (22 стране); 3. Узорци и методе (16 страна); 4. Резултати (36 страна); 5. Дискусија (23 стране); 6. Закључна разматрања (3 стране) и Списак литературе (15 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 распадање примарних сулфида на активним и напуштеним одлагалиштима са формирањем рецентних секундарних минерала и стањем загађености околних вода и земљишта.

У првом поглављу су кроз главна досадашња сазнања о рецентним секундарним минералима и њиховом утицају на животну средину утврђени основни циљеви докторске дисертације.

У другом поглављу дат је приказ основних карактеристика испитиване области кроз геодинамику и металогенију шире области Рудника, геолошку грађу ужег подручја и карактеристике полиметаличног лежишта Рудник. У овом делу су приказане и опште карактеристике површинског распадања на примеру пирита и пиротина, утицај распадања на животну средину и основна класификација рецентних секундарних минерала.

Треће поглавље даје детаљан приказ локација и начина узорковања различитих типова узорака (материјал са активних и напуштених одлагалишта, отпадне воде, вода река и потока, вода за пиће, обрадивог и необрадовог земљишта и средњовековних шљака) као и детаљан опис примењених метода: оптичка поларизациона микроскопија за пропуштenu и одбијену светлост, скенирајућа електронска микроскопија са енергетско-дисперзивном спектрометројом (SEM-EDS систем), метода рендгенске дифракције на праху (XRPD), различитих метода квантитативне хемијске анализе – метода оптичке спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом (ICP-OES), метода масене спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом (ICP-MS) и метода масене спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом са ласерском аблацијом (LA-ICP-MS).

У четвртном поглављу дат је приказ свих резултата према врсти испитиваног материјала. Прво су приказани резултати карактеризације отпадног материјала кроз детерминацију стена домаћина, затим идентификацију примарних сулфида, минерала из оксидационе зоне и рецентних секундарних фаза, као и резултати теста растворљивости секундарних минерала. Након резултата везаних за карактеризацију отпадног материјала дат је приказ резултата који се односи на хемијски састав испитиваних земљишта и вода, а на крају резултати карактеризације средњовековне шљаке, односно идентификација продуката топљења и идентификација секундарних фаза које су резултат њиховог распадања.

Пето поглавље представља дискусију која је подељена на два дела. Први део дискусије усмерен је на повезивање формираних рецентних секундарних фаза са степеном површинског распадања и асоцијацијама примарних сулфидних минерала на материјалу са активних и напуштених одлагалишта. У овом делу разматрани су резултати везани за идентификацију и степен алтерације примарних сулфида у односу на врсту одлагалишта, а затим и идентификацију рецентних секундарних фаза. На основу ових разматрања дати су механизми формирања рецентних секундарних фаза у односу на различите асоцијације примарних сулфида и предложен је свеобухватни модел настанка крајњих продуката распадања примарних сулфида. Други део дискусије односи се на процену стања загађености разматран кроз хемијски састав анализираних вода и земљишта. У овом делу је поред основних узрочника дискутован и утицај формираних рецентних секундарних фаза на загађење. На основу детерминације узрочника загађења предложена су и два модела загађења области Рудник. Први модел односи се на загађење вода и земљишта у непосредној околини одлагалишта, а други модел на загађење животне средине под утицајем присуства и распадања средњовековне шљаке насуте на локалне путеве у области Рудника која није у непосредној околини одлагалишта.

У шестом поглављу сумирани су главни закључци докторске дисертације и истакнута питања и препоруке за даљи рад и истраживања на овој проблематици.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истаживања у оквиру области антропогених загађивача деценијама заокупљују истраживаче широм света, а ова проблематика и жеља за спречавањем загађења је данас посебно актуелна. Разматрана докторска дисертација представља оригинални научно-истраживачки рад у области минералогije животне средине. У склопу ове докторске дисертације утврђени су јединствени механизми формирања секундарних минерала у зависности од асоцијације примарних сулфида који су изложени распадању и предложена два оригинална модела која се односе на два независна загађивача, материјал са одлагалишта и средњовековну шљаку која је неплански одлагана и неодговорно расута у области ван рударских активности.

