

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 45. став 5. тачка 3. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

ЛУЖЕЊЕ ХАЛКОПИРИТА У КИСЕЛОЈ СРЕДИНИ У ПРИСУСТВУ ВОДНИК-ПЕРОКСИДА

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Технолошко инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Сања (Јован) Петровић

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање:

Технички факултет у Бору

3. Година дипломирања: **2006.**

4. Назив магистарске тезе кандидата:

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:

6. Година одбране магистарске тезе:

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **22.09.2016.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

В. Д. ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-13-9
Бор, 22. 09. 2016. године

На основу члана 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 22. 09. 2016. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Сање Петровић**, дипл. инж. руд.

II Одобрава се именованој израда докторске дисертације под називом: „**Лужење халкопирита у киселој средини у присуству водоник-пероксида**“.

III За ментора се именује др Грозданка Богдановић, ванредни професор Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

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

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

в. д. декан

Проф. др Нада Штрбац

UNIVERZITET U BEOGRADU

Tehnički Fakultet u Boru

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Izveštaj Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije kandidata Sanje Petrović

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru. br. VI/4-11-11 od 06.07.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije kandidata Sanje Petrović, dipl. inž. rudarstva, pod naslovom „**Luženje halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida**“.

Predložena tema spada u naučno polje Tehničko-tehnoloških nauka i pripada naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovao studijske programe na sva tri nivoa studija. Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

R E F E R A T

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Biografski podaci

Kandidat Sanja (Jovan) Petrović, rođena je u Boru, 17.01.1981. godine gde je završila srednju Rudarsko-metaluršku školu. Tehnički fakultet u Boru, Univerziteta u Beogradu, odsek rudarsko inženjerstvo, upisala je 2000.godine, a diplomirala 2006.godine, sa prosečnom ocenom 9,28 i ocenom 10 na diplomskom radu sa temom „Reciklaža plastike postupcima flotacijske koncentracije“ i time stekla zvanje diplomirani inženjer rudarstva za pripremu mineralnih sirovina. Doktorske akademske studije na odseku za Tehnološko inženjerstvo upisala je 2008.godine i položila je sve ispite predviđene programom sa prosečnom ocenom 9,33. U školskoj 2015/2016 .godine je ponovno upisala isti studijski program.

U periodu od 01.01.2011. do 31.12.2012. radila je u Institutu IHIS Beograd kao istraživač-pripravnik u okviru Projekta Ministarstva nauke, prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije (TR 34025). Od 01.01.2012. radi u Institutu za rudarstvo i metalurgiju kao istraživač saradnik u Sektoru za nauku i naučno-istraživačke projekte. Trenutno je angažovana na projektu koji finansira Ministarstva nauke, prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije: „Razvoj ekoloških postupaka tretmana štetnih materija primenom ferata(VI) i elektrohemijske oksidacije ili redukcije“- evidencioni broj projekta TR 34025. Takođe je

angažovana kao projektant saradnik u projektantskim timovima za izradu rudarskih projekata iz oblasti pripreme mineralnih sirovina.

Autor je ili koautor većeg broja radova objavljenih u časopisima međunarodnog i nacionalnog značaja, na međunarodnim i domaćim naučno-stručnim skupovima i jednog poglavlja u monografiji međunarodnog značaja.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Kandidat Sanja Petrović, dipl. inž. rudarstva je upisala doktorske studije na studijskom programu Tehnološko inženjerstvo gde je položila sve ispite sa prosečnom ocenom 9,33 i stekla pravo da prijavi temu za izradu doktorske disertacije.

Spisak položenih ispita:

- Odabrana poglavlja hemijske kinetike (ocena 10) - 15 ESPB
- Nauka o materijalima (ocena 9) - 15 ESPB
- Teorija korozijskih procesa (ocena 8) - 15 ESPB
- Zaštita životne sredine (ocena 10) - 15 ESPB
- Tretman otpadnih voda (ocena 9) - 15 ESPB
- Teorijske osnove za definisanje teme doktorske disertacije (seminarski rad sa temom "Luženje halkopirita u kiseloj sredini") (ocena 10) - 15 ESPB

1.3. Spisak objavljenih i saopštenih radova

Poglavlje u monografiji međunarodnog značaja (M14)

1. **Sanja Bugarinović**, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, Vesna Grekulović, 2011. Cuprous Oxide as an Active Material for Solar Cells. In: Solar Cells-New Aspects and Solutions, Leonid A. Kosyachenko (Ed.), pp. 167-186. InTech. ISBN: 978-953-307-761-1

