

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
 РУДАРСКИ ФАКУЛТЕТ  
 ПРИЈЕДОР  
 Број: 21/1.262/15  
 Датум: 01.07.2015.

Образац-2

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
 ФАКУЛТЕТ: Рударски факултет, Приједор



**ИЗВЈЕШТАЈ**

**о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске тезе**

**ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

На четрдесетпрвој седници Научно-наставног већа Рударског факултета Приједор одржаној 09.04.2015. године, а у складу са чланом 71. Закона о високом образовању (Сл. гласник Републике Српске бр 73/10) и члана 52. Статута Универзитета у Бања Луци, донета је Одлука бр. 21/3.148/15 о именовану комисије за оцјену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације, именована је Комисија у саставу:

1. др Милена Костовић, редовни професор, ужа научна област „Заштита животне средине “ и „Припрема минералних сировина“, Рударско - геолошки факултет Београд, Универзитет у Београду председник Комисије, (ко-ментор),
2. др Надежда Ђалић, редовни професор, ужа научна област „Теоријски основи припреме минералних сировина“, Рударски факултет Приједор, Универзитет у Бања Луци - ментор,
3. др Свјетлана Средић, доцент, ужа научна област, „Неорганска и нуклеарна хемија“, Рударски факултет Приједор, Универзитет у Бања Луци - члан

Састав Комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звање, назив уже научне области за коју је изабран у звање, назив универзитета и факултета у којем је члан комисије стално запослен.

**I. 1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ, НАУЧНА И СТРУЧНА ДЈЕЛАТНОСТ КАНДИДАТА**

Име и презиме	Љиљана Танкосић
Година и мјесто рођења	17.11.1969.год.Приједор
Звање	магистар техничких наука у области рударства
Е-маил	ljiljana.tankosic@unibl.rs
Телефон	065-654-976; 052-241-660 посао

Научна област:	Рударство
Ужа научна област:	Припрема минералних сировина
Област и ужа специјалност	Рударство, Припрема минералних сировина
Основно образовање	Приједор
Средње образовање	Рударски техничар, Приједор

## II. СТРУЧНА БИОГРАФИЈА

### II. 1. ОСНОВНЕ СТУДИЈЕ

Година завршетка	1996. година
Мјесто	Београд
Институција	Рударско-геолошки факултет, Рударски одсјек
Област	Рударство
Ужа научна област	Припрема минералних сировина
Стечено звање	дипл. инж. рударства за припрему минералних сировина

### II. 2. МАГИСТАРСКА ТЕЗА

Година завршетка	2012. година
Мјесто	Београд
Институција	Рударско-геолошки факултет
Наслов магистарске тезе	Могућност концентрације лимонита из муља селективном флокулацијом и одмуљивањем
Област	Рударство, Припрема минералних сировина
Стечено звање	Магистар техничких наука у области рударства

### II. 3. ПОСАО

1997 – 1998. год	П.П. "Магаза", Београд
1998 - 2002. год.	Д.О.О. "Рударски институт" - Приједор; стручни сарадник из области припреме минералних сировина
2002-2009. год.	Универзитет у Бањој Луци, Технолошки факултет Бања Лука, стручни сарадник у настави
2009-2013. год.	Универзитет у Бањој Луци, Рударски факултет Приједор, стручни сарадник у настави
Од 2013г.	Универзитет у Бањој Луци, Рударски факултет Приједор, виши асистент
	Кандидат влада енглеским језиком

#### Списак објављених стручних радова:

1. Мирко Шаловић, Ратомир Поповић, Љиљана Танкосић, Евронорме у геотехници , Међународни научни скуп, Рачунарски интегрисане технологије у индустрији минерала, Приједор, 2001., 435-438
2. Жељка Марин, Љиљана Танкосић, Пречишћавање отпадних вода на мокрој спарацији „Крупац“, XIX Симпозијум о припреми минералних сировина , Топола-Опленац., Сарајево, 2004, 298-303
3. Љиљана Танкосић,, Љубица Фигун, Депоновање чврстог отпада у општини Приједор и перспективе рециклаже , I Симпозијум о рециклажним технологијама и одрживом развоју, Соко Бања 2006., 261-268
4. Љиљана Танкосић, Јелена Триван, Дражана Тошић, Љубица Фигун, Утицај ситних емитованих честица кречњачке прашине на животну средину у руднику Дреновача и могућност њене валоризације, Зборник радова са I округлог стола са међународним учешћем, Косовска Митровица, 2007.год., 166-174
5. Јелена Триван, Љиљана Танкосић, Дражана Тошић, Љубица Фигун, Анализа квалитета воде ријеке Сане на подручју општине Приједор у периоду од 1996 до 2005 год., Научно-стручни скуп Еколошка истина, Соко Бања 2007, 367-373
6. Слободан Мајсторовић ,Љубица Фигун, Љиљана Танкосић, Процјена утицаја експлоатације кречњака на животну средину, IV Научно-стручно савјетовање из области рударства, Требиње 2007., 47-52
7. Љубица Фигун, Дијана Топић, Љиљана Танкосић, Могућност примјене тракастих транспортера за транспорт кречњака са ПК Дреновача до отпремног депоа, Зборник радова, VII Интернационални симпозијум о транспорту и извозу, Тара 2008.,
8. Триван, Д. Тошић, Љ. Фигун, Љ. Танкосић, Истраживања опасности од изненадних продора воде у подземним рудницама угља у Србији, Златибор III Симпозијум са међународним учешћем „Рударство 2012“, 07-10 мај 2012.године