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 198 литературних навода, који су углавном најновији радови објављени у часописима међународног значаја. Поред ових литературних навода у докторској дисертацији наведено је и 12 web-страница. Преглед литературних података омогућио је да се прикаже стање у испитиваној научној области, као и да се сагледа актуелност проблематике предметне докторске тезе. Кандидаткиња је прегледала обимну литературу која је везана за проучавање природе распадања на одлагалиштима, процену стања загађености земљишта и вода, као и распадање шљаке. Из пописа литературе која је коришћена у истраживању, као и објављених радова кандидата може се уочити да кандидаткиња 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 идентификацију фазног састава примарних сулфида и рецентних секундарних минерала, као и структуре испитиваних узорака са одлагалишта коришћене су оптичке методе (поларизациона микроскопија за пропуштenu и одбијену светлост), метода скенирајуће електронске микроскопије и метода рендгенске дифракције на праху, док је метода масене спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом са ласерском аблацијом (LA-ICP-MS) коришћена за добијање садржаја микроелемената у примарним сулфидима. Хемијска карактеризација узорака земљишта и вода добијена је применом методе оптичке спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом (ICP-OES) и методе масене спектрометрије индуковане спрегнутом плазмом (ICP-MS). Карактеризација узорака средњовековне шљаке извршена је применом оптичке и скенирајуће микроскопије и рендгенском анализом праха.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати кандидаткиње Алене Здравковић, дипл. инж. геологије, везани за ову докторску дисертацију осим фундаменталног имају и примењени карактер.

Дисертација даје значајан допринос у развоју минералогije животне средине, јер су први пут утврђени механизми формирања специфичних рецентних секундарних фаза у зависности од распадања различитих асоцијација примарних сулфида и времена њихове изложености атмосферским условима у материјалу са активних и напуштених одлагалишта полиметаличног рудника Рудник. Ови резултати се могу применити и на другим сличним одлагалиштима у свету. Резултати ове докторске дисертације имају и практичан значај, јер представљају одличну основу за будућу ремедијацију загађених земљишта и вода непосредне околине полиметаличног рудника Рудник.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња, Алена Здравковић, дипл. инж. геологије, је током израде докторске дисертације показала самосталност, систематичност и стручност у сагледавању проблема истраживања, као и критичку анализу добијених података. Током примене различитих аналитичких метода, обраде резултата и њихове презентације у објављеном раду и саопштењима показала је да влада знањима везаним за област истраживања и методе научног рада. Осим тога, кандидаткиња Алена Здравковић је успешно и квалитетно одговорила на циљеве постављене у предлогу за израду ове дисертације, што указује на њену способност да објективно и у целини сагледа истраживачки процес и услове потребне за његову реализацију.

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

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Из резултата ове докторске дисертације проистекли су следећи научни доприноси:

- Утврђени су нови детаљи у погледу интеракције минерал-вода-ваздух сагледавањем механизма формирања секундарних минералних фаза у зависности од типа и количине примарних сулфида, као и времена њихове изложености распадању;
- Добијен је модел декомпозиције материјала са рудних одлагалишта компарацијом фаза распадања присутних сулфида и присуством секундарних минералних фаза који ће омогућити научној јавности да се овај модел примени и додатно унапреди на подручјима са сличним рудним одлагалиштима;
- Добијени су нови резултати у погледу излуживања токсичних елемената (првенствено арсена и олова) у животну средину испитивањем степена растворљивости различитих секундарних минералних фаза као привремених и/или сталних резервоара;
- На основу процене стања загађености земљишта и вода потенцијално токсичним елементима предложена су два модела независних извора загађења, при чему је први извор уско повезан са распадањем сулфида на одлагалиштима и формирањем рецентних секундарних фаза, а други извор за распадање средњовековне шљаке која је одлагана у подручју Рудника.
- Докторска дисертација поред научног доприноса има и практичну вредност, јер је одредбом степена загађености земљишта и вода у непосредној околини испитиваних одлагалишта и конкретизацијом њихових извора добијена значајна основа и важан предуслов за санацију угроженог подручја и могуће спречавање загађења већих размера.

