

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**Технички факултет у Бору**

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

Предмет: Извештај комисије за оцену докторске дисертације о урађеној докторској дисертацији кандидата Биљане Малуцков, дипл. инж. хемијског и биохемијског инжењерства

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-17-9 од 06.07.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Биљане Малуцков, дипл. инж. хемијског и биохемијског инжењерства, под називом: „Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“. Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената Комисија подноси следећи

### **РЕФЕРАТ**

#### **1. Увод**

##### **1.1. Наслов докторске дисертације**

Наслов докторске дисертације је „Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“, која је написана на 140 страна и састоји се од 7 поглавља, а на крају се налазе и кратка биографија аутора и списак објављених радова из дисертације.

##### **1.2. Хронологија процеса одобравања и израде докторске дисертације**

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-10-10.1 од 15.12.2017. године именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-11-7.1. од 19.01.2018. прихваћен је предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације и одобрена је израда докторске дисертације под називом: „Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“, а за ментора је именован др Милан Антонијевић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 29.01.2018. године донело је одлуку, број 61206-272/2-18, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације Биљане Малуцков, под називом: „Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“ и одређивању проф. др Милана Антонијевића за ментора.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-17-9 од 06.07.2018. године именована је Комисија за оцену докторске дисертације

### 1.3. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство за коју је Технички факултет у Бору Универзитета у Београду матична установа. Ментор ове докторске дисертације, др Милан Антонијевић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, на основу досадашњих објављених радова и на основу наставног и истраживачког искуства компетентан је да руководи израдом ове докторске дисертације.

### 1.4. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Биљана Малуцков, рођена је у Лесковцу, 09.08.1971. године, где је и завршила основну (Вуковац) и средњу школу. Дипломирала је на Технолошком факултету у Лесковцу (1990 - 1996), Универзитета у Нишу са просечном оценом 8,17 и тиме стекла звање *Дипломираног инжењера хемијског и биохемијског инжењерства*. Дипломски рад из области ензимологије је одбранила са оценом 10. Положила је 1998. приправнички испит на пословима заштите на раду у предузећу: ДОО „Енергоградња“ Лесковац. На Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду је радила од октобра 2008. до 2015. као асистент.

Аутор је и коаутор 41 научног рада (9 из М20 , 12 из М50 , 11 из М60 и 9 из М30 категорије). Одржала је једно предавање по позиву на скупу националног значаја. Била је рецензент у часописима British Biotechnology Journal и Journal of Advanced Research.

## 2. Опис дисертације

### 2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на 120 страна и састоји се из 7 поглавља, поред којих се још налази списак коришћене литературе, 236 литературних навода (странице 121-140), биографија аутора као и списак радова проистеклих из докторске дисертације. Поглавља од којих се састоји дисертација су:

1. Увод (обим 1 страна)
2. Сулфидни минерали (обим 5 страна)
3. Растварање сулфидних минерала - преглед (обим 12 страна)
4. Полазне хипотезе (обим 6 страна)
5. Експериментални поступак (обим 4 стране)
6. Резултати и дискусија (обим 90 страна)
7. Закључак (обим 2 стране)

### 2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У првом поглављу дато је објашњење зашто су баш цистеин, метионин и хистидин одабрани за испитивање и зашто је значајан њихов утицај на оксидационо растварање сулфидних минерала пирита, ковелина и халкопирита.

У другом поглављу приказане су Хидрогеохемијске карактеристике сулфидних лежишта која су од изузетног значаја за добијање метала. На две слике које се налазе у оквиру овог потпоглавља дат је и приказ сулфидне жиле и процеса природне оксидације сулфидних минерала у рудничким областима. Поред тога описане су и

Физичко-хемијске и структурне карактеристике сулфидних минерала. У ту сврху искоришћене су и четири слике, на којима су приказани узорци и кристалне решетке халкопирита, пирита и ковелина, и табела у којој су дате вредности енергија кристале решетке сулфидних минерала.

У оквиру трећег поглавља описани су Хемијско и електрохемијско растварање сулфидних минерала и Биолошко растварање сулфидних минерала. Приказане су хемијске реакције које одговарају механизмима растварања минерала, а у табели су дате вредности реакционих топлота реакција оксидације сулфида. Поред тога 9 слика искоришћено је ради илустрације утицаја које на метале имају микроорганизми групе *Acidithiobacillus* и протеин *Rusticianin*.

У четвртном поглављу приказани су доступни литературни подаци и полазне хипотезе на основу којих је формирано истраживање које је укључивало испитивање утицаја цистеина, хистидина и метионина, који чине аминокиселинску секвенцу рустицианина која омогућава везивање са бакром, на растварање пирита, халкопирита и ковелина у сумпорној киселини. Увршћене су и 4 слике. Преглед литературе указао је на то да нема резултата испитивања како појединачног тако и утицаја мешавине аминокиселина на растварање испитиваних сулфидних минерала.

У петом поглављу описан је Експериментални поступак, материјали који су коришћени приликом испитивања, електрохемијске методе које су коришћене за мерења, методе испитивања утицаја времена стајања узорака у раствору аминокиселина и методе анализе узорака.

Шесто поглавље, уједно и најопширније, састоји се из више потпоглавља у којима су приказани експериментални резултати испитивања и дискусија у оквиру више смислених целина као што су Минерални састав полазних узорака сулфидних минерала, Електрохемијско растварање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине, Растварање минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине и Растварање гвожђа и бакра у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине. У овом поглављу приказано је 115 слика и 16 табела. Приказан је утицај концентрације појединачних аминокиселина на електрохемијско понашање пирита, ковелина и халкопирита као и утицај њихових мешавина различитих састава. Поред наведеног коришћени су раствори аминокиселина највеће концентрације као и њихове мешавине за испитивање утицаја на процес растварања, односно лужења сулфидних минерала и метала гвожђа и бакра.

У седмом поглављу приказани су закључци до којих се дошло на основу резултата добијених у истраживању. Аминокиселине утичу на смањење процеса растварања сулфидних минерала при чему хистидин има главну улогу у раствору Cys:Met:His/1:1:2 у формирању комплекса са јонима метала.

### 3. Оцена дисертације

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Лужење је веома значајан део процеса добијања метала и као такав свакако представља актуелну тему истраживања. Основни циљ процеса лужења је да се добије што више метала за исто време одвијање процеса. У ту сврху спроводе се истраживања могућности повећања приноса метала у процесима лужења. Резултати неких истраживања показали су да неке аминокиселине могу да поспешују растварање метала те да такође могу довести до убрзавања или успоравања процеса лужења и биолужења минерала.

Посматрано са друге стране важно је да се пронађе еколошки прихватљиво средство које ће инхибирати лужење минерала и спречити настајање рудничких киселих вода што је такође веома значајан проблем данашњице. Очекивано је да се у ту сврху такође могу употребити аминокиселине јер је велики број испитивања показао да аминокиселине имају пожељна својства за праксу, јер могу бити добри инхибитори корозије метала и уз то су еколошки прихватљиве.

Резултати испитивања спроведених у оквиру ове дисертације где су испитиване аминокиселине које улазе у састав аминокиселинске секвенце рустицианина који се налази у *Acidithiobacillus ferrooxidans* управо су и показали да оне утичу на смањење процеса растварања сулфидних минерала при чему хистидин има главну улогу у раствору Cys:Met:His/1:1:2 у формирању комплекса са јонима метала.

Таквих истраживања до сада није било те су добијени резултати оригинални и од великог значаја за ту област науке.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена литература која обухвата чланке, који приказују резултате релевантне за тему докторске дисертације, објављене у часописима са SCI листе новијег датума као и неким другим међународним часописима. Стога се коришћена литература може оценити као адекватна и актуелна. Међу референцама могу се издвојити неке које су послужиле као основа или инспирација за формирање истраживања:

1. Abdel Rahman H.H., Moustafa A.H.E., Awad M.K., Potentiodynamic and Quantum Studies of Some Amino Acids as Corrosion Inhibitors for Copper, *International Journal of Electrochemical Science*, 7 (2012) 1266 – 1287.
2. Aouniti A., Khaled, K.F., Hammouti B., Correlation Between Inhibition Efficiency and Chemical Structure of Some Amino Acids on the Corrosion of Armco Iron in Molar HCl, *International Journal of Electrochemical Science*, 8 (2013) 5925 – 5943.
3. Arce E. M., Gonzalez I., A comparative study of electrochemical behavior of chalcopyrite, chalcocite and bornite in sulfuric acid solution, *International Journal of Mineral Processing*, 67 (2002) 17– 28.
4. Debernardi G., Carlesi C., Chemical-electrochemical approaches to the study passivation of chalcopyrite, *Mineral Processing & Extractive Metall. Rev.*, 34 (2013) 10–41.
5. El-Deab M. S., Interaction of cysteine and copper ions on the surface of iron: EIS, polarization and XPS study, *Materials Chemistry and Physics*, 129 (2011) 223– 227.
6. Ghahremaninezhad A., Dixon D.G., Asselin E., Electrochemical and XPS analysis of chalcopyrite (CuFeS<sub>2</sub>) dissolution in sulfuric acid solution, *Electrochimica Acta*, 87 (2013) 97– 112.
7. Ghosh B., Mukhopadhyaya, B.P., Bairagya H.R., Effect of amino acids on bioleaching of chalcopyrite ore by *Thiobacillus ferrooxidans*. *Afr. J. Biotechnol.* 11 (2012), 1991–1996.
8. Hiroyoshi, N., Kuroiwa, S., H. Miki, M. Tsunekawa, T. Hirajima, Synergistic effect of cupric and ferrous ions on active-passive behavior in anodic dissolution of chalcopyrite in sulfuric acid solutions, *Hydrometallurgy*, 74 (2004) 103-116.
9. Hosseinzadeh P., Lu Y., Design and fine-tuning redox potentials of metalloproteins involved in electron transfer in bioenergetics, *Biochimica et Biophysica Acta* 1857 (2016) 557–581.
10. Hu Y.H., He Z.G., Hu W.X., Peng H., Zhong, H., Effect of two kinds of amino-acids on bioleaching metal sulfide. *Trans. Nonferr. Met. Soc. China*, 14 (2004) 794–797.

11. Liu J., Chakraborty S., Hosseinzadeh P., Yu Y., Tian S., Petrik I., Bhagi A., Lu Y., Metalloproteins containing cytochrome, iron–sulfur, or copper redox centers, *Chem. Rev.* 114 (2014) 4366–4469.
12. Matos J.B., Pereira L.P., Agostinho S.M.L., Barcia O.E., Cordeiro G.G.O., D’Elia E., Effect of cysteine on the anodic dissolution of copper in sulfuric acid medium, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 570 (2004) 91–94.
13. Majuste D., Ciminelli V.S.T., Osseo-Asare K., Dantas M.S.S., Magalhães-Paniago R., Electrochemical dissolution of chalcopyrite: Detection of bornite by synchrotron small angle X-ray diffraction and its correlation with the hindered dissolution process, *Hydrometallurgy*, 111-112 (2012) 114–123.
14. Nava D., González I., Electrochemical characterization of chemical species formed during the electrochemical treatment of chalcopyrite in sulfuric acid, *Electrochimica Acta*, 51 (2006) 5295–5303.
15. Nunzi, F., M. Woudstra, D. Campese, J. Bonicel, D. Morin, Bruschi M., Amino-acid sequence of rusticyanin from *Thiobacillus ferrooxidans* and its comparison with other blue copper proteins, *Biochim Biophys Acta*, 1162 (1993) 28-34.
16. Ozcan M., Karadağ F., Dehr İ., Interfacial Behavior of Cysteine between Mild Steel and Sulfuric Acid as Corrosion Inhibitor, *Acta Physico-Chimica Sinica*, 24 (2008) 1387-1392.
17. Sahaya Raja A., Venkatesan R., Sonisheeba R., Thomas Paul raj J., Sivakumar S., Angel P., Sathiyabama J., Corrosion Inhibition by Cysteine - An Over View International Journal of Advanced Research in Chemical Science, 1 (2014) 101-109.
18. Silva A.B., Agostinho S.M.L., Barcia O.E., Cordeiro G.G.O., D’Elia E., The effect of cysteine on the corrosion of 304L stainless steel in sulphuric acid, *Corrosion Science*, 48 (2006) 3668–3674.
19. Simić Z., Stanić Z. D., Antonijević M., Application of Pyrite and Chalcopyrite Electrodes for the Acid-Base Determinations in Nitriles, *J. Braz. Chem. Soc.*, 22 (2011) 4, 709-717.
20. Sharma A., Kawarabayasi Y., Satyanarayana T., Acidophilic bacteria and archaea: acid stable biocatalysts and their potential applications, *Extremophiles* 16 (2012) 1–19
21. Rojas-Chapana J.A., Tributsch H., Bio-leaching of pyrite accelerated by cysteine, *Process Biochemistry*, 35 (2000) 815–824.
22. Zhao H., Hu M., Li Y., Zhu S., Qin W., Qiu G., Wang J., Comparison of electrochemical dissolution of chalcopyrite and bornite in acid culture medium, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 25 (2015) 303–31
23. Zeng W., Qiu G., Chen M., Investigation of Cu–S intermediate species during electrochemical dissolution and bioleaching of chalcopyrite concentrate, *Hydrometallurgy*, 134–135 (2013) 158–165.
24. Yang Y., Harmer S., Chen M., Synchrotron-based XPS and NEXAFS study of surface chemical species during electrochemical oxidation of chalcopyrite, *Hydrometallurgy* 156 (2015) 89–98.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За сва истраживања која су вршена у оквиру теме докторске дисертације изабране су методе које на свеобухватан начин омогућавају испитивање проблема и изналагање решења што је и представљено у дисертацији. Као полазна основа за избор примењивих експерименталних метода коришћени су подаци доступни у релевантној литератури. На основу тих података изабране су електрохемијске методе: мерење потенцијала отвореног кола, метода линеарне волтаметрије и метода цикличне волтаметрије. Поред