#### Списак објављених научних радова:

9. Надежда Ђалић, Бранка Вујин, Љиљана Танкосић, Флокулација као предуслов валоризације лимонита из муља, Научно стручни скуп, Рударство у будућности Републике Српске, Приједор, мај 2010., 73-81
10. Надежда Ђалић, Бранка Вујин, Љиљана Танкосић, Флокулација као предуслов валоризације лимонита из муља“, Монографија, Рударство у привреди и развоју Републике Српске, новембар, 2010., 113-122
11. Танкосић Љ., Ђалић Н., Костовић М., Таложeње лимонита и глине лежишта „Бувач“ примјеном хидролизованых полиакриламида, Рударски радови, N<sub>0</sub> /2014., 35-41.
12. Tankosic Lj, Calic N., Kostovic M., Selective flocculation of limonite and clay by polyacrylamides, XVI Balkan mineral processing congress, Belgrade, 17<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> June 2015.

#### НАУЧНИ ПРОЈЕКТИ

Сарадник на пројекту Министарства науке и технологије под називом „Истраживање релевантних феномена у процесима експлоатације минералних сировина“, 2009/10. год.



## 2. ЗНАЧАЈ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

### Значај истраживања.

У припреми минералних сировина специфичне проблеме представља присуство муљевитих класа, крупноће испод 25  $\mu\text{m}$ , а нарочито зрна колоидних димензија. Оваква зрна, по правилу, имају малу кинетичку енергију. С обзиром да дејство било које физичке силе на кретање зрна зависи од масе зрна, што је зрно ситније мање је дејство физичких сила. Због тога оваква зрна са течном фазом граде стабилан дисперзиони систем. Конверзија стабилног дисперзног система, у коме су честице дисперговане, у нестабилно стање се назива дестабилизација колоидних дисперзија и иста се може остварити коагулацијом или флокулацијом. Често су термини коагулација и флокулација синоними. Ипак постоје дискретне разлике. Ако се дестабилизација индукује преко неутрализације наелектрисања честица, додавањем неорганских хемикалија, процес се назива коагулација. Процес формирања већих агломерата честица у суспензији од већ формираних коагулацијом или непосредно деловањем реагенаса велике молекулске масе се зове флокулација. Агломерати настали коагулацијом су компактни, а честице су лабаво везане, док су флокуле крупније, у њима су честице снажно везане.

За постизање задовољавајуће брзине кретања најситнијих зрна потребно је створити услове који омогућују да се честице дисперзије доведу на довољно мало растојање да под утицајем Ван дер Валсових сила привлачења образују агрегате – флокуле. Овај поступак се често користи за практично решавање проблема кретања ових честица, нарочито код пречишћавања отпадних вода и таложења у многим процесима, у хемијској, прехранбеној, текстилној индустрији у, индустрији папира, рафинацији нафте и припреми минералних сировина.

У припреми минералних сировина много веће изазове представљају муљеви хетерогеног минералног састава са високим присуством и корисних и некорисних компонената. Одвајање корисних од некорисних компонената врши се у физичким пољима (гравитације, електромагнетном пољу, центрифугалном пољу) деловањем физичких сила (гравитацијске, магнетне, електричне, центрифугалне) које различитим интензитетом или у различитим правцима делују на зрна различитих физичких својстава. Физичке силе на зрна колоидних димензија (али и нешто крупнијих зрна) практично немају дејства. За екстракцију корисних минералних компонената из оваквих муљева налази примену поступак назван селективна флокулација, који подразумева селективну флокулацију минерала који желимо да издвојимо у виду исталоженог производа – концентрата или обрнуто. Селективна флокулација се може применити као поступак повећања кинетике процеса магнетске или флотацијске концентрације. Селективну флокулацију могуће је остварити захваљујући селективном деловању хемијских једињења - флокуланата које се одиграва у две основне фазе: селективном адсорпцијом на површинама честица које желимо да флокулирамо и кретање флокула под дејством физичке силе привлачења, гравитацијске код таложења, магнетске код магнетске и концентрације или силе адсорпције између флокула и ваздушних мехурића код флотацијске концентрације. Треба издвојити и магнетну селективну флокулацију магнетичних зрна која се одиграва проласком муља кроз постепено растуће магнетно поље у магнетним флокулаторима, који представљају цеви са постепеним повећањем магнетне индукције. Разне руде које садрже вредне минерале у виду муљева (злато, оксидни минерали као што су магнетит, хематит, илменит, рутил, минерали обојених метала, затим угаљ. нарочито антрацит) су тестирани на концентрацију финих честица технологијом која укључује селективну флокулацију пре раздвајања.