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 докторској дисертацији значајни са научног аспекта.

Главни допринос тезе је утврђивање механизма формирања рецентних секундарних минералних фаза у зависности од типа и количине примарних сулфида, као и времена њихове изложености распадању и њихов утицај на животну средину. Поред тога осим

фундаментално ова докторска дисертација има и практични значај, јер представља одличну основу за могућу ремедијацију испитиваног подручја које је загађено токсичним елементима.

4.3. Верификација научних доприноса

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

Радови кандидаткиње Алене Здравковић који су директно везани за докторску дисертацију су следећи:

M22 - Рад у истакнутом међународном часопису

1. **Zdravković, A.**, Cvetković, V., Pačevski, A., Rosić, A., Šarić, K., Matović, V., Erić, S.: Products of oxidative dissolution on waste rock dumps at the Pb-Zn Rudnik mine in Serbia and their possible effects on the environment, Journal of Geochemical Exploration, vol 181, pp. 160-171, 2017, (IF=2.858) (ISSN 0375-6742).

M33 - Саопштење са скупа међународног значаја штампано у целини

1. 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

1. **Zdravković, A.**, Pačevski, A., Rosić A., Šarić K., Matović, V., Erić, S.: Beaverite from waste rocks of the Pb-Zn mine – Rudnik, Serbia, Proceedings of the 5th Croatian Geological Congress with international participation - Book of Abstracts, Croatian Geological Survey - Zagreb, Osijek 2015., pp. 279-280.

M63 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. **Zdravković, A.**, Erić, S., Šarić, K. Primer mineraloške karakterizacije srednjovekovne šljake iz oblasti Pb-Zn rudnika „Rudnik“ kao dela istraživanja u arheotehnologiji, Prvi skup Sekcije za arheometriju, arheotehnologiju, geoarheologiju i eksperimentalnu arheologiju Srpskog arheološkog društva, Aktuelna Interdisciplinarna istraživanja tehnologije u arheologiji jugoistočne Evrope, Beograd, 28. februar 2020, Zbornik radova, 76-80.

M64 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

1. **Zdravković, A.**, Cvetković, V., Pačevski, A., Rosić, A., Šarić, K., Matović, V., Erić, S. Mehanizam formiranja sulfata na odlagalištima polimetaličnog ležišta Rudnik, 17. Kongres geologa Srbije, Vrnjačka banja, 17-20. maj 2018, Knjiga apstrakta, 52-54.

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 подударана текста износи 4 %. Преклапања од 4 % су нађена са радовима проистеклим из докторске дисертације, литературним наводима, са општим појмовима, типа „докторска дисертација“, „Универзитет“ или скраћеницама, хемијским реакцијама и слично. Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација

Алене Здравковић у потпуности оригинална, као и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње Алене Здравковић, дипломираног инжењера геологије, под називом „Механизам формирања секундарних минерала на одлагалиштима Pb-Zn рудника Рудник и њихов утицај на животну средину“, представља оригинални научни рад из уже научне области Фундаментална и примењена минералогичка, који разматра сложену проблематику распадања примарних сулфида, формирања рецентних секундарних минерала и стање загађености животне средине под њиховим утицајем.

Овом дисертацијом кандидаткиња је значајно допринела познавању механизма формирања рецентних секундарних минерала у зависности од асоцијације примарних сулфида и времена њихове изложености површинским условима. Треба истаћи да резултати ове докторске дисертације имају, не само фундаментални, већ и примењени значај, јер представљају одличну основу за ремедијацију загађеног испитиваног подручја.

Анализирајући докторску дисертацију кандидаткиње Алене Здравковић Комисија је закључила да дисертација представља значајан и оригинални научни допринос у 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.

У Београду, 28. 05. 2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

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

Проф. др Кристина Шарић,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Мира Цоцић,
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору