

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Предрага Дабића

Одлуком број 1/276 од 21. 9. 2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Предрага Дабића, мастер геолога, под насловом

Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља

После прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих материјала и консултација са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Одлуком Наставно-научног већа број 1/135 од 27. 5. 2019. године именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата Предрага Дабића, мастер геолога, за израду докторске дисертације под насловом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља”. Чланови Комисије били су: др Александар Кременовић, редовни професор (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет), др Љиљана Карановић, професор емеритус (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет) и др Јовица Стојановић, научни саветник (Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина).

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 20. 6. 2019. године усвојило позитиван извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата Предрага Дабића, под насловом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља”.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 26. 8. 2019. године, а на основу извештаја број 1/141 од 3. 6. 2019. године који је дала Комисија

именована од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело одлуку којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Предрага Дабића под насловом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља” (бр. 61206-2767/2-19 од 26. 8. 2019. године).

На основу молби кандидата за продужење рока за завршетак студија поднетих 2020. године (за упис на седму годину студија) и 2021. године (за упис на осму годину студија), Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду одобрило је молбу и продужило рок за завршетак студија кандидата Предрага Дабића.

Кандидат Предраг Дабић је 1. 9. 2021. године поднео молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља”. Катедра за кристалографију упутила је допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета са предлогом чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Александар Кременовић, редовни професор (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет), др Љиљана Карановић, професор емеритус (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет) и др Јовица Стојановић, научни саветник (Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина).

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 16. 9. 2021. године именovalo Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Предрага Дабића под претходно наведеним насловом (одлука број 1/276 од 21. 9. 2021. године). Чланови Комисије су потписници овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација са насловом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља” припада области техничких наука. По предмету истраживања дисертација припада научној области „Гео-науке”, односно ужој научној области „Кристалографија”, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет. За ментора ове докторске дисертације именован је др Александар Кременовић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Предраг З. Дабић рођен је 15. 4. 1990. године у Бањалуци, Босна и Херцеговина. Основну и средњу школу завршио је у Српцу (Босна и Херцеговина). 2009. године уписао је основне студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду (студијски програм Геологија, модул Минералологија и кристалографија). Завршио их је 2012. године у предвиђеном року са просечном оценом 9,69 и темом „Фазни састав електрофилтерског пепела из већих термоелектрана у Србији”. Године 2014. завршио је мастер студије на истом

модулу са просечном оценом 10,00. Тема мастер рада „Синтеза и структура два нова цинкоарсената допирана кобалтом и гвожђем” одбрањена је на Катедри за кристалографију. Исте године уписао је програм докторских академских студија на студијском програму Геологија на Рударско-геолошком факултету као студент који се финансира из буџета.

Од 2014. године запослен је у истраживачком звању на Рударско-геолошком факултету на пројекту интегралних интердисциплинарних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом „0-3Д наноструктуре за примену у електроници и обновљивим изворима енергије: синтеза, карактеризација и процесирање”, бр. ИИИ45007, односно на потпројекту „Структурни аспекти нано и других савремених материјала”, који је део горенаведеног пројекта. Од 2015. године у звању је истраживач-сарадник. Учесник је у два међународна билатерална пројекта научно-технолошке сарадње између научноистраживачких институција Србије и Аустрије, као и Србије и Словеније.

Аутор је 8 научних публикација објављених у часописима који се налазе на SCI листи. Добитник је награде Рударско-геолошког факултета за најбољег студента на мастер студијама за школску 2013/14. годину. Члан је Српског кристалографског друштва и Српског геолошког друштва.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Предрага Дабића под насловом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља” написана је на 84 стране формата А4 (фонт: Mugiad Pro 12, проред: single). Садржи 37 илустрација и 34 табеле.