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације ће се вршити са циљем утврђивања услова за селективно деловање флокуланта на лимонит из муља који се добија као отпадни материјал на сепарацији руде гвожђа у Омарској, прво у погледу рН вредности и врсте и концентрације флокуланта, и друго потребе увођења, као и врсте и концентрације дисперзаната или модификатора површина лимонита како би процес селективне флокулације био могућ, што је од великог практичног значаја јер би био утврђен поступак за добијање производа тржишне вредности који за сада представља опасни отпад.

Оптимизацијом услова селективне флокулације строго ће се водити рачуна о одрживости процеса узимајући у обзир и еколошки аспект, што је посебно важно за заштиту животне средине.

Утврђивањем механизма флокулације коришћењем савремених метода испитивања адсорпције реагенаса на површини минерала, које нису у оваквим испитивањима до сада коришћене оствариће се научни допринос истраживања. Очекујемо да ће кандидат на бази резултата добијених у



експерименталним истраживањима и литературних података утврдити предност и недостатке поступака флокулације хидрофобним реагенсима. Као резултат докторске дисертације очекује се допринос општим познатим законитостима селективне флокулације.

### Преглед истраживања

Теоријске основе ових феномена или процеса дисперговања, коагулације и флокулације поставили су познати истраживачи Дерјагин, Ландау, Вервеи и Овербек (1.,2.,3., 4.,) у тзв. ДЛВО теорији половином прошлог века, по којој су за ове процесе, одговорне молекуларне, Ван-дер Ваалсове силе привлачења (коагулација) и електростатичке силе одбијања (дисперзија). По овој теорији, управљањем измена двојног електричног слоја честица–електрокинетичког потенцијала, може се управљати овим процесима.

Поједностављено, ова теорија описује стабилност хомогених колоидних система (дисперзију) као последицу преовладавања деловања електростатичке силе одбијања, настале формирањем двојног електричног слоја око наелектрисане честице, са високим вредностима електрокинетичког потенцијала. Захваљујући томе силе електростатичког одбијања честица надвладавају молекулске силе привлачења због чега је систем стабилан, нема кретања зрна нити спонтане коагулације или флокулације, која се може јавити код вишефазних система, код којих су честице различитог састава, имају наелектрисање различитог знака, високих вредности електрокинетичког потенцијала, услед чега долази до електростатичког привлачења честица, односно коагулације или флокулације, која је, у овом случају неселективна.

Многи аутори су се бавили флокулацијом као појавом која прати процесе припреме минералних сировина ситних класа у течној фази, било да је контролисана - пожељна или неконтролисана која може бити и пожељна али и непожељна [5, 6, 9, 22].

Светска истраживања у предметној области су актуелна већ више деценија. Од расположивих научних радова, извештаја и друге документације, као посебно карактеристичне и са важним импликацијама за истраживања и израду докторске дисертације, свакако не би требало изоставити следеће референце:

1. B. Derjaguin, L Landau Theory of the stability of strongly charged lyophobic sols and of the adhesion of strongly charged particles in solutions of electrolytes, Progress in Surface Science, Volume 43, Issues 1–4, May–August 1993, Pages 30-59
2. Stechemesser, H., & Dobias, B. (Eds.). (2005). Surfactant science series: Vol. 126. Dobias, B. Coagulation and flocculation 1962
3. Healy L.W., La Mer V.K. (1962) The adsorption flocculation reactions of a polymer with an aqueous colloidal dispersion J Phys. Chem., 66,
4. Tridib Tripathy, Bhudeb Ranjan De, A New Way to Treat the Waste Water Journal of Physical Sciences, Vol. 10, 2006, 93 – 127
5. Shaoxian Song, Alejandro López Valdivieso, Juan Luis Reyes Bahena HYDROPHOBIC FLOCCULATION APPLIED TO FINE MINERAL AND COAL PROCESSING, XXIII Convención AIMMGM '99, San Luis Potosí Iwasaki, I., Paul, St., Minn, Slective flocculation, magnetion separation, and flotation of ores, United States Patent 19, 1981, pp. 4, 298, 169.
6. Simon Biggs et all., Aggregate structures formed via a bridging flocculation mechanism, Chemical Engineering Journal V 80 , 1.dec 2000. pp 13-22
7. M. Glover et all., Bridging flocculation studied by light scattering and settling, Chemical Engineering Journal V 80 , 1.dec 2000. pp 3-12
8. Herman E. Ries Jr. at all Flocculation Mechanism: Charge Neutralization and Bridging
9. Ђалић Н., Теоријски основи припреме минералних сировина, Рударско-геолошки факултет Београд, 1990.
10. Ђалић Н., Припрема минералних сировина – припремни и помоћни процеси, Рударски факултет Приједор, 2012.
11. Милошевић, С., Суспензије: Аспекти селективне концентрације дијела чврсте фазе и раздвајања чврсте и течне фазе, Вишефазни дисперзни системи, ИТНМС Књига 4, Београд, 1997, стр 47-117.
12. Кнежић, Л., Коагулација и флокулација, Технолошко-металуршки факултет, Београд, 1972., стр. 138-165.
13. Drzymala, J., Foundations of theory and practice of minerallurgy, Mineral procesing, Wroclaw University of Tehnology, 2007, pp. 449-462.



14. Драшкић, Д., Индустриска примена припреме минералних сировина, Издавачко-информативни центар студената Београд, Београд, мај 1975.
15. Ishaque Abro, M., PhD Thesis, Up Gradation of Diliband Iron Ore, Mehran University of Engineering & Technology Jamshoro, Department of Mining Engineering, Pakistan, april, 2009.
16. Yan Gao, Alfonso Mucci, Individual and competitive adsorption of phosphate and arsenate on goethite in artificial seawater, *Chemical Geology* 199 (203) 91-109
17. Ljiljana Tankosić, Mogućnost koncentracije limonita iz mulja selektivnom flokulacijom i odmuljivanjem, Magistarska teza, RGF Beograd, 2012.
18. Z.loannou, A. Dimirkou, A. Ioannou, Phosphate Adsorption from Aqueous solutions onto Goethite, Bentonite, and Bentonite-Goethite System, *Water, Air, & Soil Pollution*, 2013, 224:1374.
19. Liu H., Chen T., Frost RL, An overview of the role of the Goethite surfaces in the environment. *Chemosphere* 2014. May; 103:1-11.
20. Ler A., Stanforth R., Evidence from surface precipitation of phosphate on goethite, *Environ Sci Technol.* 2003 JUN 15; 37(12):2694-700.
21. Mark Ma, The dispersive effect of sodium silicate on kaolinite particles in process water: implications for iron-ore processing, *Clays and Clay Minerals (Impact factor:1.4)*. 06/2011; 59(3):233-239.
22. Mark Ma, The significance of dosing sequence in the flocculation of hematite, *Chemical Engineering science (Impact factor:2,61)*. 05/2012; 73:51-54.
23. G.C. Sresty, P. Somasundaran, Selective flocculation of synthetic mineral mixtures using modified polymers, *International Journal of Mineral Processing*, 6 (1980) 303-320.
24. Kumari, N., Vidyadhar, A., Konar, J., Bhagat, R.P., Beneficiation of iron ore slimes from Karnataka through dispersion and selective flocculation, *Proceedings of the XI International Seminar on Mineral Processing Technology, (MPT-2010), Jamshedpur, India, 2010, pp. 564-571.*
25. Ignjatović M, Čalić N, Marković S, Ignjatović R., Development of a Combined Gravity and Magnetic Separation Process for Magnesite Ore Applying HGMS, *Proceeding of the IV Inter. Conference: Theoretical and Technological Problems of the Physical Processing of Raw Materials, Košice, Czechoslovakia, (1994)*
26. Ignjatović M, Čalić N, Marković Z, Ignjatović R. Development of a combined gravity-magnetic separation process for magnesite ore using HGMS, *Magnetic and Electrical Separation*, Vol.6. Amsterdam, Holland, (1995) pp.161-170,
27. Ђалић, Н., Глушац, М., Игњатовић, М., Limonite concentration from mud, *Annals of the University of Petrosani, Mining Engineering* 10, 2009, pp. 165-172.
28. Надежда Ђалић, Бранка Вујин, Љиљана Танкосић, Флокулација као предуслов валоризације лимонита из муља“, *Монографија, Рударство у привреди и развоју Републике Српске, новембар, 2010., 113-122*
29. Танкосић Љ., Ђалић Н., Костовић М., Таложење лимонита и глине лежишта „Бувач“ примјеном хидролизованог полиакриламида, *Рударски радови, NO /2014., 35-41.*
30. Tankosic Lj, Calic N., Kostovic M., Selective flocculation of limonite and clay by polyacrylamides XVI Balkan mineral processing congress, Belgrade, 17<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> June 2015.

У литератури су описани могобројни примери флокулације низа минерала у лабораторијским условима. За потребе израде ове докторске дисертације најинтересантнији су радови у којима се, поред научног приступа процесима и микропроцесима који су у живи интересовања, приказују резултати непосредног решавања селективне флокулације једног минерала из минералне парагенезе, који се много ређе описују и најчешће су заштићени патентима.

За сада се може сматрати да је поступак селективне флокулације је предуслов издвајања дефинитивног концентрата гвожђа из муљева. Суштина поступка састоји се у том, што се одабраним флокулантима изврши окрупњавање (флокуирање) само минерала гвожђа, а онда изврши селективно одвајање ових флокула у засебан концентрат. Поступак је нашао примену у САД код неких руда гвожђа, које захтевају далекосежно уситњавање до гкк 50 микрона, а посебно ако се тако ситне класе не могу успешно директно концентрисати. Имајући у виду да је далекосежно уситњавање далеко најскупљи поступак у припреми минералних сировина, када се на потрошњу енергије троши преко 80% укупних трошкова, и да се исплати уситњавање руде до те финоће, онда је потпуно неразумљиво да се не уложе средства да се поступак примени код постојећих муљева. Наравно захтевају се веома захтевна претходна истражиња.



У литератури су описани процеси припреме минералних сировина који укључују селективну флокулацију минерала гвожђа. Овде ће бити приказани само неки од њих. На погону Empire (САД) [14] овај поступак је примењиван на руди која садржи 35% Fe, а у којој је основни минерал гвожђа магнетит, кроз далекосежно уситњавање руде до финоће 95% класе -27  $\mu\text{m}$ . Овај поступак је изузетно скуп због велике потрошње енергије која се троши на уситњавање руде. Као реагенси се употребљавају водено стакло и тапиока штирак. У условима седиментације добија се у ствари предконцентрат ситних класа минерала гвожђа са садржајем до 50% Fe. Накнадном концентрацијом флокулираног производа (предконцентрата) добија се дефинитивни концентрат са око 66% Fe, при искоришћењу од око 80%. У индустријским условима поступак селективног флокулирања се обавља успјешније, ако се мљење обавља уз додатак NaOH, чиме се истовремено врши подешавање pH вредности пулпе до 10-10,5. Приликом додавања дисперзанта и селективног флокуланта, пожељно је и додавање CaCl<sub>2</sub>, посебно ако у самој руди и њеној пулпи нема јона калцијума. Овај поступак се може обавити и на хематитским рудама, с тим да се накнадна концентрација флокула хематита обави флотацијским путем.

У руднику Tilden, Cleveland Cliffs Iron Company, Upper Michigan [31, 15], поступак селективне флокулације се комерцијално примјењује од 1974. год. на руди гвожђа која садржи хематит као основни минерал гвожђа и кварц као основну јалову компоненту. Комбиновани поступак селективне флокулације и флотацијске концентрације, после мљења руде до гкк 30  $\mu\text{m}$  ради ослобађања хематита. Као дисперзант се користи водено стакло, кукурузни штирак као селективни флокулант хематита. Даље у поступку врши се одмуљивање диспергованог кварца, и флотирање кварца. Уз помоћ селективне флокулације сложеним поступком флотације и флокулације хематита из руде са 35% Fe добија се концентрат са 64% Fe, Проблем је мања селективности процеса као последица формирања „омотача“ кварца на минералном зрну хематита. Поступак је познат као „Tilden“ поступак. Истраживања се настављају у циљу побољшања резултата.

Рудници Camdag у Турској [15] такође су применили процес селективне флокулације при преради 31,6 милиона тона руда гвожђа. Минералшка испитивања су показала да се у руди, поред хематита као главног минерала, налазе и калцит, анкерит, клинохлор и кварц као минерал јаловине. Комбиновањем процеса селективне флокулације и флотације постигнуто је повећање Fe са 46,6% на 53,7% у коцентрату.

Године 1988 Godsworthis Mining Ltd (сада познат као BHP Iron Ore (Goldsworthy) Ltd) је оформио постројење за припрему минералних сировина у Finucane Island, Port Hedland [15]. У погону се од 1993.год. поступком селективне флокулације припрема руда крупноће испод 10  $\mu\text{m}$ . Садржај Fe у руди крупноће испод 10  $\mu\text{m}$  варира између 40 и 55%.

У раду [24] је описано добијање руде гвожђа из муља (Карнатака, Индија), применом селективне флокулације. XRD анализа показала је да узорак садржи хематит и гетит у већим количинама док се магнетит, каолинит и SiO<sub>2</sub> налазе у мањим количинама. Узорак муља, крупноће 78% -49  $\mu\text{m}$  садржао је 63,84% Fe, 2,64% SiO<sub>2</sub> и 3,98% глине. Као флокуланти кориштени су штирак и полиетиленоксид. Као дисперзант су кориштени натријумхексаметафосфат, натријумпирофосфат и дисперзант N6. Добијени резултати су показали да је применом ових флокуланата и дисперзаната могуће постићи око 95% искоришћења Fe из муља.

