

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

(Датум)

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

„Депримирање и активирање пирита у флотацијском систему на релацији пирит - ковелин“

НАУЧНА ОБЛАСТ Рударско инжењерство

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

Yuankun (Faming) Yang, маг. инж. рударства

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Рударско инжењерство

Џиангкси Универзитет за науку и технологију

- ### 3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2019.

4. Година upisa na doktorske studije: 2021/22.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Милена Костовић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Lazić, P., Kostović, M., & Nikšić, D. Pre-Concentration of Lead–Copper–Zinc Ore from the Rudnik Deposit by Gravity Method, Journal of Mining Science, Vol 61, No. 1, pp. 129-135, 2025, ISSN 1062-7391 (Print), 1573-8736 (Online), DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062739125010132>, M23, IF=0,8
<https://link.springer.com/article/10.1134/S1062739125010132>
2. Kostović, M., Lazić, P. Some Practical Aspects of Automatic Regulation and Control of Quartz Sand Preparation Process to Obtain Quality Products, Journal of Mining Science, Vol. 61, No. 2, pp. 322–329, 2025, ISSN 1062-7391 (Print), 1573-8736 (Online), DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062739125020164>, M23, IF=0,8
<https://link.springer.com/article/10.1134/S1062739125020164>
3. Yang, Y.; Kostović, M.; Deng, R.; Liao, Y. Study on the Inhibition and Activation of Pyrite Under Low Alkalinity Conditions Created by Hydrogen Peroxide and Lime, Minerals, Volume 15, Issue 11, 1177, 2025, ISSN 2075-163X, DOI: <https://doi.org/10.3390/min15111177>, M21, IF=2,5
<https://www.mdpi.com/2075-163X/15/11/1177>
4. Niksic, D., Lazic, P., Kostovic, M., Flotability of Chalcopyrite from the Rudnik Deposit. Journal of Mining Science, 2021, 57(3), pp. 523–530, ISSN 1062-7391 (Print), 1573-8736 (Online), DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062739121030170>, M23, IF=0,812
<http://link.springer.com/article/10.1134/S1062739121030170>
5. Kostovic, M., Vucinic, D., The influence of cyanide salts and ferrous sulphate on pyrite flotation. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 2016, 52(2), pp. 609–619, ISSN 1643-1049 (print) ISSN 2084-4735 (online); DOI: doi.org/10.5277/ppmp1602; M22, IF=0,935
<http://dx.doi.org/10.5277/ppmp160208>

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Др Александар Цвјетић, редовни професор

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 34. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 29.01.2026. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Yuankun Yang, маг. инж. рударства.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Депримирање и активирање пирита у флотацијском систему на релацији пирит – ковелин“.*
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За ментора се именује др Милена Костовић, ред. проф.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

П р е д с е д а в а ј у ћ и
Наставно-научног већа факултета

Проф. др Бранко Глушчевић, продекан

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Научна заснованост теме докторске дисертације кандидата Yuankun Yang-a, мастер инжењера рударства

На седници Наставно-научног већа, која је одржана 25.12.2025. године (одлука бр. 1/428 од 29.12.2025. године) именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Yuankun Yang-a, мастер инжењера рударства, под називом: „Депримирање и активирање пирита у флотацијском систему на релацији пирит – ковелин”.

На основу приложеног материјала, уз захтев кандидата, и на основу спроведене одбране предложене теме, која је организована 08.01.2026. године у 12 сати на Рударско-геолошком факултету, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1. Биографија кандидата

Кандидат Yuankun Yang рођен је 3. јуна 1985. године у Санмингу (Sanming), у Народној Републици Кини. Основне студије завршио је 2007. године на Анхуи Универзитету за науку и технологију (Anhui University of Science and Technology) у Кини, а мастер академске студије 2019. године на Јиангкси Универзитету за науку и технологију (Jiangxi University of Science and Technology) у Кини. Школске 2021/22. године уписао је докторске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство.

Након што је дипломирао, 2007. године запослио се у компанији Zijin Mining Co., Ltd. Тренутно ради као заменик генералног директора фирме Zijin Mining Group, са више од 17 година искуства у рударској индустрији, и то у области безбедности рударске производње и техничког управљања. Носилац је више кинеских сертификованих стручних квалификација (лиценци), укључујући: инжењера за безбедност (China Certified Safety Engineer), стручњака за здравље на раду (China Certified Occupational Health Specialist) и вишег инжењера припреме минералних сировина (China Senior Mineral Processing Engineer).

