

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Весне (Тодор)Цонић

КАНДИДАТ: **Весна (Тодор) Цонић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

БИОТЕХНОЛОГИЈА ЗА ТРЕТМАН КОМПЛЕКСНИХ СУЛФИДНИХ КОНЦЕНТРАТА

Из научне области: **Металуршко инжењерство**

Универзитет је дана **15.09.2014.** године својим актом под бројем **61206-3546/2-14** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **БИОТЕХНОЛОГИЈА ЗА ТРЕТМАН КОМПЛЕКСНИХ СУЛФИДНИХ КОНЦЕНТРАТА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Весне (Тодор)Цонић

образована је на седници одржаној **11.12.2014.** године, одлуком факултета под бр.**VI/4-21-8.2.**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Мирјана Рајчић Вујасиновић, ред. професор, металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Владимир Бешкоски, доцент, биохемија, Хемијски факултет у Београду, члан
3. Др Весна Грекуловић, доцент, металуршко инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
4. Др Властимир Трујић, научни саветник, металуршко инжењерство, Институт за рударство и металургију Бор, члан
5. Др Бисерка Трумић, виши научни сарадник, материјали и хемијске технологије, Институт за рударство и металургију у Бору, ментор

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **19.02.2015.** године, под бројем: **VI/4-22-9.3.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-22-9.3.
Бор, 20. 02. 2015. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 19. 02. 2015. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Весне Цонић**, дипл. инж. металург. под називом: „**Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 15. 09. 2014. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у међународном часопису, M21

1. Vesna T. Conić, Mirjana M. Rajčić Vujasinović, Vlastimir K. Trujić, Vladimir B. Cvetkovski, Copper, zinc, and iron bioleaching from a polymetallic sulphide concentrate, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 24, no. 11, pp. 3688-3695, 2014 (IF 1,001) (ISSN: 1003-6326).

Рад у међународном часопису, M22

1. M.Vuković, V.Cvetkovski, V.Conić, Mechanisms of microbiologically induced corrosion of metals in environments containing sulfate-reducing bacteria, *Corrosion Reviews*, vol. 27 no. (1-2) pp.1-22, 2009 (IF 0,860) (ISSN: 0334-6005).

Рад у међународном часопису, M23

1. Vesna T. Conić, Branka D. Pešovski, Vladimir B. Cvetkovski, Zdenka S. Stanojević Šimšić, Suzana S. Dragulović, Danijela B. Simonović, Silvana B. Dimitrijević, "Određivanje optimalnih uslova luženja olovo-sulfata rastvorom natrijum-hlorida", *Hemijska industrija*, vol. 67, no. 3, 2013, pp. 485–494 (IF 0,562) (ISSN: 0367-598X).
2. Bisenija Petrović, Ljubica Radović, Vlastimir Trujić, Vojka Gardić, Vesna Conić, Some aspects of characterization the hot-dip galvanized metallic coating, *Metalurgia international*, vol. XVII no.5, pp. 30-37, 2012 (IF 0,134) (ISSN: 1582-2214).
3. Z. Stanojević Šimšić, S. Dragulović, S. Dimitrijević, V. Trujić, V. Conić, A. Ivanović, V. Gardić, "Study the new technological procedure of copper electrolytic refining using non-standard plate electrodes", *Optoelectronics and advanced materials – rapid communications*, vol. 6, no. 11-12, pp. 1197 – 1201, 2012. (IF 0,402) (ISSN: 1842-6573).
4. Vojka Gardić, Vesna Conić, Bisenija Petrović, Miroslav Ignjatovic, Vlastimir Trujić, Velizar Stanković, TBP as an extractant for zincid from spent pickling solution, *Technics Technologies Education Management*, vol. 6, no. 4, pp. 1260-1265, 2011 (IF 0,351) (ISSN: 1840-1503).
5. S. Dragulović, Z. Ljubomirović, Z. Stanojević Šimšić, V. Conić, S. Dimitrijević, V. Cvetkovski, V. Trujić, Recovery of Rhodium from Secondary Raw Material for Usage in Electronic Devices,

Optoelectronics and advanced materials-rapid communications, vol. 5 no.12 pp.1370-1375, 2011 (IF 0,304) (ISSN: 1842-6573).

6. V.Cvetkovski, V.Conić, M.Vuković, M.Cvetkovska, Mesophilic leaching of copper sulphide sludge, *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 74, no. 2, pp. 213-221, 2009 (IF 0,820) (ISSN: 0352-5139).
7. V.Conić, V.Cvetkovski, E.Požega, M.Cvetkovska, Razvoj mezofilnih bakterija iz podzemne eksploatacije rudnika bakra Bor, *Hemijska industrija* vol. 63, no. 1, pp. 47-50, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).
8. V.Cvetkovski, V.Conić, M.Vuković, G.Stojanovski, M.Cvetkovska, Konstrukcija izoterme u solventnoj ekstrakciji bakra, *Hemijska industrija* vol.63, no.4, pp. 309-312, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).
9. V.Conić, V.Cvetkovski, M.Vuković, M.Cvetkovska, Oпитно laboratorijsko postrojenje za biohidrometaluršku proizvodnju bakra, *Hemijska industrija*, vol. 63, no.1, pp. 51-56, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).