електрохемијских метода коришћене су и аналитичке методе: рендгенска дифракциона анализа (XRD), оптичка емисиона спектроскопија са индукованом куплованом плазмом (ICP-OES) и спектрофотометрија.

Електрохемијске методе су изабране због релативно велике брзине као и због великог броја података који се добијају њиховом применом. Изабране електрохемијске методе су омогућиле праћење утицаја концентрација испитиваних аминокиселина на растварање сулфидних минерала као и боље разумевање механизма растварања минерала у испитиваним растворима.

Рендгенска дифракциона анализа на поликристалним узорцима послужила је за одређивање и праћење фазног састава узорака током истраживања.

За аналитичка испитивања и анализу концентрације металних јона и сумпора у растворима након електрохемијских испитивања коришћена је оптичка емисиона спектроскопија са индукованом куплованом плазмом као једна од тренутно најсавременијих метода.

Након лужења минерала снимани су апсорпциони спектри излужених минерала у растворима аминокиселина и у ту сврху коришћен је спектрофотометар.

Експерименталне методе коришћене у овој докторској дисертацији су адекватне и користе се у истраживањима објављеним у публикацијама у часописима са импакт фактором.

### **3.4. Примењивост остварених резултата**

Резултати до којих је дошао аутор су практични и применљиви, и могуће је кроз даљи рад на овој проблематици извршити њихову верификацију како проширењем испитивања у смислу сагледавања проблема и са неких других аспеката применом додатних метода, тако и модификовањем услова, и подизањем истраживања изнад лабораторијског нивоа.

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад**

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, те проистекли публиковани научни радови, указују на способност кандидата Биљане Малуцков, дипл. инж. хемијског и биохемијског инжењерства, за самостални научни рад.

## **4. Остварени научни допринос**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Остварени научни допринос овог рада се састоји у следећем:

Испитано је и приказано понашање сулфидних минерала у раствору сумпорне киселине што има значајну примену у индустрији и са аспекта заштите животне средине.

Испитано је и описано понашање сулфидних минерала у киселој средини у присуству аминокиселина цистеина, метионина и хистидина. Управо су те аминокиселине одабране јер се налазе у саставу рустицианина – протеина који се налази у бактерији *Acidithiobacillus ferrooxidans*, микроорганизмима који значајно утичу на понашање сулфидних минерала и учествују у процесима биолужења.

Резултати истраживања указали су на механизме оксидо-редукционих процеса у којима учествују сулфидни минерали и аминокиселине.

Дошло се до сазнања о могућности употребе појединих аминокиселина, цистеина, метионина и хистидина, као и њихове мешавине ради утицаја на процес растварања сулфидних минерала у сумпорној киселини.

Хистидин се показало да има одлучујућу улогу у раствору Cys:Met:His/1:1:2 за настајање комплекса са јонима гвожђа и бакра.

#### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

У оквиру докторске дисертације урађен је већи број експерименталних испитивања при чему је добијен значајан број резултата из којих је изведено више закључака. У дисертацији је испитиван утицај цистеина, метионина и хистидина на растварање сулфидних минерала. Поред појединачног утицаја аминокиселина на растварање пирита, халкопирита и ковелина испитиван је и утицај смеше аминокиселина у односу Cys:Met:His/1:1:2. Резултати добијени након електрохемијских мерења су показали да највећа концентрација раствора аминокиселина у поменутом молском односу има инхибиторско дејство на растварање испитиваних сулфидних минерала. Током интеракције између минерала и раствора Cys:Met:His/1:1:2 долази до формирања комплекса у реакцији између јона метала и аминокиселина. Формирани комплекс је заслужан за инхибицију растварања минерала. Такође, резултати лужења сулфидних минерала су потврдили опажања до којих се дошло након електрохемијских испитивања. На значај и вредност добијених резултата указују три објављена рада у међународним часописима са импакт фактором.

#### **4.3. Очекивана примена резултата у пракси**

Имајући у виду значај процеса лужења сулфидних минерала како контролисаних у индустријским условима тако и у природним условима где доводе до еколошких проблема очекује се да се резултати до којих се дошло у овој докторској дисертацији могу значајно искористити и у пракси. Наиме, показано је како на процесе растварања веома значајних сулфидних минерала попут пирита, халкопирита и ковелина, утичу аминокиселине које се налазе у микроорганизмима који су великој мери одговорни за одвијање поменутих процеса, те се може очекивати и њихова примена у пракси.

#### **4.4. Верификација научних доприноса**

Научни допринос предметне докторске дисертације је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме:

##### **M21- Рад у међународном часопису**

**1. Biljana S Maluckov, Miodrag Mitrić, Electrochemical behavior of pyrite in sulfuric acid in presence of amino acids belonging to the amino acid sequence of rusticyanin, Bioelectrochemistry, 123, 2018, 112- 118 (IF2016-3,346).**

**2. Biljana S. Maluckov, Bioassisted phytomining of gold, JOM: Journal of the Minerals, metals, and Materials Society, 67(5), 2015, 1075-1078 (IF2015-1,798).**

##### **M23- Рад у међународном часопису**

**1. Biljana S. Maluckov, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Srba Mladenović, The electrochemical behavior of chalcopyrite in sulfuric acid in the presence of cysteine, Revue Roumaine de Chimie, 62 (11), 2017, 809-8014 (IF2016- 0, 246).**

#### **M51 –Рад у домаћем часопису**

1. **Biljana S. Maluckov**, The Catalytic Role of *Acidithiobacillus Ferrooxidans* for Metals Extraction from Mining - Metallurgical Resource, *Biodiversity Int J* 1 (3), 2017, 109-119.
2. **Biljana S. Maluckov**, Отпад из рударско-пиrometalуршке производње бакра и поступање са њим, *Tehnika*, 68 (6), 2017, 819-824.
3. **Biljana Maluckov**, Биолошка оксидација полиметаличних руда као потенцијална могућност за третман руде из лежишта Чока Марин/ Biological oxidation of polymetallic ores as a potential possibility for the treatment of ores from the Čoka Marin, *Tehnika*, 65, 2014, 221-224.
4. **Biljana Maluckov**, Биокорозија бакра и његових легура/ Biocorrosion of copper and their alloys, *Tehnika*, 2 , 2013, 242-244.
5. **Biljana S. Maluckov**, Corrosion of steels induced by microorganisms, *Metallurgical & Materials Engineering*, 18, 2012, 223-231.