Од 2007. године, у фирми Zijin Mining Group, поред претходно наведених активности, ангажован је и у управљању технолошких процеса припреме минералних сировина и научно-истраживачког рада. Током овог времена, предводио је тимове у бројним

пројектима изградње, производним операцијама, активностима пуштања у рад процеса и техничко-истраживачких активности.

Репрезентативни пројекти те врсте су:

1. Пројекат повећања капацитета постројења за припрему минералних сировина рудника бакра и злата Чукару Пеки
2. Истраживачко-апликативни пројекат кључних технологија за ефикасно искоришћење сложених руда бакра и злата са високим садржајем сулфида
3. Пројекат изградње рудника бакра и злата Чукару Пеки - Експлоатација и припрема минералних сировина
4. Индустијско-истраживачки пројекат примене Кнелсон концентратора у постројењу за припрему руде бакра бр. 3, рудника злата и бакра Зијиншан (Zijinshan).
5. Пројекат изградње новог флотацијског постројења Зијиншан (Zijinshan) рудника злата и бакра, капацитета 45.000 т/д.
6. Пројекат изградње и пуштања у рад флотацијског постројења, капацитета 2×5000 т/д, рудника злата и бакра Зијиншан (Zijinshan)
7. Пројекат изградње и пуштања у рад флотацијског постројења, капацитета 8000 т/д, рудника злата и бакра Зијиншан (Zijinshan)

Поред наведених пројеката, такође је учествовао у бројним научним и технолошким истраживачким активностима, као што су:

1. Експериментално истраживање оптимизације процеса флотирања руде са високим садржајем сулфида у руднику бакра у Фуџиану (Fujian)
2. Експериментално истраживање на искоришћењу бакра и кобалта из декарбонизованих концентрата високо угљенично-шкриљасте руда бакра и кобалта у Конгу (Киншаса)
3. Флотацијско понашање и механизам микронског апатита и илита у системима раствора различитих електролита
4. Флотацијско испитивање високо квалитетних секундарних сулфидних руда бакра из Србије
5. Утицај параметара млевења на гранулометријски састав галенита и флотабилност
6. Контрола флотирања халкозина путем површинске електрохемије применом медијума за фино млевење
7. Утицај конструкције импелера и оперативних параметара високо интензивног система кондиционирања на флотирање ситнозрног пирита
8. Електрохемијски механизам утицаја особина самлевених продуката на флотацију пирита
9. Односи између фино самлевог пирита у специјалним и класичним млиновима са куглама, особина продуката и флотабилности
10. Проучавање инхибиције и активирања пирита у условима слабе базичности регулисане са водоник-пероксидом и кречом
11. Управљање флотацијском јаловином као рударским отпадом на руднику бакра и злата Чукару Пеки
12. Безбедносни изазови у транспорту концентрата бакра: TML као гранични параметар стабилности поморског терета

1.2. Предлог теме докторске дисертације

Кандидат Yuankun Yang, мастер инж. рударства у својој пријави (бр. 1/410 од 15.12.2025. године) предложио је тему докторске дисертације под називом:

„Депримирање и активирање пирита у флотацијском систему на релацији пирит – ковелин”.

На седници Катедре за припрему минералних сировина, одржаној 16.12.2025. године, разматрана је иста пријава. Предложена тема је усвојена и покренут је поступак за именовање Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.

Предлогом од стране Катедре за припрему минералних сировина (заведено под бр. 1/416 од 16.12.2025. године), предложена је Комисија у следећем саставу: др Милена Костовић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, др Предраг Лазић, ред. проф. Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Јасмина Нешковић, научни сарадник Рударског института у Београду. На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, која је одржана 25.12.2025. године (одлуком бр. 1/428 од 29.12.2025. године) именована је иста Комисија за оцену научне заснованости предложене теме.

1.3. Подаци о претходном школовању кандидата и о оствареним ЕСПБ бодовима на докторским студијама

Кандидат Yuankun Yang основне студије, у трајању од 4 школске године, завршио је на Анхуи Универзитету за науку и технологију (Anhui University of Science and Technology), на смеру Технологија прераде руда, Хуанџан, Кина, 2007. године. Мастер академске студије, у трајању од 3 школске године, кандидат је завршио 2019. године на Јиангкси Универзитету за науку и технологију (Jiangxi University of Science and Technology), Ганзхоу, Кина, на смеру Рударско инжењерство.

Школске 2021/22. године кандидат Yuankun Yang уписује докторске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство. До сада је положио свих 16 испита предвиђених студијским програмом, са просечном оценом 9,94 (девет 94/100) , и остварио 175 ЕСПБ бодова.

У наредној табели дат је списак положених испита са оценом:

Назив	Оцена
Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству	10
Нелинеарна динамика	10
Израда докторске дисертације 1	10
Савремени материјали	10
Израда докторске дисертације 2	10
Примена метода меког рачунарства у рударском инжењерству	10
Израда докторске дисертације 3	10
Теоријски принципи уситњавања и класирања	10
Теоријски принципи флотацијске концентрације	10

Одабрана поглавља из специјалних и помоћних процеса у припреми минералних сировина	9
Израда докторске дисертације 4	10
Теоријски принципи лужења и екстракције минералних и техногених сировина	10
Научно-истраживачки рад 1	10
Научно-истраживачки рад 2	10
Израда докторске дисертације 5	10
Израда докторске дисертације 6	10

1.4. Оцена важнијих радова кандидата

Као аутор и коаутор, Yuankun Yang објавио је укупно 22 научна и стручна рада, од којих је 10 радова објављено у часописима за које не постоји категорија у бази КОБСОН, а како следи:

M21 – Радови у врхунском међународном часопису

1. Mitrašinović, A.M.; **Yuankun, Y.**; Stopic, S.; Radosavljević, M. Feasibility of Recovering Valuable and Toxic Metals from Copper Slag Using Iron-Containing Additives. *Metals* 2023, 13, 1467. <https://doi.org/10.3390/met13081467>. IF:2.8
2. Su Liao, Yanming Wu, **Yuankun Yang**, Luandong Wu, Guohong Gu, Yanhong Wang. Flotation behavior and mechanism of microfine apatite and illite in different electrolyte solution systems[J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2024, 699:134563. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134563>. IF:4.2
3. Guo, M.; **Yang, Y.**; Yu, S.; Wu, Y.; Gu, G.; Wang, Y.; Li, Q.; Chen, J. Effects of Grinding Parameters on Galena Particle Size Distribution and Flotation Performance. *Minerals* 2025, 15, 618. <https://doi.org/10.3390/min15060618>. IF:2.5
4. Qingke Li, Yanming Wu, Bingchao Lv, Chongzong Ouyang, Luandong Wu, Yanhong Wang, Guohua Gu, **Yuankun Yang**. Fine-grinding media control chalcocite flotation through surface electrochemistry[J]. *Minerals Engineering*, 236 (2026) 109960. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2025.109960>. IF:4.8
5. Qingke Li, Jianghui Zhou, Yanming Wu, **Yuankun Yang**, Yanhong Wang, Guohua Gu, Binqing Liu. Influence of the impeller structure and operating parameters of a high intensity conditioning system on the flotation of fine-grained pyrite [J]. *Minerals Engineering*, 228 (2025) 109363. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2025.109363>. IF:4.8
6. Qingke Li, Yanming Wu, Luandong Wu, **Yuankun Yang**, Yanhong Wang, Guohua Gu. The electrochemical mechanism of the influence of grinding product properties on pyrite flotation [J]. *Surfaces and Interfaces*, 72 (2025) 107314. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2025.107314>. IF:5.1
7. Qingke Li, Luandong Wu, **Yuankun Yang**, Guohua Gu, Yanhong Wang. The relationship among pyrite fine grinding by stirred ball mill and tumbling ball mill, the properties of the product and the flotation behavior [J]. *Minerals Engineering*, 229 (2025) 109401. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2025.109401>. IF:4.8
8. **Yang, Y.**; Kostović, M.; Deng, R.; Liao, Y. Study on the Inhibition and Activation of Pyrite Under Low Alkalinity Conditions Created by Hydrogen Peroxide and Lime[J]. *Minerals* 2025, 15, 1177. <https://doi.org/10.3390/min15111177>. IF:2.5

M22 – Радови у истакнутом међународном часопису

1. Wenting Duan, Yi Wang, Feng Rao, Wenyan Liu, **Yuankun Yang (Corresponding author)**, Rongdong Deng. Correlation Between the Mineralogical Properties and Oxidation Rate of Different Mineralogical Pyrites: a Reflection on Floatability[J]. Mining, Metallurgy & Exploration, 2023:40 (5), 2219-2230. <https://doi.org/10.1007/s42461-023-00811-4>. IF:1.8

M33 –Саопштења са међународног скупа штампана у целини

1. C. Ouyang, B. Lv, K. Jia, **Y. Yang**. Study on the Application of High-Efficiency and Environment-Friendly Copper Collector to Associated Copper in an Iron Ore. Proceedings – IMPRC 2023, XV International Mineral Processing and Recycling Conference, 17–19 May 2023, Belgrade, Serbia https://imprc.tfbor.bg.ac.rs/download/IMPRC_2023_Proceedings.pdf
2. **Y. Yuankun**, D. Mirović. Dam Breach Analysis Using HEC-RAS: A Case Study of Copper and Gold — Čukaru Peki Mine Dams. Proceedings – IMPRC 2023, XV International Mineral Processing and Recycling Conference, 17–19 May 2023, Belgrade, Serbia https://imprc.tfbor.bg.ac.rs/download/IMPRC_2023_Proceedings.pdf
3. Milovanović Brkić, **Y. Yuankun**, N. Budjelan. Management of Flotation Tailings as Mining Waste at the Copper and Gold Mine “Čukaru Peki”. Proceedings – IMPRC 2023, XV International Mineral Processing and Recycling Conference, 17–19 May 2023, Belgrade, Serbia https://imprc.tfbor.bg.ac.rs/download/IMPRC_2023_Proceedings.pdf
4. Dušica Mirović, **Yuankun Yang**, Shengli Yu. Safety Challenges in Transport of Copper Concentrate: TML as a Boundary Parameter of Maritime Cargo Stability. IOC 2025, International October Conference on Mining and Metallurgy (IOC), Bor Serbia https://ioc.tfbor.bg.ac.rs/public/2025/Proceedings_IOC_2025.pdf

Радови објављени у часописима који нису у бази КОБСОН:

1. **Yang Yuankun**. Experimental Research on the Flotation Process Optimization of a High Sulfur-Copper Ratio Mine in Fujian[J]. Fujian Metallurgy, 2022,51(03):8-11. DOI:10.19574/j.cnki.issn1672-7665.2022.03.002.
2. Liao Yinying, **Yang Yuankun**, Wang Junrong, Deng Rongdong. Process Mineralogy and Recoverability Evaluation of a Porphyry Gold Deposit [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2022: (03),1-8. DOI:10.3969/j.issn.1671-9492.2022.03.001. IF:2.263
3. **Yang Yuankun**. “Five-in-One” Method to Improve the Process Technology Management Level of the Mineral Processing Plant[J]. China Molybdenum Industry,2022,46(03):61-64. DOI:10.13384/j.cnki.cmi.1006-2602.2022.03.012. IF:0.48
4. **Yang Yuankun**, Liao Yinying, Zeng Huiming. Experimental Study on Recovery of Copper and Cobalt from Decarburized Concentrate of High-Carbonaceous-shale Copper-Cobalt Ore in Congo (Kinshasa) [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section),2023(04):59-65+85. DOI:10.3969/j.issn.1671-9492.2023.04.008. IF:2.263
5. **Yang Yuankun**, Liao Yinyin, Wu Luandong, Wang Jinqing. Study on Grinding Power Load Distribution of SAG Mill and Ball Mill Grinding System in a Copper Mine Concentrator [J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section),2024(06):94-98+144. DOI:10.3969/j.issn.1671-9492.2024.06.012. IF:2.263

6. Liao Yinying, **Yang Yuankun**, Wang Yanjun, Wang Junrong. Mineralogical Study on Change of Water Content in Flotation Copper Concentrate[J]. *Nonferrous Metals Engineering*, 2023:6(13),435-438. DOI:10.3969/j.issn.2095-1744.2023.Z1.072. IF:0.74
7. Wang Yanjun, **Yang Yuankun**, Liao Yinying, Wang Junrong. Study on Basic Mineralogy of Production Overflow Samples from a Porphyry Copper Mine [J]. *Nonferrous Metals Engineering*, 2023:6(13),67-70. DOI:10.3969/j.issn.2095-1744.2023.Z1.008. IF:0.74
8. Zhao Ruquan, Wei Zhuanhua, **Yang Yuankun**, Sun Zhongmei, Yang Songtao, Jia Kaikai. Flotation Study on an European High-sulfur Secondary Copper-gold Ore under Low-alkali Conditions[J]. *Nonferrous Metals Engineering*, 2023:6(13),295-301,311. DOI:10.3969/j.issn.2095-1744.2023.Z1.047. IF:0.74
9. Zeng Jimin, **Yang Yuankun**, Liao Yinying, Wang Yanjun. Study on the Mineralogical of Propyry Gold Mine from Shanxi Province [J]. *Nonferrous Metals Engineering*, 2023:6(13),71-76. DOI:10.3969/j.issn.2095-1744.2023.Z1.009. IF:0.74
10. **Yang Yuankun**, Liao Yinying. Flotation Test of a High-grade Secondary Copper Sulfide Ore from Serbia[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2025, 46(3): 180-185,195. doi:10.12476/kczhly.202303070109. IF:1.2-1.5

Као резултат приложене библиографије, кандидат је објавио 8 радова категорије M21, 1 рад категорије M22, 4 рада у зборницима радова са међународних научних конференција, као и 10 радова који су објављени у часописима који нису у бази КОБСОН.

Библиографија кандидата Yuankun Yang-а показује широк опсег интересовања, како у области фундаменталних/теоријских, тако и у области примењених лабораторијских и индустријских истраживања. Истраживања кандидата су највећим делом из области флотацијске концентрације, посебно сулфидних руда бакра, руда бакра са златом или кобалтом, затим минерала пирита, али и других минерала (галенита, апатита и илита). Поред тога, истиче се и научно-истраживачки и стручни рад кандидата у области млевења, што потврђује и неколико радова из ове области. Рад кандидата у овим областима карактерише интеграција фундаменталне теорије и индустријске праксе — кроз лабораторијска истраживања разјашњава механизме међуфазних интеракција и електрохемијско понашање минерала, док техничку изводљивост потврђује великим бројем индустријски оријентисаних експеримената. Његова истраживања обухватају, поред кинеских ресурса (Фуђијан, Шанси итд.), и међународне ресурсе (Конго – Киншаса), као и ресурсе у Србији. Резултати ових истраживања су објављени и у кинеским „core“ часописима и у међународним ауторитетним часописима (нпр. *Minerals Engineering*, *Colloids and Surfaces A*, *Metals*, *Minerals*), што у потпуности одражава академски утицај, али и практичну вредност његовог истраживања у ужој научној области припреме минералних сировина у рударству.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Како сулфидна лежишта руда бакра све више показују карактеристике које се односе на низак квалитет, ситнозрн гранулометријски састав и сложен минерални састав, побољшање свеобухватног искоришћења ресурса постало је основни изазов у области припреме минералних сировина. Приликом флотацијске концентрације сулфидних минерала, пирит, као најчешћи сулфидни минерал гвожђа, често показује флотабилност која може бити компатибилна са другим корисним минералима присутним у флотацијском систему, посебно са сулфидним минералима бакра, олова и цинка. Ова компатибилност често доводи до израженог међусобног присуства минерала у концентратима и пада квалитета

концентрата, чиме се директно нарушавају коначне перформансе селективног раздвајања и свеукупног искоришћења ресурса. Сходно томе, постизање селективног депримирања и контролисаног активирања пирита је од кључног значаја за оптимизацију процеса селективног раздвајања минерали бакра – пирит и омогућавање синергијског искоришћења корисних елемената.

Флотацијско понашање пирита регулишу вишеструки фактори у интеракцији и механистички је сложено. Ови утицајни фактори могу се широко сврстати у три категорије: (а) површинске особине минерала, као што су оксидацијско стање и природна хидрофобност / хидрофилност; (б) примењени реагенси у флотацијском систему, што укључује врсту, дозирање и синергистичке ефекте деприматора / активатора и колектора; и (ц) хемијске карактеристике пулпе, као што су рН, растворени јони метала и присутне друге компоненте. Поред тога, физичке методе претходног третмана (нпр. ултразвучни третман), такође, могу утицати на флотабилност пирита модификацијом површинских карактеристика. Ови фактори колективно делују на граници фаза чврсто (минерал) – течност – гасовито (ваздушни мехурић), што коначно одређује флотабилност пирита. Стога, систематско разјашњавање механизма депримирања и активирања пирита у флотацијским системима са различитим реагенсима, заједно са јасним разумевањем синергијских интеракција између контролисаних фактора, од великог је теоријског, фундаментарног значаја за разумевање и објашњење ових феномена, али, такође, и инжењерског значаја за вођење индустријске праксе и развој високо ефикасних процеса селективног раздвајања.

Ова докторска дисертација проучава флотабилност пирита – природну и индуковану – у присуству различитих колектора у различитим условима рН, са циљем избора одговарајућег деприматора како би се осигурало: (а) депримирање пирита, чиме се стварају повољни услови за флотацију ковелина, и (б) максимална флотабилност пирита уз минималну потрошњу колектора, после активирања овог минерала у систему ковелин – пирит. Сва ова проучавања реализоваће се у флотацијском систему на релацији пирит – ковелин, зато што је фокус свих ових феномена често присутан код руда бакра са пиритом. Стога, ова докторска дисертација има за циљ да утврди и дефинише флотабилност пирита у условима депримирања и активирања у различитим флотацијским системима у присуству различитих флотацијских реагенса (првенствено деприматора и активатора, као и колектора), максимизирајући флотацијску селективност пирита у односу на ковелин и објасни узроке максималне флотацијске селективности. Конкретно, неопходно је тумачити квалитативне промене на површини пирита и механизам реакције пирита када флотацијска селективност достигне максимум.