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. **Bugarinović Sanja J.**, Grekulović Vesna J., Rajčić-Vujasinović Mirjana M., Stević Zoran M., Stanković Zvonimir D., 2009. Electrochemical Synthesis And Characterization Of Copper (I) Oxide. Hemijska Industrija 63 (3), 201-207.
DOI:10.2298/HEMIND0903201B. (JCR, IF (2009) = 0,117; (118/127).
2. Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, **S. Bugarinović**, A. Dekanski, 2010. Construction and Characterisation of Double Layer Capacitors. Acta Physica Polonica A 117 (1), 228-233.
DOI: 10.12693/APhysPolA.117.228. (JCR, IF (2010) = 0,467; (63/80)).
3. Z. Stević, I. Radovanović, M. Rajčić-Vujasinović, **S. Bugarinović**, V. Grekulović, 2013. Synthesis and characterization of specific electrode materials for solar cells and super

capacitors. Journal of Renewable and Sustainable Energy 5, 041816-1-12. ISSN: 1941-7012; (JCR, IF(2013) = 0,925; (56/83)).

4. Ivana Jovanović, **Sanja Bugarinović**, Daniela Urošević, Ljubiša Obradović, Srdjana Magdalinić, 2013. Characteristics of portland cement containing fly ash treated by different physical methods (Caracteristici ale cimentului portland continand cenusa zburatoare, tratata prin diferite metode fizice). Revista Romana de Materiale 43 (3), 263-268. (JCR, IF (2013) = 0,538 (40/58)).

Rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanom posebnom odlukom (M24)

1. Ivana Jovanović, **Sanja Bugarinović**, Ljubiša Obradović, 2012. Mechanical characteristics of mortar containing fly ash treated by different physical methods. Rudarski radovi 4/2012, str. 173-184. ISSN 1451-0162.

Saopštenja sa međunarodnih naučnih skupova štampana u celini (M33)

1. Zoran M. Stević, Mirjana M. Rajčić-Vujasinović, **Sanja J. Bugarinović**. 2011. Capacitance properties of natural mineral covellite in strong alkaline solution, ECS Transactions 35 (32), 115-118. doi: 10.1149/1.3655694.
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, **S. Bugarinović**, Z. Stević, V. Grekulović, 2011. Anodic oxidation as a method for synthesis cuprous oxide, potential active material for solar cells, XIX International Scientific and Professional Meeting "Ecological Truth", 1-4. June 2011, Bor, Serbia, pp. 243-249. ISBN 978-86-80987-87-3.
3. Zoran Stević, M. Rajčić-Vujasinović, D. Nikolovski, **S. Bugarinović**, 2011. Trends in electrical vehicles development, XIX International Scientific and Professional Meeting "Ecological Truth", 1 - 4 June 2011, Bor, Serbia, pp. 270-275. ISBN 253-35-353283-253.
4. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Miroljub Jevtić, **Sanja Bugarinović**, Miloš Tripunović, 2011. Thermography in diagnosis of small hydropower plants, Infoteh-Jahorina Vol. 10, Ref. EVI-5, pp. 865-868, March 2011. ISBN: 978-99938-624-6-8.
5. **Sanja Bugarinović**, Milan Čekerevac, Ljiljana Nikolić-Bujanović, Zoran Stević, 2011. Electrochemical oxidation of mineral covellite in strong alkaline solution, 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy, 12-15 October 2011, Kladovo, Serbia, pp. 453-456.
6. Milan Čekerevac, **Sanja Bugarinović**, Mladen Zdravković, Ljiljana Nikolić-Bujanović, Vojka Gardić, 2012. Treatment of effluent from the process of electrolytic refining by ferrate(VI) solution, 44rd International October Conference on Mining and Metallurgy, 1-3 October 2012, Bor, Serbia, pp. 625-628.
7. Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, I. Radovanović, **S. Bugarinović**, V. Grekulović, 2013. Characterization of specific electrode materials for supercapacitors, Proceeding, XIVth

International scientific-practical conference, Modern information and electronic technologies, Odessa, Ukraine 2013, pp.117-120. ISBN 978-966-2666-04-5.

8. **Sanja Bugarinović**, Milan Čekerevac, Ivana Jovanović, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, 2013. Properties and applications of ferrate (VI) in wastewater treatment, XV Balkan Mineral Processing Congress, Sozopol, Bulgaria, 12 – 16 June 2013, Vol II, pp. 1025-1027. ISBN 978-954-353-218-6.
9. Srdjana Magdalinović, Ivana Jovanović, **Sanja Bugarinović**, Daniela Urošević, Vesna Ljubojev, Ljubiša Obradović, 2013. Influence of sodium cyanide on arsenic content in the lead flotation concentrate, XV Balkan Mineral Processing Congress, Sozopol, Bulgaria, 12 – 16 June 2013, Vol I, pp. 353-355. ISBN 978-954-353-217-9.
10. Ivana Jovanović, D. Todorović, Z. Bartulović, S. Milicević, **S. Bugarinović**, O. Dimitrijević. 2013. Grinding and classification as the methods of fly ash processing, XXI International Scientific and Professional Meeting Ecological Truth, 4-7 june 2013, Borsko jezero, pp. 173-178. ISBN 978-86-6305-007-5.
11. Vesna Marjanović, Dragan Milanović, Srđana Magdalinović, **Sanja Bugarinović**, Branislav Čađenović, Bojan Drobnjaković, 2013. Characterization of a sample from the deposit andesite finger in the copper mine Majdanpek, 45rd International October Conference on Mining and Metallurgy, 16-19 October 2013, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 483-483.
12. Ivana Jovanović, Srđana Magdalinović, Daniela Urošević, Igor Miljanović, **Sanja Bugarinović**, Dragan Milanović, 2013. Possibility of barite concentration from polymetallic sulphide-barite ore using gravity and flotation concentration methods, 5th Balkan Mining Congress, Ohrid, Republic of Macedonia, 18–21 September 2013, pp. 546–551. ISBN 978-608-65530-2-9.
13. Milan Čekerevac, Ljiljana Nikolić-Bujanović, Mladen Zdravković, Milena Tomić, **Sanja Bugarinović**, Miloš Simić, 2014. Arsenic remediation in industrial wastewaters using ferrate(VI) and ferrous ions. The 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, 01–04 October 2014, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 281–284.
14. Daniela Urošević, Ljubiša Andrić, Dušan Tašić, Ivana Jovanović, Srđana Magdalinović, **Sanja Bugarinović**, Dragan Milanović, 2014. Comparative analysis of coal grindability parameters (HGI) and carbonification degree (C_{fix}). 2014. The 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, 01–04 October 2014, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 136–139.
15. Ivana Jovanović, **Sanja Bugarinović**, Igor Miljanović, Dragan Milanović, Srđana Magdalinović, 2014. Influence of the pulp pH value on the copper concentrate. The 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, 01–04 October 2014, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 541–544.
16. **Sanja Petrović**, Vukosava Grujić, Srdjana Magdalinović, Ljubiša Andrić, Ivana Jovanović, Daniela Urošević, 2015. Influence of flotation pulp density on copper

concentrate grade and recovery from ore deposit „Cerovo“. In Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress, 17–19 June 2015, Belgrade, Serbia, Vol I, pp 455–458. ISBN 978-86-82673-10-1.

17. Ivana Jovanović, Srđana Magdalinović, Vukosava Grujić, Daniela Urošević, Miomir Mikić, **Sanja Petrović**, Miroslava Maksimović, 2015. Determination of optimal reagent regime in flotation process of copper minerals from „Cerovo“ deposit. In Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress, June 17–19, Belgrade, Serbia, Vol I, pp 459–463. ISBN 978-86-82673-10-1.
18. **Sanja Petrović**, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Milan Čekerevac, Zoran Stević, 2015. Influence of ferrate(VI) on anodic oxidation of mineral covellite in alkaline solution, 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Serbia, October 2015, Proceedings, pp. 105-108. ISBN 978-86-7827-047-5.
19. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, **Sanja Petrović**, Vesna Grekulović, 2015. Copper in renewable energy sources, Third International Conference on electrical power renewable sources, Belgrade, Serbia, October 2015, Proceedings, pp. 213-217. ISBN 978-86-81505-78-6.
20. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Vesna Grekulović, **Sanja Petrović**, Ilija Radovanović, 2015. Characterization of electrode materials in electrical power storage systems, Third International Conference on electrical power renewable sources, Belgrade, Serbia, October 2015, Proceedings, pp. 219-225. ISBN 978-86-81505-78-6.
21. Srđana Magdalinović, Z. Marković, D. Milanović, **S. Petrović**, D. Urošević, 2015. The effect of grinding fineness on the results of flotation of copper ore sample. X International Symposium on recycling technologies and sustainable development. 4-7 November 2015, Hotel Albo Bor, Serbia, pp. 173-181.

Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

I. Jovanović, Lj. Andrić, M. Bugarin, D. Urošević, **S. Bugarinović**, 2014. Improvement of coal fly ash pozzolanic activity by different physical methods. Journal of Mining and Metallurgy, Section A: Mining 50A, pp. 19–25. ISSN 1450-5959.

Rad u časopisu nacionalnog značaja (M52)

1. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dubravka Nikolovski, **Sanja Bugarinović**, Dejan Antić, 2011. Hardware and software of a system for electro-chemical and bioelectro-chemical investigations. Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering. Fascicule 4, October-December 2011, pp. 53-55. ISSN 2067-3809.
2. Mirjana Rajčić-Vujasinović, Zoran Stević, **Sanja Bugarinović**, 2012. Electrochemical characteristics of natural mineral covellite. Open Journal of Metal 2 (3), 60-67. DOI: 10.4236/ojmetal.2012.23009. ISSN Print: 2164-2761, ISSN Online: 2164-277X.

3. Danijela Simonović, **Sanja Petrović**, Vesna Conić, 2015. Kalium ferrate (K_2FeO_4) Green oxidizer. Manufacturing and properties. Bakar 40 (2), 11-21.

Tehnička i razvojna rešenja

(M80)

Nova proizvodna linija, novi materijal, industrijski prototip, novo prihvaćeno rešenje problema u oblasti makroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja uvedeni u proizvodnju (uz dokaz) **(M82)**

1. Ivana Jovanović, **Sanja Petrović**, Dragan Milanović, Bojan Drobnjaković, Miomir Mikić, Daniela Urošević, Lidija Đurđevac-Ignjatović, 2015. Implementacija nove linije osnovnog flotiranja minerala bakra iz ležišta "Cerovo" u flotaciji Veliki Krivelj. IRM, Projekat TR 33023 MPNTR Republike Srbije – nova tehnologija uvedena u proizvodnju.

Bitno poboljššan postojeći proizvod ilitehnologija (uz dokaz) novo rešenje problema u oblasti mikroekonomskog, socijalnog i problema održivog prostornog razvoja recenzovano i prostornog razvoja recenzovano i prihvaćeno na nacionalnom nivou (uz dokaz) **(M84)**

1. Milan Čekerevac, **Sanja Bugarinović**, Vojka Gardić, Ljiljana Nikolić-Bujanović, Mladen Zdravković, 2013. Postupak uklanjanja jona teskih metala iz voda elektrolitičke rafinacije bakra primenom ferata(VI). Projekat TR 34025 MPNTR Republike Srbije – bitno poboljššan tehnološki postupak. Arhiva IRM, Odluka XIV/4,

Učešće u projekim, studijama, elaboratima i sl. sa privredom;

Učešće u projektima finansiranim od strane nadležnog ministarstva **(M105)**

1. Kompozitni materijali na bazi ugljenika, metala i oksida metala u elektrokatalizi i procesima skladištenja energije, Projekat OI 142048 Rukovodilac: dr Aleksandar Dekanski, naučni savetnik, IHTM Beograd (2006 – 2008.)
2. Razvoj ekoloških postupaka tretmana štetnih materija primenom ferata(VI) i elektrohemijske oksidacije ili redukcije, Projekat TR 34025 Rukovodilac: dr Milan Čekerevac, naučni saradnik, IHIS Beograd (2011 – 2016.)

1.4. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu prethodno predloženih činjenica da je kandidat položila sve ispite na doktorskim studijama i na osnovu objavljenih i saopštenih radova, Komisija konstatuje da kandidat Sanja Petrović ima naučno-stručnu usmerenost ka oblasti kojoj pripada predložena tema (tehnološko inženjerstvo) te se ocenjuje podobnom za rad na toj temi. Komisija zaključuje da kandidat Sanja Petrović poseduje sve potrebne kvalifikacije i ispunjava formalne uslove za odobravanje izrade doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet istraživanja

Halkopirit predstavlja jedan od najznačajnijih i najzastupljenijih sulfidnih minerala bakra. S obzirom na to da je bogatih ruda bakra sve manje, to se sve više nameće potreba za razvojem novih tehnoloških procesa za dobijanje bakra iz ruda i sulfidnih koncentrata sa smanjenim sadržajem bakra ali i drugih korisnih elemenata.

Mehanizam rastvaranja halkopirita u sulfatnoj i hloridnoj sredini je u najvećoj meri istražen u cilju poboljšanja efikasnosti industrijskih procesa luženja tako da je proučavanje oksidacije halkopirita predmet višedecenijskog istraživanja. Međutim, dosadašnja istraživanja oksidacije halkopirita u kiseloj sredini ukazuju na to da ne postoji potpuno slaganje kada se radi o mehanizmu luženja halkopirita, pri čemu se uočavaju brojne nejasnoće u pogledu ponašanja halkopirita, što nameće da se ova problematika izučava i dalje.

Gvožđe(III) i bakar (II) joni se koriste kao oksidansi u sulfatnoj i hloridnoj sredini, pri čemu su ispitivanja pokazala da je ovaj mineral vrlo nereaktivan pri atmosferskim uslovima luženja, ali i pri umerenim temperaturama, oko 60 °C. Velika pažnja istraživača usmerena je na hloridne rastvore jer je pokazano da se halkopirit efikasnije rastvara u hloridnoj sredini u poređenju sa drugim sistemima, naročito sa sulfatnim. Značajne prednosti primene hloridnih sistema se ogledaju u visokoj rastvorljivosti bakra i gvožđa, zatim u bržoj oksidaciji Fe(II) jona do Fe(III) jona, nastajanju poroznijeg sloja sumpora kao reakcionog proizvoda koji omogućava difuziju reaktanata do reakcione površine i bržoj kinetici luženja halkopirita u poređenju sa sulfatnim sistemima.

Pored napred navedenih oksidanasa, na laboratorijskom nivou su vršena istraživanja i korišćena jaka oksidaciona sredstva za luženje halkopirita kao što su vodonik-peroksid, Cr(VI), hlor, ozon i dr., da bi se omogućio rad na atmosferskom pritisku i temperaturama ispod 100 °C. Istraživanja u okviru disertacije će biti vršena u kiseloj sredini (sulfatna i hloridna) u prisustvu vodonik-peroksida, koje su izabrani nakon opsežnog pregleda literature i zaključka da ponašanju halkopirita za vreme luženja u izabranim sistemima nije posvećena dovoljna pažnja. S tim u vezi, u okviru izrade ove disertacije vršiće se ispitivanja luženja halkopirita sa ciljem da se utvrditi u kom sistemu ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ i $\text{HCl-H}_2\text{O}_2$) se pod uticajem različitih parametara (koncentracija kiseline, koncentracija vodonik-peroksida, uticaj odnosa čvrsto-tečno, veličina čestica, temperatura, dodatak alkohola i dr.) postiže najbolje izluženje bakra iz halkopiritnog koncentrata.

2.2. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja je definisanje ponašanja halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida. Ispitivanja treba da omoguće određivanje kinetike luženja i objašnjenje mehanizma luženja halkopirita u izabranim sistemima ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ i $\text{HCl-H}_2\text{O}_2$).

Zato je potrebno nakon obezbeđivanja uzoraka koncentrata halkopirita, izvršiti detaljna fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja uzoraka koja će omogućiti sagledavanje karakteristika koncentrata.

U cilju ispitivanja oksidacionog luženja halkopirita pristupiće se eksperimentalnim laboratorijskim ispitivanjima u rastvorima sumporne i hlorovodonične kiseline u prisustvu vodonik-peroksida. Ispitivanjima bi se iznalazili uticaji brzine mešanja, temperature, veličine čestica, odnosa čvrsto-tečno, koncentracije vodonik-peroksida, koncentracije i prirode kiseline i uticaj dodatka alkohola na luženje bakra i gvožđa iz halkopiritnog koncentrata. Dobijeni rezultati pružiće mogućnost za određivanju kinetike luženja halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida i definisanje mogućeg mehanizma luženja halkopirita. Poseban značaj ovakvog istraživanja je i u sve većoj potrebi za primenom ekološki prihvatljivih oksidanasa.

Rezultati dobijeni u toku izrade doktorske disertacije biće publikovani u naučnim radovima u časopisima sa SCI liste i saopšteni na skupovima.

2.3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Proučavanje procesa oksidacije i luženja halkopirita predmet je višedecenijskog istraživanja. Luženje halkopirita je najviše ispitivano u sulfatnoj sredini zbog jednostavnosti procesa i cene koštanja reagenasa. Gvožđe(III) i bakar (II) joni se najčešće koriste kao oksidansi u sulfatnoj i hloridnoj sredini. Pored navedenih oksidanasa, na laboratorijskom nivou su vršena istraživanja i korišćena jaka oksidaciona sredstva, kao što su vodonik-peroksid, hlor, ozon, azotna kiselina i dr., da bi se omogućio rad na atmosferskom pritisku i temperaturi ispod 100 °C.

Iako je publikovan veliki broj radova u kojima su prikazani dobijeni rezultati ispitivanja luženja bakra iz halkopiritnih ruda i koncentrata, ne postoji potpuno slaganje kada se radi o mogućim mehanizmima luženja halkopirita i zbog toga istraživanja fenomena koji prate oksidaciju halkopirita i dalje privlače znatnu pažnju istraživača. Problem koji se uglavnom ističe u najvećem broju radova u kojima se ispituje oksidaciono luženje halkopirita se odnosi na smanjenu brzinu rastvaranja halkopirita pri atmosferskim uslovima luženja, ali i pri umerenim temperaturama, oko 60°C. Vrš se ispitivanja i uticaja dodatka nekih alkohola (metanol, etanol, 2-propanol,..) na reakciju oksidacije i oksidacione proizvode halkopirita. Mnogi istraživači su ispitivali vrste i osobine reakcionih produkata koji se obrazuju na površini halkopirita koji utiču na brzinu oksidacije halkopirita. Pregled dostupne literature pokazuje da nema dovoljno podataka o ispitivanjima luženja halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida, kinetici procesa i mehanizmu oksidacije halkopirita.

Za potrebe istraživanja ove doktorske disertacije biće korišćena dostupna literatura iz ove oblasti, a ovde će biti navedeni samo najznačajniji, relevantni, radovi:

1. Adebayo, A.O., Ipinmoroti, K.O., Ajayi, O.O., 2003. Dissolution kinetics of chalcopryrite with hydrogen peroxide in sulphuric acid medium. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 17(3), 213–218.
2. Agacayak, T., Aras, A., Aydogan, S., Erdemoglu, M., 2014. Leaching of chalcopryrite concentrate in hydrogen peroxide solution. *Physicochemical Problems of Mineral Processing* 50 (2), 657-666.
3. Antonijević, M.M., Janković, Z.D., Dimitrijević, M.D., 2004. Kinetics of chalcopryrite dissolution by hydrogen peroxide in sulphuric acid. *Hydrometallurgy* 73, 329–334.
4. Turan, D. M., Soner Atundogan, H., 2013. Leaching of chalcopryrite concentrate with hydrogen peroxide and sulfuric acid in an autoclave system. *Metallurgical and Materials Transactions* 44B, 809-819.
5. Mahajan, V., Misra, M., Zhong, K., Fuerstenau, M.C., 2007. Enhanced leaching of copper from chalcopryrite in hydrogen peroxide–glycol system. *Minerals Engineering* 20, 670–674.
6. Vazarlis, H.G., 1987. Hydrochloric acid-hydrogen peroxide leaching and metal recovery from a Greek zinc-lead bulk sulphide concentrate. *Hydrometallurgy* 19 (2), 243–251.
7. Dimitrijević, M., Antonijević, M.M., Janković, Z., 1996. Kinetics of pyrite dissolution by hydrogen peroxide in perchloric acid. *Hydrometallurgy* 42 (3), 377-386.
8. Dimitrijević, M., Antonijević, M.M., Dimitrijević, V., 1999. Investigation of the kinetics of pyrite oxidation by hydrogen peroxide in hydrochloric acid solutions. *Minerals Engineering* 12 (2), 165 – 174.
9. Baba, A.A., Folahan, A.A., 2011. Comparative analysis of the dissolution kinetics of galena in binary solutions of HCl/FeCl₃ and HCl/H₂O₂. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials* 18 (1), 9-17.
10. Solis-Marcial, O.J., Lapidus, G.T., 2013. Improvement of chalcopryrite dissolution in acid media using polar organic solvents. *Hydrometallurgy* 131–132, 120–126.
11. Dutrizac, J. E., 1990. Elemental sulphur formation during the ferric chloride leaching of chalcopryrite. *Hydrometallurgy* 23, 153–176.
12. Habashi, F., 1978. *Chalcopryrite, its chemistry and metallurgy*, McGraw-Hill Inc., 142.
13. VelasquezYevenes, L., Nicol, M., Miki, H., 2010a. The dissolution of chalcopryrite in chloride solutions. Part 1. The effect of solution potential. *Hydrometallurgy* 103,108–113.
14. Velasquez-Yevenes, L., Miki, H., Nicol, M., 2010b. The dissolution of chalcopryrite in chloride solutions. Part 2. Effect of various parameters on the rate. *Hydrometallurgy* 103, 80–85.
15. Nicol, M., Miki, H., Velásquez-Yévenes, L., 2010. The dissolution of chalcopryrite in chloride solutions. Part 3. Mechanisms. *Hydrometallurgy* 103, 86–95.

16. Harmer, S., Thomas, J.E., Fornasiero, D., Gerson, A.R., 2006. The evolution of surface layers formed during chalcopyrite leaching. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70, 4392-4402.
17. Winand, R., 1991. Chloride hydrometallurgy. *Hydrometallurgy* 27, 85–316.
18. Li, J., Kawashima, N., Kaplun, K., Absolon, V.J., Gerson, A.R., 2010. Chalcopyrite leaching: the rate controlling factors. *Geochimica et Cosmochim Acta* 74, 2881–2893.
19. Lu, Z.Y., Jeffrey, M.I., Lawson, F., 2000a. The effect of chloride ions on the dissolution of chalcopyrite in acidic solutions. *Hydrometallurgy* 56, 189–202.
20. Watling, H.R., 2014. Chalcopyrite hydrometallurgy at atmospheric pressure: 2. Review of acidic chloride process options. *Hydrometallurgy* 146, 96–110.
21. Ngoc, N.V., Shamsuddin, M., Prasad, P.M., 1990. Oxidative leaching of an off grade/complex copper concentrate in chloride lixiviants. *Metallurgical Transactions B, Process Metallurgy* 21, 611–619.
22. Wang, S., 2005. Copper leaching from chalcopyrite concentrates. *JOM* 57(7), 48–51.
23. Sequeira, C.A.C., Santos, D.M.F., Chen, Y., Anastassakis, G., 2008. Chemical metathesis of chalcopyrite in acidic solutions. *Hydrometallurgy* 92, 135-140.
24. Ruiz, M.C., Montes, K.S., Padilla, R., 2011. Chalcopyrite leaching in sulfate–chloride media at ambient pressure. *Hydrometallurgy* 109, 37–42.

Pored navedene literature koristiće se i ostale reference koje su u vezi sa ispitivanom problematikom. Pretraživaće se dostupne elektronske baze i web-orijentisane platforme kao što su SCOPUS, KOBSON, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Engineering Village i drugi.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Polazne hipoteze na osnovu kojih je definisan predmet istraživanja, proizašle su iz analize dosadašnje naučne literature i utvrđenih realnih potreba za pronalaženjem efikasnog lužnog sistema za izdvajanje bakra iz halkopiritnog koncentrata. Osnovne postavke na kojima se bazira istraživanje mogu se ukratko izdvojiti:

- Halkopirit predstavlja jedan od najteže rastvornih sulfidnih minerala bakra, pri čemu je pri atmosferskim uslovima brzina luženja veoma mala.
- Upoređivanjem kinetike procesa luženja u hloridnoj i sulfatnoj sredini, pokazano je da se halkopirit brže luži u hloridnoj sredini usled nastanka poroznijeg sloja sumpora kao reakcionog proizvoda koji omogućava difuziju reaktanata kroz film proizvoda do reakcione površine.
- Efikasnije luženje bakra u kiseloj sredini moguće je ostvariti primenom jakog oksidacionog sredstva. Vodonik-peroksid je ekološki reagens koji pri učestvovanju u

različitim reakcijama, kao produkte razlaganja daje samo vodu i kiseonik. Zbog toga je vrlo pogodan za oksidaciju sulfidnih minerala.

- Pregled dostupne literature pokazuje da nema dovoljno podataka o ispitivanjima luženja halkopirita u sulfatnoj i hloridnoj sredini u prisustvu vodonik-peroksida, kinetici procesa i mogućem mehanizmu oksidacionog luženja halkopirita.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Eksperimentalne metode istraživanja

Eksperimentalna istraživanja u okviru ove doktorske disertacije biće obavljena u laboratorijama Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor i na Tehničkom fakultetu u Boru. Za ispitivanje procesa luženja halkopirita koristiće se uzorak koncentrata halkopirita iz Flotacije Veliki Krivelj. U cilju dobijanje što čistijeg koncentrata halkopirita (teoretski sadržaj bakra u halkopiritu je 34,6%), vršiće se prečišćavanje uzorka višestrukom selektivnom flotacijom. Dobijeni reflatirani uzorak će biti prosejan i izdvajani uzorci potrebne krupnoće za dalja ispitivanja. Pripremljeni uzorci biće čuvani u eksikatoru. Ostatak uzorka biće hermetički zapakovan i čuvan kao rezervni. Na polaznom uzorku će biti određen granulometrijski sastav i osnovne fizičko-hemijske karakteristike.

Za pripremu radnih rastvora za luženje biće korišćene hemikalije p.a. kvaliteta.

Za karakterizaciju ispitivanih uzoraka (polaznog uzorka i lužnih ostataka) koristiće se rendgenska difrakciona analiza (XRD). Skenirajuća elektronska mikroskopija sa energetsko-disperzivnom spektrometrijom (SEM-EDS) biće iskorišćena za proučavanje faznog i hemijskog sastava uzoraka. Lužni rastvori biće analizirani na sadržaj bakra i gvožđa metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS).

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Očekivani naučni doprinos ove doktorske disertacije se sastoji u sledećem:

- Karakterizacijom halkopiritnog koncentrata, korišćenjem navedenih eksperimentalnih metoda, biće određene njegove fizičke, hemijske, fizičko-hemijske i mineraloške karakteristike.
- Rezultati istraživanje luženja halkopirita u sumpornoj i hlorovodoničnoj kiselini u prisustvu vodonik-peroksida će doprineti razumevanju ponašanja halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu jakog oksidansa.
- Rezultati istraživanja oksidacionog luženja halkopirita će omogućiti određivanje uticaja brzine mešanja, temperature, veličine čestica, odnosa čvrsto-tečno, koncentracije vodonik-peroksida, koncentracije i prirode kiseline, uticaj dodatka alkohola na brzinu luženje bakra i gvožđa iz halkopiritnog koncentrata.

- Rezultati istraživanja pružice mogućnost za određivanje kinetike luženja halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida i predlaganje mogućeg mehanizma reakcije luženja.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

6.1. Plan istraživanja

Plan istraživanja, koji određuje tok rada na disertaciji, sastojace se iz sledećih faza:

- Pregled odgovarajuće naučne literature i sakupljanje relevantnih podataka
- Definisane predmeta i cilja istraživanja
- Priprema i karakterizacija uzorka koncentrata halkopirita
- Izvođenje eksperimenata
- Ispitivanje uticaja različitih parametara na proces oksidacionog luženja halkopirita: koncentracija kiseline, koncentracija vodonik-peroksida, uticaj dodatka alkohola, uticaj temperature, uticaj brzine mešanja, uticaj odnosa čvrsto:tečno, krupnoće čestica i dr.
- Proučavanje kinetike i mehanizma luženja halkopirita
- Analiza i diskusija rezultata
- Formulisanje odgovarajućih zaključaka

6.2. Struktura rada

Okvirna struktura doktorske disertacije sastojace se od sledećih poglavlja:

- Uvodna razmatranja
- Literaturni pregled i analiza dosadašnjih istraživanja
- Značaj i definisanje predmeta i cilja istraživanja
- Teorijske osnove
- Eksperimentalni deo
- Rezultati i diskusija
- Zaključak
- Literatura
- Biografija kandidata i spisak radova proisteklih tokom izrade doktorske disertacij

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu analize prijave i obrazloženja predložene teme doktorske disertacije, Komisija za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije kandidata Sanje Petrović, dipl. inž. rudarstva, zaključuje da kandidat ispunjava sve zakonske i suštinske uslove za izradu predložene doktorske disertacije. Takođe, Komisija zaključuje da prijavljena tema po predmetu istraživanja, ciljevima, sadržaju i očekivanim naučnim doprinosima, predstavlja značajno područje istraživanja i kao takva može biti predmet doktorske disertacije. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da se kandidatu Sanji Petrović odobri izrada doktorske disertacije pod nazivom: **„Luženje halkopirita u kiseloj sredini u prisustvu vodonik-peroksida“**. Takođe, Komisija predlaže da se za mentora imenuje prof. dr Grozdanka Bogdanović, vanredni profesor Tehničkog fakulteta u Boru koja ispunjava sve Zakonom predviđene uslove.

U Boru, septembra 2016. godine

ČLANOVI KOMISIJE

dr Grozdanka Bogdanović, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

dr Milan Antonijević, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

dr Časlav Lačnjevac, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Poljoprivredni fakultet u Beogradu

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

За кандидата: **Сања (Јован) Петровић**

Име и презиме ментора: **Проф. др Грозданка Богдановић**

Звање: **ванредни професор**

Установа у којој је запослен: **Технички факултет у Бору Универзитета у Београду**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M.M.Antoniјевић, **G.D.Bogdanović**, 2004. Investigation of the leaching of chalcopirytic ore in acidic solutions. Hydrometallurgy 73, 245-256. (ISSN 0304-386X; IF(2004) = 1,088).
2. M.M. Antoniјевић, **G.D. Bogdanović**, S.M. Šerbula, S.M. Milić, 2007. Influence of grain size on chalcopirite ore leaching in acidic medium. Journal of Serbian Chemical Society 72 (8-9), 911-919. (ISSN 0352-5139; IF(2007) = 0,536).
3. M.M. Antoniјевић, M.D. Dimitrijević, S.M. Šerbula, V.LJ. Dimitrijević, **G.D. Bogdanović**, M. Milić, 2005. Influence of inorganic anions on electrochemical behaviour of pyrite. Electrochimica Acta 50, 4160-4167. (ISSN 0013-4686; IF(2004) = 2,341).
4. M.M. Antoniјевић, M.D. Dimitrijević, Z.O. Stevanović, S.M. Šerbula, **G.D. Bogdanović**, 2008. Investigation of the possibility of copper recovery from the flotation tailings by acid leaching. Journal of Hazardous Materials 158 (1), 23-34. (ISSN 0304-3894; IF(2008) = 2,975).
5. Z.O. Stevanović, M.M. Antoniјевић, **G.D. Bogdanović**, V.K. Trujić, M.M. Bugarin, 2011. Influence of the chemical and mineralogical composition on the acidity of an abandoned copper mine in the Bor river valley (Eastern Serbia). Chemistry and Ecology 27(5), 401-414. (ISSN 0275-7540; IF(2011) = 0,615).
6. Z. Stevanović, M. Antoniјевић, **G. Bogdanović**, M. Bugarin, V. Trujić, R. Marković, D. Nedeljković, 2013. The effect of oxidants through a tailing dump depth and the leaching of copper. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 8(1), 29-38. (ISSN 1842-4090, IF(2013) = 0,727).
7. M. M. Antoniјевић, **G. D. Bogdanović**, M. B. Radovanović, M. B. Petrović, A. T. Stamenković, 2009. Influence of pH and chloride ions on electrochemical behavior of brass in alkaline solution. International Journal of Electrochemical Science 4(5), 654-66. (ISSN 1452-3981; IF(2009)=2,175).

Датум:

30.06.2016.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Драгана Живковић