У радовима (25,26 и 27) су анализирани познати поступци концентрације лимонита из муљева, чији технолошки резултати веома много зависе од минералног састава, а који укључују селективну флокулацију лимонита. Такође су приказани и резултати индустријских испитивања концентрације лимонита на постројењу „Омарска“, поступком високоградијентне магнетне концентрације, уз претходно третирање муља површински активним једињењима, у циљу спречавања неселективне флокулације и истовремено смањење отпора средине кретању зрна. У раду су приказана само испитивања која се односе на лабораторијска испитивања могућности магнетске концентрације лимонита из прелива хидроциклона финоће 45%-0,005 mm у Омарској, који по актуелној шеми процеса представља јаловину. Такође рађена су испитивања магнетске концентрације са и без додецилбензосулфоната у циљу смањивања површинског напона на контакту минерално зрна-раствор. Поређењем ових резултата показано је да је овим поступком смањен отпор средине кретању зрна и преовладава магнетна сила привлачења у магнетном пољу сепаратора. Поређењем добијених резултата показано је да је применом натријум додецилбензосулфоната смањен отпор средине кретању зрна и преовладала магнетна сила привлачења у магнетном пољу сепаратора, што је омогућило добијање знатно бољих, у технолошком смислу задовољавајућих резултата концентрације у магнетном пољу сепаратора одговарајуће индукције.



Флокулација, а посебно селективна флокулација лимонита веома се ретко описује у литератури, мада су испитивања селективне флокулације лимонита Љубије, касније Омарске, а сада и Бувача били предмет испитивања домаћих истраживача. Раније није било објављених резултата, вероватно зато што нису добијени резултати који би се могли преточити у праксу.

На Рударском факултету у Приједору, Универзитета у Бањој Луци последњих година врше се опсежна фундаментална и лабораторијска испитивања могућности флокулације и селективне флокулације лимонита из муља (28,29,30). Наиме, у постројењу за припрему минералних сировина рудника „Омарска“, врши се сепарација лимонитне руде из лежишта „Бувач“ поступком класирања крупних класа и магнетном концентрацијом ситних класа. Руда гвожђа обилује великим количинама ситних класа са високим садржајем гвожђа. Неки делови лежишта „Бувач“ садрже масено и до 30% класе крупноће  $-25\ \mu\text{m}$ , са садржајем гвожђа приближно једнаким садржају у улазној руди, а често у богатим партијама руде садржај гвожђа је већи од захтеваног садржаја у концентрату (52-54%). У оквиру ових истраживања везаних за могућности повећања искоришћења лимонита, вршена су и истраживања валоризације лимонита из муља, који се за сада депонује као отпадни материјал, и то флокулацијом и одмуљивањем богатих партија руде, које садрже преко 50% Fe и селективном флокулацијом лимонита из сиромашних партија, одвајањем изфлокулираних талоба концентрата лимонита и прелива.

Позитивни резултати ових истраживања значе и могућност повећања искоришћења лимонита из руде и до 30%, а тиме и повећање укупних резерви лимонита. Треба нагласити да овај производ има особине природног окера, пигмента који има цену знатно већу од лимонита као сировине за производњу гвожђа, што би изменом тржишта значило већу економску корист. С друге стране, издвајање више од 50% масе из муља, који се депонује на одлагалишта, представља значајан допринос очувању животне средине.

Представљени су резултати у зависности од типа и концентрације флокуланта и дисперзанта, рН вриједности и времена таложења у различитим условима чврсте и течне фазе. Закључено је да разлике у таложењу лимонита из муља могу да се користе за одвајање лимонита из муља применом селективне флокулације [29,30].

#### **Радна хипотеза са циљем истраживања**

У складу са дефинисаним предметом и значајем истраживања, те актуелним светским трендовима у овој области истраживања основна хипотеза од које се полази у изради овог докторског рада базира се на данашњем нивоу теоријских и практичних сазнања и бројних позитивних искустава у области флокулације, али и многих других процеса у припреми минералних сировина. Полази се од чињенице да је поступак селективне флокулације специфичан за сваки пар минерала и за добро разумевање поступка за сваки пар минерала неопходно је посебно проучити сва четири корака поступка (дисперговање, адсорпција флокуланта, селективно флокулирање, одвајање флокула од избистреног раствора), што укључује експериментална истраживања и најсавременије технике научно-истраживачког рада, а квалитетна анализа резултата може дати значајан допринос науци, расветљавањем процеса који се примењује у веома различитим научним гранама.

Основни проблем који се јавља при сепарацији различитих минералних компонената из муљева јесте чињеница да се ради о изразито хетерогеним материјалима, различитости минерала из појединих лежишта тако да решени проблеми на пару минерала једног лежишта нису и за пар истих минерала другог лежишта.

Радна хипотеза ове докторске дисертације је да ће се, по аналогiji познатог деловања натријум олеата на површинама оксида гвожђа и њихове флотације уз пратећу флокулацију, и познатог деловања полиакриламида у својству типичног флокуланта доћи до нових сазнања о механизму флокулације на релацији адсорпција флокуланта - удруживање честица, адсорпцијом флокуланта измењених површина. Ово ће се остварити реализацијом непосредних циљева истраживања у оквиру предложене теме докторске тезе, а то јесте да се утврде услови селективне флокулације лимонита из мешавине са глином и дефинишу механизми флокулације лимонита деловањем површински активних једињења: високополарних полиакриламида и натријум олеата, првог који је познати флокулант чије дејство је кандидат за израду докторске дисертације и раније истраживао, и други познат као изванредан колектор у флотацијској концентрацији, који има особину да, као колектор са дугачким угљоводоничним радикалом, у условима флотирања изазове флокулацију минерала на чијој површини делује.



## Материјал и метод рада

Истраживања, у оквиру ове докторске дисертације, ће се вршити са циљем утврђивања услова за селективно деловање флокуланта на лимонит из муља који се добија као отпадни материјал на сепарацији руде гвожђа у Омарској. У истраживањима ће се користити савремене методе испитивања адсорпције реагенаса на површини минерала, које нису у оваквим испитивањима до сада коришћене

Експериментална испитивања вршиће се на узорку лимонита („чистог минерала“), на синтетичкој мешавини лимонита и глине и узорку муља који се добија као отпадни материјал на постројењу за концентрацију лимонита у Омарској. При испитивању ће бити кориштени: натријум силикат и натријумхексаметафосфат (као дисперзант), натријум олеат и полиакриламид са ознаком Superfloc A100 (као флокуланти). Сва експериментална испитивања могу се поделити на:

1. Испитивања карактеристика узорка за испитивања
2. Утврђивање услова селективне флокулације
3. Испитивање адсорпције реагенаса

За испитивања под тачком 1. Примениће се методе научно-истраживачког рада које ће омогућити добијање свих релевантних података од значаја за карактеризацију полазног узорка, првенствено у смислу одређивања гранулометријског, квантитативног хемијског и минералношког.

2. Утврђивање услова селективне флокулације вршиће се испитивања утицаја врсте и концентрације флокуланта (натријум олеат, олеинска киселина и полиакрил амид произвођача „Kemira“ са ознаком A100, врсте и концентрације дисперзанта или активатора, време таложења, масена концентрација чврсте фазе, рН вредност. Поред тога, испитаће се утицај претходне механохемијске активације минерала активирањем у микронизирајућем млину. У току испитивања пратиће се утицај вискозности медијума на брзину кретања појединачних зрна и флокула.

3. Испитивање адсорпције реагенаса вршиће се применом више метода научно-истраживачког рада и то:

- одређивањем електрокинетичког потенцијала лимонита у присуству различитих реагенаса, у функцији рН и концентрације реагенаса, методом мерења електрофоретске покретљивости честица.
- Методом мерења остатка\* у раствору, после адорпције испитиваног реагенаса, чиме очекујемо да се може утврдити минимална количина реагенаса потребног за дисперзију, активирање или флокулацију минерала, што може бити од великог значаја за економичност процеса, али и заштиту средине.
- На бази корелације електрокинетичког потенцијала лимонита без и у присуству одговарајућег регенаса, брзине таложења честица, мерења остатка реагенаса после адсорпције (без и после испирања адсорбованог регенаса), познатог хемијског састава и структуре молекула реагенаса, и познавања могућег начина њиховог деловања, претпоставиће се механизам флокулације чија ће примена резултирати најуспешнијом селективном флокулацијом лимонита.

\*Под „методом мерења остатка у раствору“ подразумевамо мерења применом UV-VIS (Shimadzu, опсег 190-110 nm) спектрофотометрије и то почетну концентрацију реагенаса и концентрацију реагенаса преосталог у раствору након деловања истог са испитиваним узорком. Када су у питању дисперзанти, биће коришћена стандардна метода одређивања фосфата са амонијум-молибдатом. Такође за одређивање полиакриламида и олеата биће испитана могућност примјене метода које су већ примењене у анализи других материјала („kongo red“). Методе пламене фотометрије (тип PFP 7-janwey) ће бити кориштене за одређивање почетне концентрације натријума у раствору воденог стакла и концентрације натријума након дјеловања истог на узорак.

Највећи дио испитивања ће се обавити у Лабораторији за припрему минералних сировина и Лабораторији за хемију на Рударском факултету у Приједору.

План рада обухвата неколико фаза.

I фаза: узимање узорка муља са постројења (прелив хидроциклона, класе -0,015 mm) као и узорци лимонита и глине са ПК „Бувач“, формираном из резерве узорка из одговарајућих бушотина



познатог хемијског састава;

II фаза: обрада узорака која подразумејева хомогенизацију и потом скраћивање узорака на количину потребну за испитивање;

III фаза: лабораторијска испитивања која обухватају карактеризацију муља, тј. одређивање гранулометријског састава муља и посебно одређивање минералног састава муља, посебно чистих минерала (лимонита и глине), одређивање квантитативног учешћа лимонита у руди,

IV фаза: утврђивање могућности селективне флокулације лимонита у функцији примењених регулатора рН, дисперганта, активатора и флокуланта при различитим концентрацијама и у функцији рН, и одређивања брзине таложења флокула.

V фаза: Утврђивање механизма флокулације на основу промена површине лимонита и глине без и у присуству реагенса одређивањем зета потенцијала, хемијског састава површина и раствора

### Научни допринос истраживања

Докторска дисертација са темом „Механизам флокулације лимонита дјеловањем површински активних једињења, натријум олеата и полиакриламида “ Кандидата мр Мр Љиљана С. Танкосић, дипл. инж. рударства, обухвата веома актуелна и значајна истраживања у области припреме минералних сировина. Може се очекивати да ће резултати истраживања ове докторске дисертације представљати допринос савременој, ефикаснијој припреми руда лимонита и допринос научном објашњењу флокулације, једном од поступака незаобилазних када се ради о муљевима, данас веома интересантном материјалу за добијање корисних производа или као отпад који представља потенцијалну опасност угрожавања животног простора и околине.

Доминантну улогу у оквиру истраживања која ће се спроводити на предметној теми има научна област припрема минералних сировина, али резултати који се очекују могу бити интересантни за све области у којима су интересантни муљеви.

Научне методе које ће бити коришћене су систематична лабораторијска испитивања флокулације чистих минерала у циљу утврђивања услова за селективну флокулацију и то у функцији врсте и концентрације дисперганта, флокуланта и евентуално активатора, затим метода одређивања наелектрисања и измена наелектрисања површина минералних честица у различитим стадијумима процеса одређивањем електрокинетичког потенцијала и хемијске инструменталне методе које треба да допринесу сагледавању стања и измена потршина, представљају допринос развоју процеса припреме руда лимонита, али и непосредни допринос и значај за изучавање механизма селективне флокулације уопште.

Научни допринос и значај ових истраживања је већи јер ће свакако у будућности селективна флокулација имати велику примену у припреми минералних сировина, с обзиром да се минералне сировине немилосрдн троше и резерве квалитетних руда све су мање, па се може очекивати у непосредној будућности експлоатација руда са врло високим степеном уситњавања.

## ОЦЈЕНА И ПРИЈЕДЛОГ

На основу свега изложеног Комисија сматра да Кандидат Љиљана С. Танкосић, дипл. инж. рударства, магистар техничких наука, испуњава све Законом предвиђене услове за пријаву и израду докторске дисертације под називом: „Механизам флокулације лимонита дјеловањем површински активних једињења: натријум олеата и полиакриламида “.

Предложена истраживања су научно и практично оправдана, а резултати који се очекују допринеће бољем познавању муљева, дисперговања и флокулације честица у грубим дисперзним системима, па





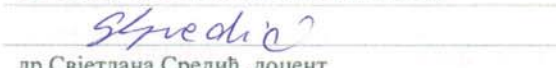
самим тим и контролисаног управљања овим процесима у припреми минералних сировина.

Комисија сматра да израдом ове докторске дисертације постоје реални услови да се очекивани циљеви остваре и да се дође до оригиналних ставова.

Комисија сматра да је предложена тема: „ Механизам флокулације лимонита деловањем површински активних једињења, натријум олеата и полиакриламида“ научно заснована и да може бити предмет докторске дисертације, јер очекивани резултати представљају значајан научни и стручни допринос решавању комплексног проблема валоризације минералних сировина, пре свега лимонитних руда гвожђа.

Због тога Комисија предлаже Научно-наставном већу Рударског факултета у Приједору и Сенату Универзитета у Бањој Луци да прихвати овај Извештај и да Кандидату мр Љиљани С. Танкосић, дипл. инж. рударства одобри израду докторске дисертације под називом: „ Механизам флокулације лимонита деловањем површински активних једињења, натријум олеата и полиакриламида“.

#### ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1.   
др Надежда Ћалић, редовни професор
2.   
др Милена Костовић, редовни професор
3.   
др Свјетлана Средић, доцент