Дисертација је подељена на 5 поглавља: 1. Увод (2 стране); 2. Теоријски део (17 страна); 3. Експериментални део (9 страна); 4. Резултати и дискусија (48 страна); 5. Закључак (2 стране), уз одељке Литература (6 страна) и Прилози (10 страна). Поред тога, дисертација садржи: а) насловну страницу на српском и енглеском језику, б) страницу са информацијама о ментору, члановима комисије за одбрану докторске дисертације и датуму одбране, в) изјаву захвалности, г) страницу са подацима о докторској дисертацији на српском и енглеском језику, д) садржај, ђ) списак табела, е) списак слика, ж) биографију аутора, з) Изјаву о ауторству, и) Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и ј) Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација бави се синтезом монокристала нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља, одређивањем њихових кристалних структура, као и кристалографским и кристалохемијским испитивањима синтетисаних монокристала.

У уводном поглављу се наводе предмет и циљеви истраживања и дају се полазне хипотезе. Укратко су описана савремена интересовања за проучавање синтетичких силиката елемената ретких земаља. Дат је приказ досадашњих сазнања из ове области, као и преглед релевантне литературе. Наведен је значај проучавања ових материјала и могућности њихове примене.

У поглављу *Теоријски део* приказане су основне информације о елементима ретких земаља и њиховим карактеристикама, са посебним нагласком на њихову електронску структуру. Истакнут је значај проучавања силиката са елементима ретких земаља, као и улога методе раста кристала из високотемпературних раствора уз употребу флукса у синтези ових једињења. Објашњена је потреба за увођењем концепта модулисаних структура у кристалографији. Дат је опис свих кориштених метода карактеризације синтетисаних материјала: оптичке микроскопије, рендгенске дифракције на монокристалу, рендгенске дифракције на поликристалном материјалу и скенирајуће електронске микроскопије са енергетско-дисперзивном спектроскопијом.

У поглављу *Експериментални део* описани су услови и материјали кориштени при синтези монокристала. Описани су услови под којим су кориштене методе анализе добијених материјала, а приказана је и кориштена инструментација. Поред тога, детаљно је описана и метода одређивања валенци веза.

У поглављу *Резултати и дискусија* представљени су резултати синтеза урађених у току израде дисертације. Синтетисано је 8 нових једињења цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља и одређене су њихове кристалне структуре. Приказани су резултати примењених метода и њихова анализа. Кристална структура $Cs_2EtSi_6O_{14}F$ представља нови структурни тип, док је структура $Cs_3ScSi_6O_{15}$ решена први пут као модулисана структура. Осталих шест кристалних структура су структуре са новим хемијским саставом или структуре које кристалишу у просторним групама различитим у односу на оне познате у литератури. Детаљно су дати резултати рендгенске структурне анализе и њихово поређење са литературним подацима. Структуре нових једињења су систематично описане и графички представљене. Добијени резултати су дискутовани и корелисани.

У поглављу *Закључак* сумирани су најзначајнији резултати докторске дисертације. Наведени резултати дали су добру основу и подстрек за даљи рад и истраживање на овој проблематици.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживање у оквиру ове докторске дисертације било је мотивисано динамичним развојем науке о материјалима. Синтетички силикати у чију се структуру могу инкорпорирати елементи ретких земаља, су због широког опсега примене веома актуелни. На то указује и растући број публикација везаних за синтезу нових материјала, испитивање својстава и потенцијалну примену ових материјала, као и за коришћење и усавршавање разних метода њихове синтезе.

Разматрана докторска дисертација представља оригиналан научноистраживачки рад из области кристалографије. Током рада на дисертацији синтетисано је 8 нових једињења и одређене су њихове кристалне структуре. Савременост и оригиналност истраживања приказаног у овој докторској дисертацији потврђени су и публикавањем 5 радова у међународним часописима и саопштењима на 1 међународном скупу и на 2 домаћа скупа.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације цитирано је 77 научних публикација, које су објављене углавном у часописима међународног значаја. Преглед литературних података омогућио је да се прикаже стање у испитиваној научној области, као и да се сагледа актуелност проблематике дисертације. Кандидат је прегледао обимну литературу која је везана за тему докторске дисертације. Из пописа литературе која је коришћена у истраживању, као и објављених радова кандидата, може се уочити да кандидат на адекватном нивоу познаје област истраживања, као и актуелно стање истраживања у овој области.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Резултати у овој докторској дисертацији добијени су применом одговарајућих експерименталних техника и савремених кристалографских и других аналитичких метода, а адекватном анализом и обрадом података, као и њиховом презентацијом дато је и објашњење резултата.

Монокристали су синтетисани методом раста кристала из високотемпературних раствора уз употребу растопљеног растварача - флукса. Квалитет монокристала провераван је помоћу стереомикроскопа, док је поларизациони микроскоп кориштен за посматрање оптичких својстава. Рендгенска дифракциона анализа на монокристалу пружила је детаљне информације о кристалној структури. Кристалне структуре су одређене и утачњене стандардним кристалографским методама применом савремених софтверских пакета. Рендгенска дифракција на поликристалном материјалу служила је за проверу фазног састава накнадно спрашених синтетисаних монокристала. Скенирајућа електронска микроскопија (СЕМ) допуњена са енергетско-дисперзивном спектроскопијом (ЕДС) кориштена је за одређивање морфолошких карактеристика и за семиквантитативно одређивање хемијског састава монокристала.

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати кандидата Предрага Дабића везани за ову докторску дисертацију су актуелни и занимљиви пре свега са научног становишта, али и са становишта потенцијалне примене. Дефинисање структурних карактеристика синтетисаног кристалног материјала треба да омогући успостављање корелације између синтезе, структуре и карактеристика ових материјала. Карактеризација једињења са различитим катјонима елемената ретких земаља

може да помогне у разумевању сложених механизма формирања кристала, промене њихових структура и својстава. Њихова потенцијална примена заснива се на структурним, физичко-хемијским и морфолошким карактеристикама које директно зависе од кристалне структуре.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Предраг Дабић је током израде докторске дисертације показао самосталност, стручност и систематичност приликом сагледавања проблема истраживања. Припремом и реализацијом експеримената, применом различитих аналитичких метода, обрадом резултата, критичком анализом добијених података и њиховом презентацијом путем објављених радова и саопштења показао је да влада знањима везаним за област истраживања и да је савладао методе научног рада. Такође, кандидат је успешно савладао 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 његову реализацију.

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

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације огледа се у следећем:

- Током рада на дисертацији синтетисано је 8 нових једињења цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља и одређене су њихове кристалне структуре. Кристална структура $Cs_2ErSi_6O_{14}F$ представља нови структурни тип, док је структура $Cs_3ScSi_6O_{15}$ решена први пут као модулисана структура. Осталих шест кристалних структура припадају познатим типовима структура, али њихова специфичност је та што су то структуре једињења новог хемијског састава или структуре које кристалишу у просторним групама различитим у односу на оне познате у литератури.
- Модификовањем услова синтезе методом раста кристала из високотемпературних раствора уз употребу флукса добијени су монокристали нових кристалних структура цезијумских и калијумских силиката елемената ретких земаља. Синтетисани монокристали су високог квалитета и чистоће. Синтеза методом раста кристала из високотемпературних раствора уз употребу цезијум-флуорида и калијум-флуорида као флукса показала се као веома ефикасна и релативно једноставна метода за добијање квалитетних монокристала ових једињења.

- Карактеризација синтетисаних кристала је показала да њихове структурне, физичко-хемијске и морфолошке карактеристике директно зависе од кристалне структуре једињења, а важне су због њихове потенцијалне примене. Такође, карактеризација једињења може да помогне и у разумевању сложених механизма формирања кристала, промене њихових структура и карактеристика.

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 у 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.

Велики део резултата је већ публикован у међународним часописима са SCI листе или саопштен на међународним и домаћим научним скуповима. Стога се може закључити да је остварен значајан научни допринос у области истраживања везаних за синтезу и структуру цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља и да су унапређена постојећа знања из ове области.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос и резултати истраживања добијени током израде ове докторске дисертације верификовани су у 5 радова који су објављени у међународним часописима са докторандом као првопотписаним аутором или коаутором. Докторанд је резултате добијене у овој докторској дисертацији представио и на једној међународној и две домаће конференције.

Радови кандидата који су директно везани за докторску дисертацију су следећи:

M21a – Рад објављен у међународном часопису изузетних вредности

1. **Dabić, P.**, Nikolić M.G., Kovač, S. & Kremenović, A. (2019). Polymorphism and photoluminescence properties of $K_3ErSi_2O_7$, *Acta Crystallogr.* **C75**, 1417–1423.
doi: 10.1107/S2053229619011926

M21 – Рад објављен у врхунском међународном часопису

2. Hejny, C., Kahlenberg, V., Schmidmair, D. & **Dabić, P.** (2016). (3+1)-Incommensurately modulated crystal structure of $Cs_3ScSi_6O_{15}$, *Acta Crystallogr.* **B72**, 109–116.
doi: 10.1107/S2052520615022076

M22 – Радови објављени у истакнутом међународном часопису

3. **Dabić, P.**, Kahlenberg, V., Schmidmair, D., Kremenović, A. & Vulić, P. (2016). Single-crystal X-ray diffraction study of Cs₂Er[Si₆O₁₄]F and Cs₂Er[Si₄O₁₀]F, *Z. Krist.-Cryst. Mater.* **231**, 195–207.
doi: 10.1515/zkri-2015-1907
4. **Dabić, P.**, Kahlenberg, V., Krüger, B., Rodić, M., Kovač, S., Blanuša, J., Jagličić, Z., Karanović, Lj., Petriček, V. & Kremenović, A. (2021). Low-temperature phase transition and magnetic properties of K₃YbSi₂O₇, *Acta Crystallogr.* **B77**, 584–593.
doi: 10.1107/S2052520621006077

M23 – Рад објављен у међународном часопису

5. Kovač, S., **Dabić, P.** & Kremenović, A. (2021). Crystal structure of K₃EuSi₂O₇, *J. Serb. Chem. Soc.* **86**, 663–672.
doi: 10.2298/JSC210218026K

M34 – Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

6. Hejny, C., Kahlenberg, V. & **Dabić, P.**, *(3+1) dimensional modulated crystal structure of Cs₃ScSi₆O₁₅*, *Materials Structure*, vol. 22., no. 4 (2015). Abstracts from Aperiodic 2015, International Conference.

M64 – Саопштења са скупа националног значаја штампано у изводу

7. **Dabić, P.**, Kovač, S., Nikolić, M.G. & Kremenović, A., *Photoluminescence, structure and polymorphism of K₃ErSi₂O₇*, XXV конференција Српског кристалографског друштва, Бајина Башта, 2018. (Изводи радова, стр. 98–99).
8. **Dabić, P.**, Kahlenberg, V., Kovač, S., Blanuša, J., Karanović, Lj. & Kremenović, A., *Crystal structure of β-K₃YbSi₂O₇ at 298 and 100 K*, XXV конференција Српског кристалографског друштва, Бајина Башта, 2018. (Изводи радова, стр. 100–101).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Предрага Дабића, мастера геолога, под називом „Синтеза и структурна карактеризација нових цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља” представља оригиналан научни рад из уже научне области Кристалографија. Овом дисертацијом кандидат је значајно допринео познавању синтезе и структуре цезијумских и калијумских силиката са елементима ретких земаља и унапредио је постојећа знања из ове области. Током израде ове докторске дисертације докторанд је публиковао 5 радова који су објављени у врхунским међународним часописима (по један рад у часописима категорије M21a, M21, M23 и два рада у M22) и три саопштења, на једној међународној и две конференције националног значаја. Резултати ове докторске дисертације актуелни су и занимљиви пре свега са научног становишта, али и са становишта потенцијалне примене.

Анализирајући докторску дисертацију кандидата Предрага Дабића, Комисија је закључила да дисертација представља значајан и оригинални научни допринос у области кристалографије, науке о материјалима и минералологије, да је у свему израђена у складу са стандардима научноистраживачког рада и важећим прописима, те стога предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да овај извештај прихвати, докторску 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 докторске дисертацију пред комисијом у истом саставу.

У Београду, 3. 11. 2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

проф. др Александар Кременовић,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

проф. емеритус др Љиљана Карановић,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

др Јовица Стојановић,
Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина, Београд