Очекује се да ће дисертација постићи:

- Да разјасни конкурентно, адсорпционо понашање, ефикасне опсеге активног деловања и интерактивне механизме различитих деприматора и активатора на површини пирита; да се разјасни како кључни услови хемијског састава течне фазе регулишу ефикасност адсорпције реагенаса и селективност флотације променом површинског наелектрисања, равнотеже растварања или индукованог формирања површинских продуката; и да открије како варијације у површинским физичко-хемијским својствима утичу на макроскопско флотацијско понашање.
- Вођени механистичким разумевањем, ова докторска дисертација има за циљ да оптимизира реагенсни режим и процесне параметре прилагођене карактеристикама руде, и да успостави синергистичку технологију одвајања, која интегрише „јако

депримирање пирита (за селективно флотирање минерала бакра)” са „ефикасним активирањем и искоришћењем пирита”. Ово ће обезбедити теоријску валидацију и практично изводљиво решење за свеобухватно искоришћење лежишта и сличних сложених руда бакра са високим садржајем пирита.

- Кроз систематско истраживање реверзибилног процеса регулације „депримирање - активирање” пирита, очекује се да ће ово истраживање допринети разумевању и објашњењу овог феномена, односно дати одговоре на нека кључна научна питања у разматраном флотацијском систему, посебно везано за квалитативне промене на површини пирита и обогатити теоријска сазнања са аспекта селективног раздвајања сулфидних минерала бакра и пирита.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ОД КОЈИХ ЋЕ СЕ ПОЛАЗИТИ У ИСТРАЖИВАЊУ

- Иако има једноставан хемијски састав, пирит поседује сложену електронску и кристалну структуру, која је веома значајна за адсорпцију колектора и флотабилност. Природна и индукована флотабилност пирита зависи од услова који владају у флотацијском систему, посебно од примењених реагенса, рН система, присутних других минерала и др.
- Флотабилност пирита и ковелина условљена је њиховим физичко-хемијским својствима и различитом адсорпционом активношћу према флотацијским реагенсима, што коначно одређује интеракцију минерала са ваздушним мехурићима у пулпи.
- Показано је да и пирит и ковелин показују високу адсорпциону активност према колекторима (нпр. ксантатима), као и да промене рН могу различито утицати на флотабилност ова два минерала. Такође, пирит се може, мање или више, успешно депримирати и активирати у појединим фазама процеса селективног флотирања минерала бакра и пирита. Сходно томе, интеракција између колектора и пирита, као и ковелина, може значајно варирати у зависности од врсте и концентрације колектора, али и примењених других реагенса у флотацијском систему, посебно деприматора и активатора пирита, као и регулатора рН.
- Пирит и ковелин имају различите електрохемијске потенцијале; у контролисаним условима додавање реагенса може изменити електрохемијске услове и у пулпи и на површини минерала, што може бити значајно за флотабилност пирита (и ковелина) у задатим условима.

4. МЕТОДЕ КОЈЕ ЋЕ СЕ У ИСТРАЖИВАЊУ ПРИМЕНИТИ

Истраживање је фундаменталног и експерименталног карактера. Испитивања ће бити изведена на чистим минералима пирита (и ковелина), применом следећих научних и експерименталних метода:

- рендгенска дифракциона анализа (XRD)
- одређивање зета потенцијала
- одређивање угла додира
- SEM анализа (скенирајућа електронска микроскопија)

- XPS анализа (рендгенска фотоелектронска спектроскопија)

Наведене методе су стандардне у фундаменталним истраживањима у области флотацијске концентрације. Опити флотирања у флотацијској ћелији биће коришћени за утврђивање флотабилности пирита (природне; у присуству различитих реагенса типа деприматора, активатора и колектора – појединачно и заједно, при различитим концентрацијама, као и различитим рН). Поред тога, у овим истраживањима ће се испитати и утицај јона (као што су јони алуминијума и гвожђа) на флотабилност пирита у специфичном систему са колектором, а коначно ће ови резултати бити верификовани на актуелним минералима.

За услове у којима се постиже максимална флотабилност пирита (испитивања на чистим минералима), биће примењена метода мерења зета потенцијала и угла додира, SEM анализа и XPS анализа ради идентификације површинских промена и механизма реакција у систему пирит – деприматор/активатор/колектор.

Допунске методе (хемијска анализа, оптичка микроскопија, рендгенска дифракција) биће коришћене по потреби за карактеризацију и припрему узорака.

5. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекује се да се дисертацијом оствари:

- Разјашњење конкурентног адсорпционог понашања, ефективних опсега деловања и интерактивних механизма различитих деприматора и активатора на површини пирита; такође, разјашњење како кључни услови хемијског састава течне фазе регулишу ефикасност адсорпције реагенса и флотацијску селективност путем промене површинског наелектрисања, равнотеже растварања или индукованог настанка површинских продуката; и откривање како варијације у физичко-хемијским својствима површине утичу на макроскопско флотацијско понашање.
- оптимизација реагенског режима и процесних параметара прилагођених карактеристикама руде и успостављање синергијске технологије раздвајања која интегрише „јако депримирање пирита (за селективно флотирање минерала бакра)” са „ефикасним активирањем и искоришћењем пирита”. Ово ће обезбедити теоријски потврђено и практично изводљиво решење за свеобухватно искоришћење овог лежишта и сличних, сложених руда бакра са високим садржајем сулфурних минерала.
- Кроз систематско испитивање реверзибилног процеса регулације „депримирање – активирање пирита”, очекује се да ће дисертација дати одговор на научна питања која се односе на дефинисање квалитативних промена на површини пирита и његово понашање у флотацијском систему за испитиване услове, што ће коначно допринети и обогаћивању теоријских, фундаменталних сазнања, посебно у области селективног раздвајања сулфидних минерала бакра и пирита и пружити солидну теоријску основу за развој „зелених” и ефикасних технологија припреме минералних сировина.

6. ОКВИРНИ СПИСАК ЛИТЕРАТУРЕ

Оквирна листа библиографских јединица које ће бити коришћене приликом израде докторске дисертације:

1. Finkelstein, N. P. The activation of sulphide minerals for flotation: a review, *International Journal of Mineral Processing*, 1997,52(2-3): 81-120.
2. Bulatovic, S. M. *Handbook of Flotation Reagents Vol 1 Flotation of Sulfide Ores*, 2007: P81-86.
3. Heyes G W, Trahar W J. The natural floatability of chalcopyrite. *Int. J. Miner. Process.* 1977,4:317-344.
4. Richardson P E, Walker G W. The flotation of chalcocite, bornite, chalcopyrite, and pyrite in an electrochemical flotation cell. In: XVth international mineral processing congress, 1985, pp.198-210.
5. Guy P J, Trahar W J. The influence of grinding and flotation environments on the laboratory batch flotation galena. *Int. J. Miner. Process.* 1984,12,12-38.
6. Richardson P E, Walker G W. Electrochemical flotation on sulphide. *Int. J. Miner. Process*, 1984,12:55-93.
7. Basilio C, Yoon R H. Thermodynamics electrochemistry and flotation of the chalcocite-potassium ethyl xanthate system. SME-AIME annual meeting, 1985, New York, NY, Preprint No. 85-86, pp.10.
8. Peng Y, Bo W, Gerson A. The effect of electrochemical potential on the activation of pyrite by copper and lead ions during grinding[J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2012, 102(none):141-149.
9. Bruckard W J, Sparrow G J, Woodcock J T. A review of the effects of the grinding environment on the flotation of copper sulphides[J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2011, 93(1-2):1-13.
10. Martin, C.J., McIvor, R.E., Finch, J.A., Rao, S.R., 1991.Review of the xanthate-dixanthogen system on pyrite. *Transactions of American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers*, vol. 241, pp.431-436.
11. Mu, Y., et al. The depression of pyrite in selective flotation by different reagent systems – A review. *Miner. Eng.* (2016),
12. Fuerstenau, M.C., Kuhn, M.C., Elgillani, D.A., 1968. The role of dixanthogen in xanthate flotation of pyrite. *Transactions of American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers*, vol.241, pp.148–156.
13. Szargan R., Karthe S., Suoninen E. XPS studies of xanthate adsorption on pyrite[J]. *Applied Surface Science*, 1992, 55(4): 227-232.
14. Lehner S, Savage K. The effect of As, Co, and Ni impurities on pyrite oxidation kinetics: Batch and flow-through reactor experiments with synthetic pyrite[J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 2008, 72(7):1788-1800.
15. Shen, W.Z., Fornasiero, D., Ralston, J., 1998.Effect of collectors, conditioning pH and gases in the separation of sphalerite from pyrite. *Miner. Eng.* 11(2),145–158.
16. Olsen, C, Makni S, Hart B, et al. Application of surface chemical analysis to the industrial flotation process of a complex sulphide ore[C]. In: XXVI International Mineral Processing Congress, IMPC2012, NewDelhi, India.
17. M·C·Jiewoja, Cui Hongshan, Shao Lizi. Potassium permanganate method in the flotation process of non-ferrous ore [J]. *Metallic ore dressing abroad*, 2006(2):21-37.
18. Bai SJ, Pan Y, Li CL, et al. Depression of pyrite in a low-alkaline medium with added calcium hypochlorite: Experiment, visual MINTEQ models, XPS, and ToF-SIMS studies[J]. *Minerals engineering*,2019,14:1-10.

19. Yin W, Yang B, Fu Y, et al. Effect of calcium hypochlorite on flotation separation of covellite and pyrite[J]. Powder technology, 2019, 343: 578-585.
20. Qin Damei. Flotation separation of chalcopyrite from pyrite and arsenopyrite [D]. Changsha: Central south university, 2014.
21. Sultan Ahmed Khoso, Lyu F, Meng XS, et al. Selective separation of chalcopyrite and pyrite with a novel and non-hazardous depressant reagent [J]. Chemical engineering science, 2019, 209: 115204.
22. Bruckard W J, Sparrow G J, Woodcock J T. A review of the effects of the grinding environment on the flotation of copper sulphides[J]. International Journal of Mineral Processing, 2011, 93(1-2): 1-13.
23. Sun Wei, Zhang Ying, Qin Wulin, et al. Activated flotation of pyrite once depressed by lime [J]. Journal of central south university (science and technology), 2010, 41(3): 813-818.
24. Sultan Ahmed Khoso, Lyu F, Meng XS, et al. Selective separation of chalcopyrite and pyrite with a novel and non-hazardous depressant reagent [J]. Chemical engineering science, 2019, 209: 115204.
25. Wang Ende, Fu Jianfei, Wang Danli. Course in Crystallography and mineralogy[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2019. 10: 236-237.
26. Sirkeci A A. The flotation separation of pyrite from arsenopyrite using hexyl thionethylamine as collector [J]. International Journal of Mineral Processing, 2000, 4(60): 263-276.
27. Abratis P K, Pattrick R A D, Vanshan D J. Variations in the compositional, textural and electrical properties of natural pyrite: a review [J]. International Journal of Mineral Processing, 2004, 3(74): 41-59.
28. Chanturiya V A, Fedorov A A, Matveeva T N. The effect of auroferrous pyrites non-stoichiometry on their flotation and sorption properties[J]. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 2000, 34: 163-170.
29. Edelbro R, Paul J. Full potential calculations on the electron band structures of sphalerite, pyrite and chalcopyrite[J]. Appl surface sci, 2003, 206(1/4): 300-313.
30. Von Oertzen G U, Jones R T, Gerson A R. Electron and optical properties of Fe, Zn and Pb sulfide[J]. J electron spectreue, 2005, 144/147(6): 1245-1247.
31. Rosso K M, Rimstidt J D. A kinetic model for the aqueous oxidation of pyrite by hydrogen peroxide[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64(16): 2605-2614.
32. Chen W, Wang G, Zhao L. Surface reaction mechanism of pyrite oxidation by H₂O₂ in neutral pH conditions[J]. Surface and Interface Analysis, 2018, 50(9): 854-860.
33. Li M, Zhang H, Liu X. Effect of H₂O₂ concentration on pyrite surface oxidation and flotation behavior[J]. Microscopy and Microanalysis, 2017, 23(S1): 1892-1893.
34. Becker U, Gärtner R, Schindler M. XPS study of pyrite oxidation by hydrogen peroxide[J]. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 2000, 107(1-3): 159-170.
35. Rawlings D E, Johnson D B. Application of H₂O₂ in gold-sulfur separation and gold leaching[J]. Hydrometallurgy, 2019, 188: 105202.
36. Yang X, Chen Y, Liu M. Selectivity of H₂O₂ in complex polymetallic sulfide ore flotation[J]. Minerals, 2018, 8(6): 256.

7. ЗАКЉУЧАК

На основу прегледа и анализе достављене документације уз Пријаву теме докторске дисертације, на основу увида у досадашње резултате постигнуте на докторским студијама и одбрани предложене теме (записник у прилогу), чланови Комисије сматрају да кандидат Yuankun Yang, мастер инжењер рударства, испуњава све услове, предвиђене Законом о образовању, за пријаву теме и израду докторске дисертације.

Чланови Комисије констатују да је предложена тема докторске дисертације под називом „Депримирање и активирање пирита у флотацијском систему на релацији пирит – ковелин” научно заснована и може да буде предмет докторске дисертације. Очекивани резултати представљаће значајан допринос у научној области рударског инжењерства, односно ужој научној области припреме минералних сировина.

За ментора се предлаже др Милена Костовић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 12.01.2026. године

Чланови Комисије:

Др Милена Костовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Предраг Лазић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Јасмина Нешковић, научни сарадник,
Рударски институт, Београд