IV Именована ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Мирјана Рајчић Вујасиновић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Владимир Бешкоски, доцент Хемијског факултета у Београду - члан;
3. др Весна Грекуловић, доцент Техничког факултета у Бору – члан;
4. др Властимир Трујић, научни саветник Института за рударство и металургију у Бору – члан;
5. др Бисерка Трумић, виши научни сарадник Института за рударство и металургију у Бору - члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованој
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Весне Цонић, мастер-дипл.инж.мет.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду бр. VI/4-8-2.од 11.12.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Весне Цонић, мастер-дипл.инж.мет. под насловом

„Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата“

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

Кандидат Весна Цонић, мастер-дипл.инж.мет. уписала је докторске академске студије 2008/2009. године на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду на студијском програму: Металуршко инжењерство.

Хронологија одобравања и израде докторске дисертације је протекла следећом динамиком:

- 08.05.2014. Кандидат Весна Цонић, мастер-дипл.инж.мет. је Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду поднела пријаву теме докторске дисертације (број пријаве VI-1/10-73) уз захтев да се спроведе поступак за оцену подобности кандидата и предложене теме.
- 22.05.2014. Одлуком број VI/4-17-6 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду прихваћена је предложена тема докторске дисертације „Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата“.
- 15.09.2014. Веће научних области техничких наука, Универзитета у Београду, је одлуком број 61206-3546/2-2014, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације.
- 26.09.2014. Решењем заведеним под бројем VI-1/10-176 Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, одобрено је продужење рока за завршетак докторских студија у трајању од једног семестра.
- 11.12.2014. Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, (одлука број VI/4-8-2.), именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Мирјана Рајчић-Вујасиновић, редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, *ментор*; др Владимир Бешкоски, доцент, Универзитет у Београду, Хемијски факултет, *члан*; др Весна Грекуловић, доцент, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, *члан*; др Властимир Трујић, научни саветник, Институт за рударство и металургију Бор, *члан*; др Бисерка Трумић, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор, *члан*.

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације припада научној области Металуршко инжењерство (за коју је Технички факултет у Бору акредитовао студијске програме за сва три нивоа студија), ужа научна област – Екстрактивна металургија.

Ментор др Мирјана Рајчић-Вујасиновић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду бави се научно-истраживачким радом из области хидро и електро металургије којој докторска дисертација кандидата под називом „Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата“ припада. Као аутор или коаутор објавила је 28 научних радова у међународним часописима са SCI листе, 33 рада у другим међународним и домаћим часописима и преко 200 радова на међународним и домаћим конференцијама и симпозијумима.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Весна Цонић (рођ. Соколов) рођена је 08.10.1971. год. у Бору. Основну и средњу школу са матуrom завршила је у Бору. Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, смер Металуршки уписала је 1990. год. а завршила јула 1998. године. После дипломирања запослила се као наставник математике у основној школи. Након тога од 2001.- 2006. радила је у Фабрици вентила за пнеуматике у Бору, као технолог у галванизацији. Од 2007. год. ради у Институту за рударство и металургију у Заводу за хемијску технологију, Одељење за биохидрометалургију. Докторске студије уписала је на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду 2008. године на смеру Металуршко инжењерство. Од 01.05.2011. ради као истраживач сарадник у сектору за науку и научно истраживачке пројекте и програме.

Аутор/коаутор је 12 публикованих радова у међународним часописима са SCI листе, 5 радова у домаћим часописима, 4 техничка решења, као и 18 саопштења на међународним скуповима.

Учествовала је у реализацији 3 домаћа пројекта финансирана од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја и једног међународног ЕУ ФП6 пројекта.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Весне Цонић, мастер дипл. инж. металургије, написана је према "Упутству за обликовање докторске дисертације", које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду, у оквиру „Упутства за формирање репозиторијума докторских дисертација“. Дисертација, укупног обима 132 стране, написана је латиничним писмом. На почетку дисертације дат је резиме са кључним речима и садржајем.

Главни део дисертације, обима 121 страна, са 52 слике и 25 табела, организован је у 7 поглавља која су структурирана тако да омогућавају континуитет како у упознавању са разматраном проблематиком, тако и са методама и резултатима њеног решавања.

У наставку дисертације дат је списак коришћене литературе и референци на 13 страна, са укупно 147 библиографских јединица релевантних за област истраживања и примењене методе решавања.

На крају дисертације, дата је биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације. Према структури, примењеним научним методама и постигнутим резултатима,

дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде предвиђене за овакву врсту научног рада.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Резултати научно-истраживачког рада кандидата представљени су у оквиру докторске дисертације под насловом „Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата“, као и у виду научних радова публикованих у међународним научним часописима и зборницима са научних скупова. Текст докторске дисертације садржи 121 страну у оквиру 7 поглавља.

Уводни део (1-15 стр.) у коме је дат литературни преглед досадашњих истраживања, наведен значај и сложеност предмета истраживања, утицај бројних фактора на процес биолужења, садржи и анализу предности биохидрометалуршког процеса као алтернативе постојећим технологијама. Такође, кратко су приказане друге новије хидрометалуршке методе за третман сулфидних сировина бакра као и хипотезе истраживања.

У поглављу **Теоријске основе процеса** (16-42 стр.) приказани су постојећи публиковани резултати истраживања механизма биохидрометалуршких процеса прераде концентрата, тока солвентне екстракције биолужних раствора, електролитичко добијање бакра и цинка као и хидрометалуршки поступак добијања олова из олово–сулфата.

У поглављу **Циљеви истраживања** (44 -45 стр.) приказани су циљеви истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације.

У поглављу **Експериментална техника** (46-61 стр.) детаљно су описане методе и апаратуре које су коришћене за карактеризацију узорка полиметаличног концентрата као и за карактеризацију микробиолошке врсте. Такође су приказане методе и уређаји коришћени за биолужење, солвентну екстракцију, електролитичко добијање бакра и цинка, континуалну контролу процеса биолужења као и технике коришћене за анализу продуката наведених операција.

У поглављу **Резултати и дискусија** (62-104 стр.) приказани су резултати експерименталних испитивања као и анализа добијених резултата. Експерименти су изведени на увећаном лабораторијском нивоу. Кинетичка анализа добијених резултата и додатна теоријска разматрања заснована су на доступној научној и стручној литератури из области биолужења, солвентне екстракције и валоризације племенитих метала. Мезофилна мешовита бактеријска култура, *At. ferrooxidans*, *At. thiooxidans* и *Leptospirillum ferrooxidans*, се показала ефикасном за лужење полиметаличног сулфидног концентрата „Тенка“ из рудног лежишта мајданпечког ревира РТБ Бор–(Србија), при чему је проценат излужења износио 89% Zn, 83% Cu и 68% Fe. Кинетичка разматрања показују да се процес биолужења полиметаличног сулфидног концентрата покреће једначини Спенсера и Топлија за топохемијске реакције на честицама код којих су све три димензије равномерно развијене. Припрема раствора за солвентну екстракцију се састојала најпре из оксидације феро јона у лужном раствору помоћу 30% H_2O_2 при чему је оксидовано двовалентно у тровалентно гвожђе. Добијени лужни раствор са садржајем тровалентног гвожђа третиран је раствором 30% NaOH у циљу његовог таложења, при чему је 98,92% Fe^{3+} исталожено. Издвајање бакра и цинка из биолужног сулфатног раствора извршено је солвентном екстракцијом течно–течно, користећи екстрагенсе LIX 984N и D2ЕНРА. Екстракција бакра је урађена са таложењем и без таложења присутног гвожђа, при чему је утврђено да се преко 99% Cu^{2+} може екстраховати када је претходно урађено таложење гвожђа. Бакар је екстрахован из раствора коришћењем 7% LIX 984N у два степена екстракције при односу V:O = 1:1 на pH 1,6. Екстракција Fe^{2+} и Zn није примећена под оптималним условима, што указује на селективност LIX 984N. Реекстракција је спроведена помоћу 32g/L Cu^{2+} и 196 g/L H_2SO_4 , која предвиђа један степен реекстракције

при односу $O:V = 4:1$. Након тога, обогаћени раствор садржи 39 g/L бакра из којег се директно може вршити електролитичка екстракција. Цинк се веома ефикасно екстрахује помоћу D2ЕНРА на ниској рН вредности (испод 1,5). Практично сав цинк је екстрахован из ефлуента након екстракције бакра на рН 1,13 помоћу 20% D2ЕНРА. Цинк може бити квантитативно и селективно екстрахован у само једном степену екстракције при односу $V:O = 1:1$. Према Мек Кејб Тиловой методи, концентрација цинка у екстракцији може бити смањена са 19,5 g/L до око 0,2 g/L, док концентрација цинка у воденој фази при реекстракцији може бити повећана са 60 g/L до 137 g/L у једном степену при односу фаза $O:V = 4:1$. Коначно, овај поступак показује да се третманом ефлуента у једном степену екстракције и једном степену реекстракције може постићи ефикасност екстракције цинка од 99%. Како олово–сулфат остаје нерастворан у биолужном остатку, лужењем олова у NaCl, алкалном преципитацијом у олово–карбонат и нискотемпературним поступком топљења производи се олово високе чистоће. С циљем одређивања параметара квантитативног излужења олова, у раду су приказани параметри лужења синтетичког $PbSO_4$ помоћу NaCl. Показано је да се 100% излужење Pb може постићи при концентрацији NaCl од 250 g/L, времену 20 min, температури 80 °C и односу чврсто: течност = 1:20. Применом Аренијусове једначине добијена је вредност енергије активације $E_a = 13 \text{ kJ/mol}$ на основу које се може закључити да је процес дифузионо контролисан. Плинт технологија за валоризацију племенитих метала из биолужног остатка може да ојача економију вођења процеса биолужења као погодна алтернатива непожељним цијанидним поступцима.

У следећем поглављу **Закључак** (107-108 стр.) сумирани су најважнији резултати и изведена анализа научног доприноса

Литература (109-121 стр.) укључује списак од 147 референци које су цитиране у тексту докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Богатих руда обојених и племенитих метала је све мање, што условљава потребу за развојем нових технологија које би, с обзиром на расположиве сировине и капацитете, задовољиле технолошки, економски и еколошки све сложеније захтеве. Хемијске анализе оваквих сировина у рудницима бакра у Бору, Србија, указују на најчешће присуство Cu, Pb, Zn, Ag и Au уз редовно присуство минерала гвожђа, пре свега пирита. Постојећа пирометалуршка технологија за производњу бакра економски не задовољава прераду комплексних сировина са просечним садржајем бакра од 2% у концентрату. Полиметалични сулфидни концентрати мајданпечког ревира Басена РТБ Бор садрже од 4-14% Pb, 8-27% Zn, 2-4% Cu, 170-500g/t Ag и 3,7-700g/t Au. Њиховом прерадом по постојећој пирометалуршкој технологији Топионице бакра у Бору, не би се могло избећи формирање оксида олова и цинка па тако и губитак ових метала. Ова чињеница указује на оправдану примену Pb-Zn сулфидних концентрата само као додатка у шаржу за топљење ради корекције састава шарже подесне за даљу прераду, а никако као самосталног концентрата.

Пирометалуршком прерадом полиметаличних сировина које садрже бакар, произвео би се некавалитетан бакар при чему би и животна средина била угрожена услед настајања гасовитих продуката и шљака, које су производ пирометалуршких процеса. Подстицај за развој нове технологије појавио се првенствено из разлога решавања недостатака у погледу емисије SO_2 , zasiћености тржишта сумпорном киселином, високе цене коштања постројења. Селективна флотација комплексних сулфидних руда, којом се производи концентрат олова, концентрат цинка и концентрат бакра је неефикасна и неекономична. Због свих ових разлога интензивно се ради на изналажењу ефикаснијег и јефтинијег технолошког поступка третмана

концентрата. Као једна од алтернатива постојећим технологијама третмана концентрата испитује се и развија хидрометалуршки поступак лужења концентрата применом бактерија – биохидрометалургија.

Третман полиметаличних концентрата поступком биолужења може имати комерцијалну предност у односу на примену конвенционалног пирометалуршког начина прераде. Биохидрометалуршки процеси се одвијају најчешће без коришћења штетних хемикалија при чему се добијају водени раствори који се лакше могу контролисати и третирати у односу на продукте добијене пирометалуршким поступком. Нове хидрометалуршке технологије дају перспективу за успешну екстракцију већег броја корисних компонената из оваквих сировина. У дисертацији је најпре вршено експериментално истраживање био-хидрометалуршког поступка прераде комплексних сулфидних концентрата ради дефинисања оптималних услова процеса у циљу максималног искоришћења присутних корисних компонената. Биолужењем у лабораторијском биореактору, одређен је степен екстракције метала из полиметаличног Cu-Zn-Pb-Ag-Au сулфидног концентрата. Биолужењем је добијен Cu/Zn/Fe сулфатни раствор и нерастворни остатак. Преципитацијом Fe (III) јона из Cu/Zn/Fe биолужног раствора добијен је Cu/Zn раствор и Fe (III) хидроксидни талог. Fe (III) хидроксидни талог одлаже се на еколошки прихватљив начин. Селективном солвентном екстракцијом Cu из збирног Cu/Zn раствора и одговарајућим процесом реекстракције добијен је сулфатни раствор бакра из којег се електролизом може добити квалитетни катодни бакар. Солвентном екстракцијом Zn из одбакреног раствора, после реекстракције добијен је сулфатни раствор цинка из којег се електролизом може произвести катодни цинк.

У циљу објашњења кинетике процеса биолужења комплексних сулфидних сировина, одређен је механизам испитиваних реакција на основу изабраних теоријских кинетичких модела који је показао најбоље слагање са експерименталним подацима о брзини процеса лужења сваког од испитиваних метала.

Поред праћења излужења ова три метала, праћено је и излужење олова раствором натријум хлорида из нерастворног остатка. Такође, анализирана је теоријска могућност валоризације племенитих метала, с обзиром на то да је лужењем извршена предконцентрација ових метала.

Истраживања у оквиру ове дисертације представљају оригинални приступ проблематици прераде полиметаличног сулфидног концентрата. Овим истраживањима дошло се до оригиналних раствора из којих се даље могу добити катодне ЛМЕ-А квалитета. Као замена електролизе олова у хлоридном раствору, сулфатним биопроцесом, соним растварањем олова и алкалном преципитацијом у олово оксид или карбонат и нискотемпературним поступком топљења може се произвесто олово високе чистоће.

Топљењем нерастворног биолужног остатка у доре пећи може се добити доре метал у циљу производње племенитих мела.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат је детаљно истражио постојећу релевантну литературу и коректно навео радове који су у вези са темом дисертације. Наведено је укупно 147 библиографских референци. Литература садржи најновије радове релевантне за проблематику истражену у дисертацији, као и радове чији је аутор или коаутор Весна Џонић.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Биолужење полиметаличног сулфидног концентрата на увећаном лабораторијском нивоу спроведено је на основу претходних експерименталних резултата добијених у лабораторијским условима. У овој дисертацији примењено је више савремених, стандардизованих метода мерења и аналитичких техника. У експерименталном раду коришћене су следеће методе:

—Припрема концентрата (млевање и просејавање)

Урађено је млевање узорка концентрата. У циљу одређивања утицаја уситњености на степен екстракције метала, урађено је просејавање по фракцијама крупноће добијеног комплексног концентрата.

—Експерименталне методе карактеризације концентрата

Физичка карактеризација концентрата је изведенатако што је ситовном анализом одређен гранулометријски састав, пикнометром специфична тежина као и насипна маса (насипна густина) припремљеног репрезентативног узорка концентрата. Уследила је хемијска карактеризација концентрата и биолужног остатка (хемијски састав концентрата одређен је на репрезентативном узорку: Au, Ag, Fe, Cu, Zn, Pb). Атомским апсорпционим спектрометром (AAS; модел Perkin Elmer/403) одређена је концентрација Fe, Cu, Zn, Pb док је концентрација Au и Ag одређена методом купелације пламеном анализом.

Минералошки састав концентрата и биолужног остатка анализиран је употребом рендгенског дифрактометра XRD модел Explorer, GNR, конфигурације θ - θ , инсталираном у Институту за Рударство и Металургију у Бору).

—Експерименталне методе карактеризације микроорганизама

Квантитативна и квалитативна карактеризација микробиолошких врста заступљених у рудничким водама РТБ Бор урађена је коришћењем класичних микробиолошких метода и опреме базиране на Quantitative Polymerase Chain Reaction анализи (Q-PCR анализа) и T-RFLP методи.

—Експерименталне методе биолужења

Биолужење је урађено на увећаном лабораторијском нивоу. У току процеса вршена је континуална контрола редокс потенцијала пулпе, рН медијума, температуре и степена екстракције метала.

—Одређивање кинетике биолужења

Механизам и брзина биолужења одређени су мерењем степена излужења у функцији времена и поређењем експерименталних резултата са познатим кинетичким моделима.

—Експерименталне методе екстракције метала

Хемијска припрема раствора у циљу преципитације гвожђа: киселост биолужног раствора је подешена на рН 3,5 при чему је добијен пречишћени Cu-Zn сулфатни раствор.

Помоћу органских екстрагенаса растворених у керозину урађена је селективна солвентна екстракција бакра и екстракција цинка као и реекстракција ових метала у циљу добијања раствора из којих је могуће електролизом добити наведене метале високе чистоће.

—Експерименталне методе третмана биолужног остатка

У циљу добијања олова, урађено је лужење олово сулфата у раствору NaCl. Алкалном преципитацијом у олово-карбонат и нискотемпературним поступком топљења може се произвести олово високе чистоће.

—Теоријска анализа метода валоризације племенитих метала

Урађена је теоријска анализа могућих метода валоризације племенитих метала присутних у биолужном остатку након издвајања олова.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих је дошао аутор су применљиви у пракси, односно биолужењем полиметаличних концентрата, решавају се проблеми везани за губитке метала. У складу са тим, свеукупно истраживање представљено овим радом, од прикупљања и обраде експерименталних података, имало је за циљ да докаже да је могућа комерцијална примена иновативне био-хидрометалуршке технологије, нарочито за полиметалне концентрате са високим садржајима цинка и олова, који садрже високо вредне метале бакар, сребро и злато.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу изнете анализе докторске дисертације и верификације остварених резултата истраживања, Комисија сматра да је кандидат несумњиво показао способност за самостални научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове дисертације се састоји у следећем:

- (а) Карактеризација испитиваног сулфидног концентрата комплексног минералошког састава, коришћењем стандардних савремених експерименталних метода, при чему су одређена његова физичка, хемијска и минералошка својства.
- (б) Утврђивање карактеристика микробиолошке врсте при чему је дефинисан оптимални начин вођења процеса биолужења у присуству ове врсте бактерија.
- (в) Утврђивање везе између редокс потенцијала, рН суспензије и степена растварања метала паралелним праћењем у току експеримента на увећаном лабораторијском нивоу.
- (г) Утврђивање утицаја појединих физичко-хемијских особина сировине и експерименталних параметара на излужење јона различитих метала из ове врсте сировине биохидрометалуршким поступком.
- (д) Одређивање механизма испитиваних реакција на основу изабраних теоријских кинетичких модела и најбољег слагања са експерименталним подацима о брзини процеса лужења сваког од испитиваних метала.
- (ђ) Дефинисање даљег третмана раствора добијеног биолужењем ради одређивања процентуалног садржаја екстрагенса у органском растварачу, односа органске и водене фазе у процесима екстракције и реекстракције бакра и цинка у циљу што ефикаснијег раздвајања и екстракције метала из тих раствора.
- (е) Дефинисање даљег третмана биолужног остатка у циљу валоризације олова и племенитих метала присутних у њему.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Добијени резултати имају значај у општем упознавању могућности третмана полиметаличних сулфидних сировина на ефикасан еколошки прихватљив начин. Ови резултати повезују физико-хемијске карактеристике сировине, својства микробиолошке културе и параметре процеса (температура, рН вредност, редокс потенцијал) са механизмом реакција које се одигравају у систему као и са технолошким параметрима, као што су искоришћења, селективност, могућност валоризације остатка. Осим овога резултати имају и практичну примену, јер се развојем еколошки прихватљиве биотехнологије која је економична могу процесирати сулфидне руде и концентрати. Истраживањима у овој области добија се еколошка технологија, алтернатива текућим технологијама као што су

пирометалуршка оксидација и топљење сулфидних минерала. Примена ове технологије у будућности очекује се и у Србији.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидатов истраживачки рад резултирао је низом публикованих радова у међународним часописима, часописима националног значаја, саопштењима на међународним и домаћим научним скуповима као и техничко-развојним решењима са позитивном рецензијом и ревизијом у току одговарајућих поступака. Кандидат иза себе има богато истраживачко искуство. Резултати истраживања објављени у научно-стручним часописима приказани су хронолошки почев од оних најутицајнијих.

Објављени радови кандидата

I. Рад у врхунском међународном часопису, M21

- I 1.** Vesna T. Conić, Mirjana M. Rajčić Vujasinović, Vlastimir K. Trujić, Vladimir B. Cvetkovski, Copper, zinc, and iron bioleaching from a polymetallic sulphide concentrate, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, vol. 24, no. 11, pp. 3688-3695, 2014 (IF 1,001) (ISSN: 1003-6326).

I. Рад у истакнутом међународном часопису, M22

- II 1.** M.Vuković, V.Cvetkovski, V.Conić, Mechanisms of microbiologically induced corrosion of metals in environments containing sulfate-reducing bacteria, *Corrosion Reviews*, vol. 27 no. (1-2) pp.1-22, 2009 (IF 0,860) (ISSN: 0334-6005).

II Рад у међународном часопису, M23

- III 1.** Vesna T. Conić, Branka D. Pešovski, Vladimir B. Cvetkovski, Zdenka S. Stanojević Šimšić, Suzana S. Dragulović, Danijela B. Simonović, Silvana B. Dimitrijević, "Određivanje optimalnih uslova luženja olovo-sulfata rastvorom natrijum-hlorida", *Hemijska industrija*, vol. 67, no. 3, 2013, pp. 485–494 (IF 0,562) (ISSN: 0367-598X).
- III 2.** Bisenija Petrović, Ljubica Radović, Vlastimir Trujić, Vojka Gardić, Vesna Conić, Some aspects of characterization the hot-dip galvanized metallic coating, *Metalurgia international*, vol. XVII no.5, pp. 30-37, 2012 (IF 0,134) (ISSN: 1582-2214).
- III 3.** Z. Stanojević Šimšić, S. Dragulović, S. Dimitrijević, V. Trujić, V. Conić, A. Ivanović, V. Gardić, "Study the new technological procedure of copper electrolytic refining using non-standard plate electrodes", *Optoelectronics and advanced materials – rapid communications*, vol. 6, no. 11-12, pp. 1197 – 1201, 2012. (IF 0,402) (ISSN: 1842-6573).
- III 4.** Vojka Gardić, Vesna Conić, Bisenija Petrović, Miroslav Ignjatovic, Vlastimir Trujić, Velizar Stanković, TBP as an extractant for zincid from spent pickling solution, *Technics Technologies Education Management*, vol. 6, no. 4, pp. 1260-1265, 2011 (IF 0,351) (ISSN: 1840-1503).
- III 5.** S. Dragulović, Z. Ljubomirović, Z. Stanojević Šimšić, V. Conić, S. Dimitrijević, V. Cvetkovski, V. Trujić, Recovery of Rhodium from Secondary Raw Material for Usage in

Electronic Devices, *Optoelectronics and advanced materials-rapid communications*, vol. 5 no.12 pp.1370-1375, 2011 (IF 0,304) (ISSN: 1842-6573).

- III 6. V.Cvetkovski, V.Conić, M.Vuković, M.Cvetkovska, Mesophilic leaching of copper sulphide sludge, *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 74, no. 2, pp. 213-221, 2009 (IF 0,820) (ISSN: 0352-5139).
- III 7. V.Conić, V.Cvetkovski, E.Požega, M.Cvetkovska, Razvoj mezofilnih bakterija iz podzemne eksploatacije rudnika bakra Bor, *Hemijska industrija* vol. 63, no. 1, pp. 47-50, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).
- III 8. V.Cvetkovski, V.Conić, M.Vuković, G.Stojanovski, M.Cvetkovska, Konstrukcija izoterma u solventnoj ekstrakciji bakra, *Hemijska industrija* vol.63, no.4, pp. 309-312, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).
- III 9. V.Conić, V.Cvetkovski, M.Vuković, M.Cvetkovska, Opitno laboratorijsko postrojenje za biohidrometaluršku proizvodnju bakra, *Hemijska industrija*, vol. 63, no.1, pp. 51-56, 2009 (IF 0,117) (ISSN: 0367-598X).

III Rad u časopisu nacionalnog značaja, M52

- IV 1. Suzana Dragulović, Danijela Simonović, Brankica Anđelić, Nevenka Petrović, Branka Pešovski, Vesna Conić, Mogućnost proizvodnje olovo (II) oksida za potrebe kupelacije iz olovo – sulfata dobijenog bioluženjem polimetaličnih sulfidnih koncentrata, *Bakar*, vol. 38 no. 1, pp. 11-16, 2013 (ISSN 0351-0212) (UDK: 66.061:579.6:661.85:662.343(045)=861).
- IV 2. Suzana Dragulović, Dragana Božić, Milan Gorgievski, Ljiljana Mladenović, Silvana Dimitrijević, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić, Definisanje optimalnih parametara elektrohemijaskog rastvaranja zlata u rastvoru kalijum cijanida, *Bakar*, vol. 37, no. 2, pp. 43-48, 2012 (ISSN 0351-0212) (UDK: 543.55:546.59:661.664(045)=861).
- IV 3. Suzana Dragulović, Silvana Dimitrijević, Milan Gorgievski, Ljiljana Mladenović, Zdenka Stanojević Šimšić, Vesna Conić, Dragana Božić, Proizvodnja srebra jodida iz srebra dobijenog preradom različitih sekundarnih sirovina, *Bakar*, vol. 37, no. 2, pp. 43-48, 2012 (ISSN 0351-0212) (UDK: 661.85:546.57:658.567(045)=861).
- IV 4. Vesna Conić, Suzana Dragulović, Danijela Simonović, Zdenka Stanojević Šimšić, Dana Sanković, Branka Pešovski, Zoran Vaduvesković, Dobijanje zlata i srebra iz polimetaličnih sulfidnih ruda, *Bakar*, vol. 37 no. 2, pp. 37-42, 2012 (ISSN 0351-0212) (UDK: 622.343:554.41:546.57:669.21/23(045)=861)
- IV 5. Suzana Dragulović, Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Zdenka Stanojević Šimšić, Branka Pešovski, Danijela Simonović, Zorica Ljubomirović, Adsorpcija sumporne kiseline na amberlitu IRA-400 u cilju pripreme rastvora za solventnu ekstrakciju bakra, *Bakar*, vol. 36, no. 2, pp. 31-36, 2011 (ISSN 0351-0212) (UDK: 621.25:546.56:66.066(045)=861).

IV Saopštenje sa međunarodnog skupa, štampano u celini, M33

- V 1. Zorica Ljubomirović, Zdenka Stanojević Šimšić, Silvana Dimitrijević, Vesna Conić, Mirjana Štehar, Review of toxicity of indium compounds, *The 45th International October Conference on Mining and Metallurgy*, 16.-19. October 2013, Bor Lake, Serbia, pp.588-591.

- V 2. Vesna Conić, Dana Stanković, Svtlana Ivanov, Suzana Dragulović, Zdenka Stanojević Simsić, Branka Pešovski, Vesna Krstić, Physicochemical properties of gindusa and tenka concentrate, *The 45th International October Conference on Mining and Metallurgy*, 16.-19. October 2013, Bor Lake, Serbia, pp.455-458.
- V 3. Vesna Conić, Mirjana Rajčić Vujasinović, Vesna Grekulović, Vladimir Beškoski, Vlastimir Trujić, Zinc bioleaching from polzmetallic tenka concentrate, *The 45th International October Conference on Mining and Metallurgy*, 16-19 October 2013, Bor Lake, Serbia, pp. 686-689.
- V 4. Dana Stanković, Vesna Conić, Ružica Lekovski, Zdenka Stanojević Šimšić, Suzana Dragulović, Branka Pešovski, Branislav Čadenović, "Hydrometallurgical treatment of gindusa bioleach residue", *IOC 2012, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy*, 1st – 3rd October 2012. Hotel Albo, Bor, Serbia pp. 585-589.
- V 5. Silvana Dimitrijević, Vlastimir Trujić, Radmila Marković, Vesna Conić, Aleksandra Ivanović, Stevan Dimitrijević, "Recovery of metals from electronic waste by pyrometallurgical processing" *IOC 2012, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy*, Hotel Albo Bor, Serbia 1st – 3rd October 2012. pp.269-273.
- V 6. Silvana Dimitrijević, Vlastimir Trujić, Zdenka Stanojević Šimšić, Radmila Marković, Vesna Conić, Aleksandra Ivanović, Stevan Dimitrijević, "Recovery of metals from electronic waste by biometallurgy – A review part III", *IOC 2012, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy*, Hotel Albo Bor, Serbia 1st – 3rd October 2012. pp. 277-281.
- V 7. Vesna Conić, Branka Pešovski, Ružica Lekovski, Zdenka Stanojević Šimšić, Suzana Dragulović, Danijela Simonović, Silvana Dimitrijević, "Determining the optimum conditions of leaching sulphate lead by sodium chloride", *IOC 2012, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy*, Hotel Albo Bor, Serbia 1st – 3rd October 2012. pp. 369-373.
- V 8. Zdenka Stanojević Šimšić, Suzana Dragulović, Silvana Dimitrijević, Vesna Conić, Radmila Marković, Vlastimir Trujić, Zorica Ljubomirović, "An overview of the most often used additives in the process of copper electrolytic refining", *IOC 2012, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy*, Hotel Albo Bor, Serbia 1st – 3rd October 2012 pp.363-369.
- V 9. Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Svetlana Ivanov, Milorad Ćirković, Milena Cvetkovska „Conceptual Aproach on Bioleaching of Cu-Zn-Pb-Ag-Au Concentrates“, *4 Internatonal conference for entrepreneurship innovation and regional development*, Ohrid-Makedonija 5.-7. Maj 2011. pp.208-214.
- V 10. Vesna Conić, Suzana Dragulović, Vladimir Cvetkovski, Zdenka Stanojević Šimšić, Zorica Ljubomirović, Branka Pešovski, Danijela Simonović, Solvent Extraction of Copper and Platinum Group of Metals, *IOC 2011, 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy*, 12.-15. October 2011., Kladovo, Serbia, pp.132-135.
- V 11. Zdenka Stanojević Šimšić, Suzana Dragulović, Zorica Ljubomirović, Vesna Conić, Dragana Božić, Milan Gorgievski, Danijela Simonović, An Overview of the Plating Bath Preparation from Recycling Rhodium to Rhodium (III)-Sulphate, *IOC 2011, 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy*, 12.-15. October 2011, Kladovo, Serbia, pp. 136-138.
- V 12. Vesna T. Conić, Vladimir B. Cvetkovski, Zdenka S. Stanojević Šimšić, Suzana S. Dragulović, Zorica S. Ljubomirović, Milena V. Cvetkovska, Bioleaching of Zn-Pb-Ag Sulphidic Concentrate, *TMT 2011, 15TH International Research/Expert Conference 'Trends In the Development of Machinery and Associated Technology'*, 12-18 September, Czech Republic, Prague pp.681-684.
- V 13. V.Conić, V. Cvetkovski, S. Dragulović, Z. Stanojević Šimšić, D.Stanković, Comparing of Hydrometallurgical Extractions of Copper in RTB Bor and Institute for Mining and

Metallurgy, IN-TECH 2011, *International Conference on Innovative Technologies*, 5.-8. September 2011, Bratislava, Slovakia pp. 570-571.

- V 14. Zorica S. Ljubomirović, Zdenka S. Stanojević Šimšić, Vesna T. Conić, Silvana B. Dimitrijević, Mirjana M. Šteharik, Separation of Palladium as a By-Product in Obtain High Purity Rhodium by Solvent Extraction, TMT 2011, 15TH International Research/Expert Conference "Trends In the Development of Machinery and Associated Technology", 12.-18. September, Czech Republic, Prague, pp. 673-676.
- V 15. Zdenka S. Stanojević Šimšić, Suzana S. Dragulović, Zorica S. Ljubomirović, Vesna T. Conić, Dragana S. Božić, Study of Platinum Traces Behavior During High Purity Rhodium Winning by Solvent Extraction, TMT 2011, 15TH International Research/Expert Conference "Trends In the Development of Machinery and Associated Technology", 12.-18. September, Czech Republic, Prague, pp. 677-681.
- V 16. B. Petrović, V. Gardić, V. Conić, T. Apostolovski-Trujić, Contribution to Cleaner Environment – Recycling of Zinc From the Waste of Hot Dip Galvanizing Plant, 18 th Int. Scientific and Profesional Meeting, *Ekological truth*, 01.-04. 06. 2010. Apatin, Serbia, pp. 466-474.
- V 17. B. Petrović, V. Gardić, V. Conić, Ecological aspects of chromium electrodeposition from dilute solutions, 18 th Int. Scientific and Profesional Meeting Eco-Ist'10, Ecological Truth, 1- 4 June 2010., Apatin, Serbia, pp.174-180.
- V 18. Vesna Conić, Vladimir Cvetkovski, Milena Cvetkovska, Copper sulphate recovery from mine waters, *The 42nd International October Conference on Mining and Metallurgy*, 10-13. October 2010. Kladovo Serbia, pp.60-65.

V Техничка и развојна решења, M80

M82

- VI 1. Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Suzana Dragulović, Silvana Dimitrijević, Zdenka Stanojević Šimšić, Nova proizvodna linija za proizvodnju katodnog bakra iz koncentrata biohemijskim luženjem solventnom ekstrakcijom i elektrolizom. Tehničko rešenje TR1 za 2010 projekat TR34004.
- VI 2. Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Suzana Dragulović, Zdenka Stanojević Šimšić, Danijela Simonović, Silvana Dimitrijević, Zorica Ljubomirović, "Nova proizvodna linija za proizvodnju bakra solventnom ekstrakcijom rudničkih voda" br.T1/34004-2012.

M83

- VI 3. Vladimir Cvetkovski, Vesna Conić, Branka Pešovski, Zdenka Stanojević Šimšić, Novo laboratorijsko postrojenje za eksperimentalnu proizvodnju bakra i pratećih metala biohemijskim luženjem, solventnom ekstrakcijom i elektrolizom. Tehničko rešenje TR2 za 2010 projekat TR34004.
- VI 4. Bisenija Petrović, Vlastimir Trujić, Vojka Gardić, Vesna Conić, Ljubiša Mišić, Tehnološki postupak reciklaže cinka iz rastvora za decinkovanje iz procesa toplog cinkovanja, TR 19026-2010. Tehničko rešenje TR3 za 2010 projekat TR34004.

Испитивања обухваћена предметном докторском дисертацијом представљају део истраживања у оквиру пројекта технолошког развоја „Развој еколошких и енергетски ефикаснијих технологија за производњу обојених и племенитих метала биолужењем, солвентном екстракцијом и електролитичком рафинацијом “ Министарства просвете, науке и

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Весне Цонић представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос имајући у виду примењене научне методе, обим и квалитет истраживања, и добијене резултате.

Комисија закључује да је докторска дисертација кандидата Весне Цонић, дипл. инж. металургије, проистекла из оригиналног научно-истраживачког рада и да је заснована на савременим научним сазнањима са фундаменталним теоријским значајем у науци и широком применом у пракси.

Комисија такође закључује да је кандидат Весна Цонић, дипл. инж. металургије, показала способност за самосталан научно-истраживачки рад и да дисертација садржи све потребне елементе који задовољавају услове предвиђене Статутом Универзитета у Београду и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду за стицање научног звања Доктора техничких наука.

На основу свега претходно исказаног Комисија има част и велико задовољство да Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду предложи да се докторска дисертација под називом **„Биотехнологија за третман комплексних сулфидних концентрата“** кандидата Весне Цонић, мастер-дипл. инж. металургије, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Мирјана Рајчић-Вујасиновић, ред. проф.-ментор,
Технички факултет у Бору Универзитета у Београду

.....
Др Владимир Бешкоски, доцент-члан,
Хемијски факултет Универзитета у Београду

.....
Др Весна Грекуловић, доцент-члан,
Технички факултет у Бору Универзитета у Београду

.....
Др Властимир Трујић, научни саветник-члан,
Институт за рударство и металургију Бор

.....
Др Бисерка Трумић, виши научни сарадник-члан,
Институт за рударство и металургију Бор