#### **M53 - Рад у домаћем часопису**

1. **Biljana Maluckov**, Prevencija nastajanje biokorozije / Prevention of biocorrosion occurs, *Safety Engineering*, 3 (2), 2013, 102-104.
2. **Biljana S. Maluckov**, Biofilmovi i korozija čelika, *Hemijski pregled*, 53, 2012, 119-123.

#### **M61 – Рад по позиву на скупу националног значаја, штампан у целини**

1. **Biljana S. Maluckov**, Bioasistirani postupci za dobijanje bakra i zlata, Bioassisted processes for recovery of copper and gold, VI simpozijum sa međunarodnim učešćem Rudarstvo 2015, Symposium with international participation Mining 2015, Borsko jezero, 26.-28.maj, 2015,65-72.

#### **M63 – Рад саопштен на скупу националног значаја, штампан у целини**

1. **Biljana Maluckov**, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Srba Mladenović, Uticaj leucina na anodno rastvaranje halkopirita u sumpornoj kiselini, 53. Savetovanje srpskog hemijskog društva i 2. Konferencija mladih hemičara Srbije, 53.Meeting of the Serbian Chemical Society and Second Conference of the Young Chemists of Serbia, Faculty of Science, Kragujevac, June 10-11 , 2016, 26-29.
2. **B. Maluckov**, Биолошко лућење гомиле/Heap bioleaching, 51. Savetovanje srpskog hemijskog društva i 2. Konferencija mladih hemičara Srbije, 51.Meeting of the Serbian Chemical Society and Second Conference of the Young Chemists of Serbia, Rectorate of the University of Niš, Niš, June 5-7, 2014,70-73.
3. **Biljana Maluckov**, Kisele rudničke drenažne vode/Acide mine drainage, Zbornik radova sa 2. Savetovanja sa međunarodnim učešćem Zaštita životne sredine i održivi razvo-„Energetika i rudarstvo 2014— (2nd Symposium with International Participation Environmental protection and sustainable development „ Energy and mining 2014—),Tara, 11-13.marta 2014, 320-324.
4. **Biljana Maluckov**, Третман flotacione jalovine dobijene u procesu koncentrisanja rude bakra /Treatment of flotation tailings obtained in the concentration of copper, Zbornik radova sa 2. simpozijuma „Odsumporavanje dimnih gasova „[i] 41. savetovanje „Zaštita vazduha 2013— [i] 5. savetovanje „Deponije pepela ,šljake i jalovine u termoelektranama i rudnicima— sa međunarodnim učešćem (2nd Symposium „On Flue Gas Desulphurization— [and] 41th conference „Air Protection 2013— [and]5th Symposium „ On Ash, Slag and Waste Landfills in Power Plants and Mines— with International Participation, Subotica 16.-18.septembar 2013, 215-221.
5. **Biljana Maluckov**, Uvođenje komercijalnog postrojenja za bioluženje rude bakra-šansa da Bor "pročisti pluća"/ The introduction of commercial plant for bioleaching of copper ores – Bor chance to "purify lungs", Zbornik radova sa III Simpozijuma sa međunarodnim učešćem



Rudarstvo 2012, (III International Simpozijum Mining 2012.), Zlatibor, 07-10. maj 2012, 473-479.

## 5. Закључак и предлог

На основу свега напред изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Биљане Малуцков, дипломираног инжењера хемијског и биохемијског инжењерства, под називом: **„Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“** урађена у складу са одобреном пријавом и да представља значајан и оригинални научни допринос у области Технолошког инжењерства, што је потврђено објављивањем наведених радова у водећим међународним часописима. Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат и да га заједно са поднетом дисертацијом Биљане Малуцков: **„Понашање сулфидних минерала у присуству аминокиселина у раствору сумпорне киселине“** изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације.

У Бору, августа 2018. године

### Чланови комисије

---

Др Марија Петровић Михајловић, ванредни професор  
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

---

Др Милан Радовановић, ванредни професор  
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

---

Др Часлав Лачњевац, редовни професор  
Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду