

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 Миљана (Михаило) Мирковић, дипл. инж. геологије
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Геологија

пријавио је докторску дисертацију под називом: _____

„СИНТЕЗА, КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА МОНЕТИТСКИХ И Sr-ФОСФАТНИХ МАТЕРИЈАЛА“

из научне области: Гео-науке

Универзитет је дана 16.05.2016. године својим актом под бр. 61206-2136/2-16 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила: _____

„СИНТЕЗА, КАРАКТЕРИЗАЦИЈА И ПРИМЕНА МОНЕТИТСКИХ И Sr-ФОСФАТНИХ МАТЕРИЈАЛА“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 23.03.2017. године

одлуком факултета под бр. 1/46, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	<u>др Александра Росић, ванр. проф.</u>		Кристалографија	Рударско-геолошки факултет у Београду
2.	<u>др Сузана Ерић, ванр. проф.</u>		Фундаментална и примењена минералогија	Рударско-геолошки факултет у Београду
3.	<u>др Предраг Вулић, доц.</u>		Фундаментална и примењена минералогија	Рударско-геолошки факултет у Београду
4.	<u>др Марија Прекајски Ђорђевић, научни сарадник</u>		Кристалографија	Институт за нуклеарне науке „Винча“
5.				

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 18.05.2017. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Полочич

- 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 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 57. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 18.05.2017. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Миљане Мирковић, дипл. инж. геологије**, под насловом *„Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 16.05.2016. 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:
 - Mirković, M.; Lazarević-Pašti, T.; Došen, A.; Čebela, M.; Rosić, A.; Matović, B.; Babić, B.: „Adsorption of malathion on mesoporous monetite obtained by mechanochemical treatment of brushite“, *RSC. Adv* 6 (2016) 12219-12225 (IF=3,485) (ISSN: 2046-2069).
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Александра Росић, ванр. проф.; др Сузана Ерић, ванр. проф.; др Предраг Вулић, доц.; др Марија Прекајски Ђорђевић, научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“.
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
- Именованој
- Одељењу за студентска и наставна питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Миљане Мирковић, дипл. инж. геологије.**

Одлуком бр. 1/46, од 29. 03. 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Миљане Мирковић, дипл. инж. геологије под насловом:

„Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала“

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

- Миљана Мирковић, дипл. инж. геологије, школске 2010/11. године уписала је докторске студије на Рударско-геолошком факултету. На докторским студијама положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,71.

- На основу решења број 5/27, издатог датума 08. 08. 2012. године, на основу чл. 48. Статута Института за нуклеарне науке „Винча“ Мирковић Миљана одсуствовала је због породичног одсуства и неге детета (за прву трудноћу) у периоду од 01. 04. 2012. до 31. 03. 2013. године. На основу овог решења ретроактивно је умировљена школска 2011/12 (друга) година докторских студија.

- Дана 02. 02. 2016. године Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета поднет је захтев бр. 1/29 за одобрење теме докторске дисертације.

- Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета бр. 1/67 од 03. 03. 2016. године, именована је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације.

- На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета од 21. 04. 2016. године и одлуком бр. 1/174 од 25. 04. 2016. године прихваћен је Извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације „Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала“. За ментора ове докторске дисертације именована је др Александра Росић, ван. проф. Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета.

- На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дана 16. 05. 2016. године, одлуком бр. 61206-2136/2-16 дата је сагласност на предлог теме докторске

дисертације кандидату Миљани Мирковић, дипл. инж. геологије, под насловом „Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала”.

- Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета на седници одржаној 23. 03. 2017. године одлуком, бр. 1/46, од 29. 03. 2017. године, именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.

1.2. Научна област дисертације

По предмету истраживања, дисертација припада научној области Гео-науке, ужој научној области „Кристалографија”, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет. За ментора ове докторске дисертације именована је др Александра Росић, ванредни професор Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета, која према важећим критеријумима испуњава све услове за ментора. У последњих пет година објавила је седам радова из категорије M20, а поседује и искуство у менторству завршних радова на основним и мастер академским студијама.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Миљана Мирковић рођена је у Београду 19. 12. 1986. године. Основну и средњу школу завршила је у Београду. Рударско-геолошки факултет уписала је 2005. године. Дипломирала је 29. 11. 2010. године на Геолошком одсеку Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета (Смер за минералогiju и кристалографију) са темом „Фазне и морфолошке карактеристике уринарног камења“, под менторством др Александре Росић, доцента на Катедри за кристалографију.

Прву годину докторских студија на Универзитету у Београду - Рударско-геолошком факултету уписала је школске 2010/11. године. Током докторских студија положила је све испите предвиђене Планом и програмом докторских студија

Од 01. 02. 2011. године запослена је у Лабораторији за материјале Института за нуклеарне науке „Винча“ где је ангажована на пројекту Министарства Просвете Науке и Технолошког Развоја МПНТР-а бр. ИИИ 45012, под руководством др Бранка Матовића, научног саветника. Звање истраживач – сарадник је стекла 2011. године.

Члан је Српског керамичког друштва и Српског кристалографског друштва.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата **Миљане Мирковић**, дипл. инж. геологије, под насловом: **„Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала“** написана је на 114 страна. Састоји се од резимеа на српском и енглеском језику и седам поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати испитивања, Дискусија резултата и Закључак. Седмо поглавље је Литература. Дата је и биографије кандидата, списка објављених научних радова и саопштења, која су резултат рада на докторској дисертацији, затим изјаве о ауторству, о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и о коришћењу.

Текст дисертације је илустрован са 32 слике и дијаграма, и садржи 12 табела и 18 једначина. У попису коришћене литературе је 158 навода.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Садржаји појединих поглавља су следећи:

- **У уводном делу** (поглавље 1.) наводе се предмет и циљ истраживања као и полазне хипотезе. Докторска дисертација обухвата истраживања на два типа једињења из групе фосфата а то су: минерал монетит и стронцијум фосфат. Дат је кратак приказ основних минералošких, хемијски и структурни особина о минералима из групе фосфата. Наведене су и њихове могућности примене. Механохемијски процес синтезе монетита фазном трансформацијом примарно синтетисаног брушита представљен је као економски исплативији, перспективан и нов упоређивањем са досада примењеним методама синтезе монетита. Метода нано-емулзије по први пут је коришћена за добијање стронцијског фосфата. Ова метода има предности у односу на досада коришћене у смислу да током синтезе материјала није потребно додавање сурфаканта, брза је и могуће је добити наносфере тачно одређених димензија.

- **У Теоријском делу** (поглавље 2.) описана су кристалохемијска својства фосфатних једињења (потпоглавље 2.1.). Описани су и приказани структурни типови калцијум фосфатних једињења као и могућности јонских субституција у структурама апатита. Дат је и кратак опис структуре органског пестицида-малатиона (потпоглавље 2.2.). У оквиру овог поглавља дат је и детаљан преглед литературних података о досадашњим поступцима синтезе материјала из ове групе, као и приказ коришћених метода синтезе за добијање брушита, монетита и стронцијског фосфата (потпоглавље 2.3.). Приказ и кратак опис примењених метода за прикупљање експерименталних података коришћених у сврху детаљне карактеризације синтетисаних материјала дат је у потпоглављу 2.4.

- **У Експерименталном делу** (поглавље 3.) представљене су коришћене експерименталне методе синтезе и анализе добијених материјала. Описани су поступци синтезе почетног брушитног материјала коришћењем методе преципитације, синтезе монетита коришћењем механохемијске методе и синтезе стронцијског фосфата коришћењем методе нано-емулзије односно „Оузо“ методе (потпоглавље 3.1.) Експериментални услови прикупљања дифракционих података и процедура утачњавања рендгенског дифрактограма праха Ритвелдовом методом, експериментални услови Раман спектроскопских испитивања, услови испитивања у инфра црвеном делу спектра и одређивање специфичне површине и порозности материјала као и експериментални услови коришћени за одређивање микроструктурних карактеристика и услови термогравиметријске анализе приказани су у потпоглављу 3.2. У овом потпоглављу приказани су и експериментални услови коришћени за одређивање адсорпционих особина мезопорозног монетита као и физиолошки ефекти након адсорпције.

- **Резултати испитивања** (поглавље 4.) односи се на добијене резултате свих експеримената. Значајан део посвећен је приказу резултата испитивања брушита и монетита (потпоглавље 4.1.). Дати су резултати рендгенске дифракционе анализе као и Раман спектроскопије почетног брушитног материјала, а затим резултати испитивања поликристалног брушитног материјала и механохемијски синтетисаних монетита. Дат је и приказ утачњених параметара јединичне ћелије као и микроструктурни параметри одабраних узорака. Одабрани узорци испитани су у инфрацрвеном делу спектра и дат је приказ добијених резултата, а затим следи приказ резултата микроструктурних карактеристика и енергетско диспрезивне анализе, резултати одређивања специфичне површине као и расподеле величине пора монетита. На крају су дати резултати адсорпције и (неуро)токсичности малатиона пре и после адсорпције коришћењем мезопорозног монетита као адсорбента.

У потпоглављу 4.2. дати су резултати различитих метода испитивања карбонатно стронцијског хидроксиапатита: методе рендгенске дифракције на поликристалном узорку, испитивања у инфра црвеном делу спектра и резултати термогравиметријске анализе. Значајан део посвећен је резултатима утачњавања параметара јединичне ћелије и

микроструктурних параметара. На крају потпоглавља приказане су и морфолошке карактеристике испитиваног материјала.

- **Дискусија резултата** (поглавље 5.) обухвата два потпоглавља. У потпоглављу 5.1. дискутовани су и корелисани резултати добијени анализом брушитног и монетитског материјала. Наводи се односе на објашњење механизма фазне трансформације брушит-монетит која се догађа у току процеса млевења у одабраним временским интервалима. Дискутоване су стурктурне, морфолошке, хемијске, кристалографске, површинске и адсорпционе карактеристике добијеног монетитског материјала и посебно упоређене са до сада објављеним литературним подацима. Експериментални резултати у доброј су сагласности подацима из литературе.

Потпоглавље 5.2. обухвата анализу експериментално добијених резултата за синтетисани карбонатно-стронцијско хидроксипатитски материјал. Детаљно су корелисани сви резултати, који се у првом реду односе на кристалографске, структурне, морфолошке и хемијске особине. Највећи осврт дат је на добијене резултата Ритвелдовог утачњавања структуре синтетисаног стронцијског материјала. Показало се да су добијени подаци у доброј сагласности са литературним подацима, што је оправдало очекивања везано за методу примењену током синтезе.

- **Закључак** (поглавље 6.) даје кратак, обједињен, али свеобухватан приказ свих коришћених метода испитивања обе врсте фосфатних материјала и добијених резултата. Резултати су коментарисани кроз врло критички изражену дискусију о синтези, карактеризацији и примени монетитских и Sr-фосфатних материјала и упућују на следеће:

За монетитски материјал:

а) коришћењем таложне хемијске методе (преципитација) из ацетатних раствора синтетисан је монофазан брушитни материјал,

б) на основу резултата рендгенске дифракционе анализе и Раман спектроскопије закључено је да је добијени брушитни материјал добре структурне уређености, а параметри јединичне ћелије, микроструктурни параметри и морфолошке карактеристике у дообром су слагању са литературним подацима,

в) морфолошка анализа показала је да је синтетисани брушитни материјал има јасно дефинисане моноклиничне форме зрна између 10 μm и 70 μm што је у складу са начином синтезе материјала,

г) детаљно испитан синтетисан брушитни материјал успешно је искоришћен као полазни материјал за синтезу монетита млевењем у вибрационом млину у интервалима од 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 и 15,5 минута уз праћење фазне трансформације брушит-монетит,

д) на основу резултата добијених коришћењем претходно поменутих метода уочено је да након 5,0 минута млевења у вибрационом млину долази до фазне трансформације из брушита у монетит док дужим временом млевења долази до аморфизације монетита при чему не долази до појаве секундарних фаза,

ђ) резултати рендгенске дифракционе анализе показали су да структурни параметри монетита добијени механохемијском методом $a = 6,903(4)$, $b = 6,624(4)$, $c = 6,997(4)$ Å; $\alpha = 96,24$ (3), $\beta = 103,88(3)$ и $\gamma = 88,43(3)$ °, $V = 308,81$ (3) Å³ у потпуној су сагласности са литературним подацима,

е) резултати Фуријеове трансформације у инфра црвеном делу спектра потврдили су три типа вибрација карактеристичних за монетитски материјал,

ж) резултати скенирајуће електронске микроскопије потврђују да је након 5,0 минута млевења дошло до формирања неправилних агрегата од међусобно слепљених монетитских зрна субмикронских величина између 1 μm и 5 μm , док је материјал након 12,5 минута готово аморфизован,

з) резултати ЕДС анализе показали су да је однос калцијума и фосфора у испитиваним узорцима једнак 1,

и) након 5,0 миута млевења долази до формирања монетита са добро развијеном специфичном површином ($37 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) која у потпуности има мезопорозан карактер са бимодалном расподелом пора у опсегу од 2,0 до 12,0 nm чиме је потврђено да је механохемијска синтеза монетита добијеног сувим поступком млевења брушита у вибрационом млину у трајању од 5,0 минута веома успешна метода за добијање мезопорозног монетитског материјала бржим, једноставнијим и економски исплативијим поступком синтезе од до сада познатих,

ј) на основу адсорпционих карактеристика мезопорозног монетита закључено је да се он може успешно користити за адсорпцију малатиона из воденог раствора са ефикасношћу већом од 60 % где поред физичког механизма адсорпције долази до хемијског везивања карбоксилних и сулфатних група из малатиона за атом Са у структури монетита; такође, након адсорпције долази и до смањења неуротоксичности малатиона за 20 % што представља обећавајући резултат за коришћење овог материјала за отклањање пестицида из отпадних вода.

За Sr - фосфатни материјал:

а) коришћењем методе нано-емулзије успешно је синтетисан стронцијско фосфатни материјал,

б) након 5,0 минута мешања долази до формирања монофазног стронцијско фосфатног материјала добре структурне уређености, при чему је закључено да дужина мешања не утиче на формирање овог материјала док варирања рН вредности имају снажан утицај,

в) из резултата инфра црвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом закључено је да се ради о А-типу хидроксиапатитске структуре,

г) методом термогравиметријске анализе одређено је процентуално учешће карбонатног анијона у структури, што је искоришћено за утачњавање и добијање емпиријске формуле једињења,

д) утачњавањем структуре Ритвелдовом методом добијени су параметри јединичне ћелије: $a = 9,7952(3) \text{ \AA}$, $c = 7,2928(3) \text{ \AA}$, $V = 606,17 \text{ \AA}^3$, а на основу експериментално добијених садржаја за јона OH^- и CO_3^{2-} добијена је емпиријска формула једињења: $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{0.60}(\text{CO}_3)_{0.70}$; утачњене вредности задовољавају хемијски смисао једињења,

ђ) микроструктурна анализа показала је да су просечне величине кристалита 105,6 nm,

е) метода нано-емулзије са „Оузо“ ефектом показала се врло успешном за добијање жељених морфолошких особина материјала, а то су сферне честице нановеличинае $\sim 100 \text{ nm}$.

- **Литература** (поглавље 7.) обухвата списак коришћене литературе који се састоји од 165 библиографских јединица.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала” кандидата Миљане Мирковић, дипл. инж. геологије, даје савремен и оригиналан приступ синтези, карактеризацији и могућностима примене монетитских и Sr-фосфатних материјала. Истраживање у току израде дисертације мотивисано је динамичним развојем науке о материјалима, а посебно наноматеријалима у протеклој деценији, што сведочи о њеној актуелности. Успешно су примењене нове методе синтезе одабраних материјала из групе фосфата. За карактеризацију синтетисаних материјала коришћене су савремене кристалографске, спектроскопске и физичко-хемијске методе испитивања добијених материјала како на микронском тако и на нано нивоу.

Оригиналан допринос ове докторске дисертације огледа се у прецизно дефинисаном фазном прелазу брушита у монетит механохемијским третманом коришћењем сувог поступка млевења у вибрационом млину, као и оптимизација дужине млевења од 5,0 минута што уједно представља бржи, ефикаснији и економски исплативији начин синтезе у односу на до сада коришћене. Такође, мезопорозни монетитски материјал добијен на овај начин показао се као изузетно добар материјал за адсорпцију малатиона из воденог раствора што представља нов приступ примени, јер до сада материјал овог типа није коришћен као адсорбент. С друге стране, метода нано-емулзије са „Оузо“ ефектом по први пут је коришћена за синтезу наносферичног Sr-фосфатног материјала. Детаљан структурни опис синтетисаног једињења емпиријске формуле $\text{Sr}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_{0.60}(\text{CO}_3)_{0.70}$, и наносферичне морфологије представља јединствен научни допринос у области синтезе, карактеризације и потенцијалне могућности коришћења наноматеријала из групе фосфата.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде дисертације детаљно је прегледана литература што је резултирало списком од 165 наведених научних публикација. Коришћена референтна литература највећим делом је савремена, објављена у реномираним међународним часописима од стране уважених аутора из неких од водећих светских институција. Преглед литературе студиозно је реализован и на основу њега могуће је сагледати актуелно стање у областима које су биле предмет дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Примењене научне методе су савремене и адекватне постављеном проблему. Методе примењене за синтезе су нове и ефикасне. Рендгенске методе за прикупљање дифракционих података уз њихову обраду Ритвелдовом анализом и у комбинацији са другим спектроскопским методама дале су јасну слику како фазног састава тако и структурних карактеристика добијених материјала. Комбинацијом дифракционих података о добијеним ширинама дифракционих линија и резултата применом методе електронске микроскопије омогућено је дефинисање димензија честица на микрометарском и нанометарском нивоу.

3.4. Применљивост остварених резултата

Корист од остварених резултата из ове докторске дисертације има посебно наглашен значај. Применљивост је јасна и недвосмислена. Оптимизација процеса синтезе монетита, који је детаљно приказан у тези, представља значајан допринос научној заједници која се бави синтезом материјала из групе калцијум-фосфата. Детаљна анализа фазне трансформације брушита у монетит уз оптималне услове током механохемијског третмана представља сасвим нов начин синтезе и доприноси бољем познавању могућности добијања мезопорозног монетита и његове применљивости као адсорбента за отклањање органских пестицида из отпадних вода. Нов начин и оптимизација процеса синтезе наносферичног стронцијског фосфата коришћењем методе нано-емулзије са „Оузо“ ефектом, као и детаљан кристалографски опис структуре као и евентуалне могућности примене овог материјала такође представљају јединствен допринос у области наноматеријала.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Миљана Мирковић током израде дисертације у потпуности је овладала методологијом научно-истраживачког рада. Кроз истраживачку активност показала је да је у потпуности способна за самостално извођење експеримената и примену одговарајућих метода

испитивања. Та способност за самостални научни рад резултирала је успешном реализацијом планираних истраживања и интерпретацијом добијених резултата од почетне идеје до завршетка докторске дисертације, а што је потврђено и објављивањем низа научних радова у високо вреднованим часописима и учешћем на научним конференцијама.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Имајући у виду да се докторска дисертација односи на научну област која се у свету у последњој деценији развија великом брзином, очекује се да ће предложена дисертација бити позитиван мотив за даља истраживања у овој области и у нашој земљи. Остварени научни доприноси су релевантни за даља научна истраживања синтезе, карактеризације и примене монетитских и Sr-фосфатних материјала.

Специфични остварени научни доприноси у оквиру докторске дисертације су:

- механохемијски третман синтетисаног брушита коришћењем процеса сувог млевења у вибрационом млину у трајању од 5,0 минута показао се као веома добар поступак синтезе мезопорозног монетитског материјала,
- детаљно испитана фазна трансформација и дефинисани параметри јединичних ћелија одабраних узорака указују на добар квалитет добијеног материјала и добру сагласности са литературним подацима,
- морфолошке карактеристике почетног брушитног материјала и млевени монетитских материјала су микронских до субмикронских димензија чиме је потврђена оправданост коришћене методе синтезе,
- структурне, морфолошке и физичко-хемијске мезопорозног монетитског материјала добијеног након 5,0 минута млевења брушита у вибрационом млину показале су да се овај материјал може успешно користити као адсорбент за потребе пречишћавања отпадних вода од органског пестицида малатиона,
- метода нано-емулзије са „Оузо“ ефектом показала се као изузетно погодна, брза и економски исплатива метода за добијање стронцијум фосфатних материјала нанометарских димензија,
- примена Ритвелдове структурне анализе заједно са спектралном и термогравиметријом анализом показале су се врло успешном за добијање тачне емпиријске формуле синтетисаног једињења, као и за тачно одређивање структурних и микроструктурних параметара,
- морфолошка анализа испитиваног материјала дефинисала је добијен наносферични материјал са димензијама сфера величине приближно 100 nm.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне литературе, сагледавања стања научних истраживања из области ове докторске дисертације и постављених циљева истраживања, може се констатовати да су изградом докторске дисертације остварени резултати завидног нивоа и квалитета. Имајући у виду сличну природу материјала, али и различиту комплексност предмета истраживања, кандидат је приступио разноврсној примени више различитих савремених кристалографских, спектроскопских и других метода, које се тренутно највише користе при изучавању истих или сличних материјала. Поређењем остварених резултата истраживања са раније публикованим резултатима, може се закључити да добијени резултати указују на значајан помак и напредовање у овој области. У циљу даљег освајања нових материјала и унапређивања различитих, али свеобухватно оправданих метода за

њихово добијање, пожељна су даља истраживања, која превазилазе предмет и циљ ове докторске дисертације. То се посебно односи на проучавање могућности примене ових материјала у широј области заштите животне средине, посебно за адсорпцију неких других органских пестицида или нпр. метала из отпадних вода.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати истраживања који су саставни део ове докторске дисертације објављени су у високо вреднованим часописима са SCI листе и саопштени на скуповима националног значаја. Научни допринос дисертације верификован је следећим публикацијама:

Категорија M21

(Рад објављен у врхунском међународном часопису)

1. **Mirković, M.**; Lazarević-Pašti, T.; Došen, A.; Čebela, M.; Rosić, A.; Matović, B.; Babić, B.: „Adsorption of malathion on mesoporous monetite obtained by mechanochemical treatment of brushite“, *RSC. Adv* 6 (2016) 12219-12225 (**IF=3,485**) (ISSN: 2046-2069).

Категорија M21a

(Рад објављен у међународном часопису изузетне вредности)

1. Prekajski, M.; **Mirković, M.**; Todorović, B.; Matković, A.; Marinović-Cincović, M.; Luković, J.; Matović, B.: „Ouzzo effect-New simple nanoemulsion method for synthesis of strontium hydroxyapatite nanospheres“, *J. Eur. Ceram. Soc.* 36 (2016) 1293-1298 (**IF=3,010**) (ISSN: 0955-2219).

Категорија M32

(Саопштења са скупова националног значаја са међународним учествовањем штампана у изводу)

1. **Miljević, M.**; Došen, A.; Rosić, A.: „Synthesis and modification of nanomaterials: Changes in characteristics of brushite depending on the particle size“, XVIII Conference of the Serbian crystallographic society, 02. – 04. June 2011, Andrevlje, Fruška gora, Serbia, Book of Abstracts, 52-53.
2. **Mirković, M.**; Došen, A.: „Structural modifications of bio-calcium phosphates“, Conference for Young Scientists in Ceramics, 10th Students Meeting and 3rd ESR COST MP0904 Workshop, November 6-9, 2013, Novi Sad, Serbia, Book of Abstracts, 82.
3. **Mirković, M.**; Došen, A.; Babić, B.; Čebela, M.; Omerašević, M.; Matović, B.; Rosić, A.: „Synthesis of Monetite (CaHPO₄) by mechanochemical treatment of Brushite (CaHPO₄·2H₂O)“, Second regional roundtable: Refractory, process industry and nanotechnology ROSOV PIN 2014, October 23-24, 2014. Andrevlje, Fruška Gora, Serbia, Book of Abstracts, 131.
4. **Mirković, M.**; Došen, A.; Rosić, A.; Matović, B.: „Mechanical properties of microwave sintered hydroxylapatite (HAp)“, 3rd Conference of The Serbian Society For Ceramic Materials, June 15-17, 2015. Belgrade, Serbia, Book of Abstracts, 88.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације под насловом „Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала” кандидата Миљане Мирковић, дипл. инж. геологије, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације закључује да дисертација представља оригинално научно дело. Комисија констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научноистраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Правилником и Статутом Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета.

Докторска дисертација представља савремен и оригиналан приступ синтези, карактеризацији и примени монетитских и Sr-фосфатних материјала, те се на основу приказаних резултата и закључака може констатовати да је у складу са предметом и постављеним циљевима истраживања, кандидат Миљана Мирковић, дипл. инж. геологије, успешно завршила докторску дисертацију. Научни допринос докторске дисертације потврђен је публикавањем резултата у радовима објављеним у часопису изузетних вредности (M21a) и у врхунском међународном часопису (M21).

Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Рударско-геолошког факултета да докторску дисертацију кандидата **Миљане Мирковић**, дипл. инж. геологије, под називом „**Синтеза, карактеризација и примена монетитских и Sr-фосфатних материјала**”, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Александра Росић,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

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

.....
Доцент др Предраг Вулић,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

.....
Др Марија Прекајски Ђорђевић, научни сарадник,
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“