

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Генеза хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки (источна Србија)”

НАУЧНА ОБЛАСТ

Гео-науке

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Милош (Миодраг) Велојић, маг. геолог2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм): ГеологијаУниверзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет3. Година дипломирања: 2015.4. Година уписа на докторске студије: 2015/16.

5. Назив студијског програма докторских студија:

ГеологијаОбавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 26.12.2019. године 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

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Зоран Глигорић

Прилог

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

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 26.12.2019. године, донело је

ОДЛУКУ

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Милоша Велојића, мастер геолога.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Генеа хидротермалног Си-Аи система Чукару Пеки (источна Србија)“*.
3. За ментора се именује др Владица Цветковић, ред. проф. и др Раде Јеленковић, ред. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Влада Цветковић

Звање: Редовни професор, дописни члан Српске Академије наука и уметности

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

1. Andrić N., Vogt K., Matenco L., **Cvetković V.**, Cloetingh S., Gerya T., **2018**: "Variability of orogenic magmatism during Mediterranean-style continental collisions: A numerical modelling approach", *Gondwana Research* 56, pp.119-134. International Association for Gondwana Research Kochi, Japan ISSN:1342-937X
2. Jovanović D., **Cvetković V.**, Erić S., Kostić B., Peytcheva I., Šarić K., **2018**: "Variscan granitoids of the East Serbian Carpatho-Balkanides: New insight inferred from U-Pb zircon ages and geochemical data.", *Swiss Journal of Geoscience*, ISSN:1661-8726
3. Pačevski A., **Cvetković V.**, Šarić K., Banješević M., Hoefer H. E., Kremenović A., **2016**: "Manganese mineralization in andesites of Brestovačka Banja, Serbia: evidence of sea-floor exhalations in the Timok Magmatic Complex", *Mineralogy and Petrology* (110), pp.491-502. Springer-Verlag Wien ISSN:0930-0708 DOI:10.1007/s00710-016-0425-7
4. Mladenović A., Trivić B., **Cvetković V.**, **2015**: "How tectonics controlled post-collisional magmatism within the Dinarides: Inferences based on study of tectono-magmatic events in the Kopaonik Mts. (Southern Serbia)", *Tectonophysics* (646), pp.36-49. Elsevier Amsterdam. ISSN:0040-1951 DOI:10.1016/j.tecto.2015.02.001
5. Prelević D., Brüggmann G., Barth M., Božović M., **Cvetković V.**, Foley S., Maksimović Z., **2015**: "Os-isotope constraints on the dynamics of orogenic mantle: The case of the Central Balkans", *Gondwana Research* 4(27), pp.1560-1573. Elsevier BV Amsterdam, Netherlands. ISSN:1342-937X DOI:10.1016/j.gr.2014.02.001
6. Randelović D., **Cvetković V.**, Mihailović N., Jovanović S., **2014**: "Relation Between Edaphic Factors and Vegetation Development on Copper MineWastes: A Case Study From Bor (Serbia, SE Europe)", *Environmental management* 53(4), pp.800-812. Springer US New York. ISSN:0364-152X (Print) 1432-1009
7. Ignjatović S., Vasiljević I., Burazer M., Banješević M., Strmbanović I., **Cvetković V.**, **2014**: "2D geological-geophysical model of the Timok Complex (Serbia, SE Europe): A new perspective from aeromagnetic and gravity data", *Swiss Journal of Geosciences* 1(107), pp.101-112. Birkhaeuser Verlag AG (Birkhäuser Basel) Basel.ISSN:1661-8726 DOI:10.1007/s00015-014-0161-0

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Зоран Глигорић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Раде Јеленковић
Звање: Редовни професор

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

1. **Jelenković, R.**, Milovanović, D., Koželj, D., Banješević, M., **2016:** *The Mineral Resources of the Bor Metallogenic Zone: A Review*. Geologia Croatica, Vol. 69/1. 143-155. doi: 10.4154/gc.2016.11. IF₂₀₁₅–0.70 (JCR).
2. Radusinović S., **Jelenković R.**, Pačevski A., Simić V., Božović D., Holclajtner-Antunović I., Životić D., **2016:** *Content and mode of occurrences of rare earth elements in the Zagrad karstic bauxite deposit (Nikšić area, Montenegro)*. Ore Geology Reviews, 80, 406-428. Geology (2/47); IF₂₀₁₅–3.819, ISSN: 0169-1368, Publisher: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.05.026>
3. Tošović, R., **Jelenković, R.**, **2016:** *Uranium mineral resources of Serbia and their potential economic importance*. Acta Montanistica Slovaca, Vol. 21, Number 1, 9-18. <http://actamont.tuke.sk/pdf/2016/n1/2tosovic.pdf>
4. Miladinović Z., Simić V., **Jelenković R.**, Ilić M., **2016:** *Gemstone mineral deposits and occurrences of Serbia*. Geologica Carpatnica (in press). Geologica Carpathica. Volume 67, Issue 3, Pages 211–222, ISSN (Online) 1336-8052, DOI: 10.1515/geoca-2016-0014, July 2016. IF₂₀₁₅–1.523 (JCR)
5. M. K. Pavićević, F. Bosch, G. Amthauer, I. Aničin, B. Boev, W. Brühle, V. Cvetković, Z. Djurčić, W. F. Henning, **R. Jelenković**, V. Pejović, and A. Weiss, **2013:** *Status and New Data of the Geochemical Determination of the pp-Neutrino Flux by LOREX*, Advances in High Energy Physics, vol. 2012, Article ID 274614, 15 pages, 2012. doi:10.1155/2012/274614. IF₂₀₁₁–4,522.
6. Amthauer G., Pavićević M.K., **Jelenković R.**, El Gorezi A., Boev B., Lazić P., **2012:** *State of geoscientific research within the lorandite experiment (LOREX)*. Mineralogy and Petrology. 2012, 105: 157-169. 08/2013; 105(3-4). DOI:10.1007/s00710-012-0209-7. IF₂₀₁₂–1.681.
7. Aničin I.V., Pejović V., Pavićević M.K., Amthauer G., Boev B., Bosch F., Brühle W., Djurčić Z., Henning W. F., Faestermann T., **Jelenković R.**, Niedermann S. and Weiss A., **2011:** *On the possibility to simultaneously determine the long-term average fluxes of solar pp-neutrinos and cosmic ray muons*. Modern Physics Letters A (MPLA). Volume 26, Issue 17, pp. 1267-1271. 01/2011; 26:1267-1271. DOI:10.1142/S0217732311035626. IF₂₀₁₁–1.083.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Зоран Глигорић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: *Подобност теме и кандидата Милоша Велојића, мастер геолога за израду докторске дисертације*

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, бр. 1/133 од 28.10.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милоша Велојића, мастер геолога за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Генеза хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки (Источна Србија)“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, а сагласно члану 17. Правилника о докторским студијама које организује и изводи Универзитет у Београду (Гласник Универзитета у Београду, број 155/10), подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1. Име, презиме и биографија кандидата

Кандидат *Милош Велојић* је рођен 22. априла 1991. године у Зајечару. Од марта 2015. године је у радном односу у звању асистента на Рударско-геолошком факултету у Београду. Од избора у звање асистента до данас, активно учествује у извођењу вежби из следећих наставних предмета: Лежишта минералних сировина, Методе истраживања лежишта минералних сировина, Генеза рудних лежишта, Лежишта металичних минералних сировина, Истраживање лежишта чврстих минералних сировина, Проспекција лежишта чврстих минералних сировина и Рудничка геологија. Такође је ангажован и у организацији теренских настава на мастер студијама Економске геологије из предмета: Лежишта минералних сировина, Истраживање лежишта минералних сировина, Рудничка геологија и Проспекција лежишта чврстих минералних сировина.

Кандидат Милош Велојић је докторске студије на Универзитету у Београду, Рударско-геолошки факултет, Геолошки одсек, уписао 2015. године. Активан је члан Српског геолошког друштва и члан Организационог одбора 17. Конгреса геолога Србије.

Милош Велојић од 2015. године ради на геолошким и геохемијским испитивањима лежишта обојених и племенитих метала у Србији. Значајне су његове активности на изучавању порекла олова и сумпора у рудном пољу Туларе у Лецком вулканском комплексу, као и порфирске и епитермалне минерализације бакра и злата у Лецком комплексу и на простору Борске металогенетске зоне. Током рада је прикупио, систематизовао и детаљно анализирао бројне податке геолошких истраживања лежишта обојених и племенитих метала, а део истих је саопштио и публиковао на домаћим скуповима и у научним часописима. За тему докторске дисертације од

посебног значаја су геолошка, минералозна и геохемијска истраживања лежишта бакра и злата на подручју Борске металогенетске зоне.

Стечено радно искуство, а посебно самастални теренски и кабинетски рад, систематичност, остварени резултати досадашњих истраживања као и познавање светске литературе из предмете области, кандидата Милоша Велојића у потпуности квалификују за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предлог теме

Назив предложене теме докторске дисертације кандидата Милоша Велојића, мастер геолога, гласи: „Генеза хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки (Источна Србија)”.

3. Подаци о претходном школовању кандидата

Кандидат Милош Велојић, мастер геолог је завршио Основну школу 2006. године у Зајечару. У истом граду је 2010. године стекао средњешколско образовање, завршивши Гимназију. Носилац је Вукове дипломе. Године 2008. и 2009, учествовао је на више семинара из области геологије у Истраживачкој станици Петница.

Редовне студије на Департману за економску геологију, на Геолошком одсеку Рударско–геолошког факултету Универзитета у Београду, уписао је 2010. године. Основне академске студије је завршио 2013. године, са просечном оценом 9,64. Године 2015, на истом Факултету и Департману завршио је мастер академске студије, остваривши просечну оценом 9,51 и оценом мастер рада 10 (десет).

Докторске студије на Рударско–геолошком факултету Универзитета у Београду, Геолошки одсек уписао је 2015. године.

Током рада на Рударско-геолошком факултету, кандидат Милош Велојић, мастер геолог, је обавио више стручно-научних пракси и усавршавања, чиме је стекао солидну основу за даљи научно-истраживачки рад:

- У августу и септембру 2014. године, у време редовних мастер студија обавио је стручну праксу на Универзитету Halle-Wittenberg у граду Халеу у Немачкој.
- У јануару 2016. године похађао је десетодневни курс „Resource Economics and Mineral Exploration“ на ЕТН Универзитету у Цириху, Швајцарска.
- У јануару 2017. године похађао курс „Porphyry Copper Deposits: from bottoms to tops“ на Универзитету у Женеви, Швајцарска.
- Крајем јануара и почетком фебруара 2017. године похађао је курс „Fluid and Melt Inclusions: Theory and Practice” на ЕТН универзитету у Цириху, Швајцарска.
- У марту 2017. године вршио је микроскопска испитивања рудних препарата на Универзитету у Мишколцу, Мађарска у оквиру СЕЕРУС програма размене студената и наставника.
- У априлу 2017. године је похађао међународни курс „The chain of geological processes making porphyry-style and epithermal deposits” на Рударско-геолошком факултету у Београду.
- У мају 2017. године је похађао међународни курс „Coal and Peat Geology and Organic Petrography“ на Рударско-геолошком факултету у Београду.

- Од октобра 2018. године до јуна 2019. године као носилац Ernst Mach Grant стипендије вршио је лабораторијска испитивања рудних и других препарата на Универзитету у Леобену, Аустрија.
- У априлу 2019. године похађао је курс Leapfrog Geo Fundamentals на Рударско-геолошком факултету у Београду.
- У мају 2019. године похађао курс Fluid inclusion short course у Леобену у Аустрији.

Стечено научно-истраживачко искуство. У време подношења Захтева за одобрење рада на предложеној теми докторске дисертације, кандидат Милош Велојић је положио све испите предвиђене Наставним планом и програмом докторских студија на студијском програму Геологија:

Бр.	Ознака	Назив	Година	ЕСПБ	Оцена
1.	13-3ЕГ25	Генетски модели лежишта металичних и неметаличних минералних сировина - одабрана поглавља	2016	10	10
2.	13-3ПГ27	Геохемија магматских и метаморфних стена	2016	10	10
3.	13-3РД42	Тектоника - одабрана поглавља	2016	10	10
4.	13-3ПГ40	Контактни метаморфизам	2016	10	10
5.	13-3ЕГ28	Методе истраживања чврстих минералних ресурса - одабрана поглавља	2016	10	10
6.	13-3ТЛ16	Теренски и лабораторијски рад	2016	10	10
7.	13-3ЕГ31	Металогенетске анализе и прогнозне карте минералних ресурса	2017	10	10
8.	13-3ПГ35	Посебна поглавља из геохемије лежишта минералних сировина	2017	10	10
9.	13-3Г7С1	Семинарски рад (везан за тему докторске дисертације)	2017	10	10
10.	13-37ДД1	Израда докторске дисертације	2017	20	10
11.	13-37СИ1	Студијски истраживачки рад (везан за тему докторске дисертације)	2017	10	10
12.	13-38ДД1	Израда докторске дисертације	2018	20	10
13.	13-38СИ1	Студијски истраживачки рад (везан за докторску дисертацију)	2018	10	10
14.	13-38ДД2	Израда докторске дисертације	2018	15	10
15.	13-38СИ2	Студијски истраживачки рад (везан за докторску дисертацију)	2018	10	10

Положио је све предмете у обиму од 70 ЕСПБ, са просечном оценом 10 (десет), обавио је Теренски и лабораторијски рад у обиму 10 ЕСПБ, успешно је урадио Семинарски рад везан за тему докторске дисертације у обиму 10 ЕСПБ, успешно је урадио студијске истраживачке радове везане за тему докторске дисертације у обиму 30 ЕСПБ, као и активности на изради дисертације у обиму од 55 ЕСПБ.

Кандидат Милош Велојић поседује одговарајуће научно у стручно радно искуство. Део резултата истраживања саопштио је у три научна рада и пет извештаја фондовског карактера:

Списак публикованих научних радова:

- 1) Velojić M., Prelević D., Jelenković R., 2018: The origin of lead and sulphur in Tulare ore field, Lece magmatic complex, SE Serbia. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva* 79 (2), str. 19-28.
- 2) Velojić M., Prelević D., Jelenković R., 2018; Poreklo olova i sumpora u mineralizaciji olova i cinka u rudnom polju Tulare (Magmatski kompleks Lece); *Knjiga apstrakta vol. 1*, 17. Kongres geologa Srbije, Vrnjačka Banja 17-20. maj 2018, str. 269-274.
- 3) Velojić M., Erlandsson B.V., 2019: Trace elements in different veins by LA-ICP-MS in Chukaru Peki high sulfidation deposit, Serbia. 1st International Student Conference on Geochemistry and Mineral Deposits, Prague.

Списак извештаја фондовског карактера:

- 1) Извештај о микроскопским испитивањима узорака из бушотина TC150061 и TC160117, лежиште Чукару Пеки, јун 2018
- 2) The microscopic determination of the samples from drill holes TC150096, TC150062 and FMTC1330, October 2018.
- 3) The microscopic determination of the samples from brecciated zones and pyrite veins of Upper zone of Chukaru Peki, February 2018.
- 4) The microscopic reflected light determination of the samples from Lower zone of Chukaru Peki, March 2019.
- 5) The microscopic reflected light determination of the samples from Lower zone of Chukaru Peki, March 2019.

Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми. На основу приказаних резултата досадашњег ангажовања на докторским студијама, ангажовања у извођењу наставе на Рударско-геолошком факултету и научно-истраживачке активности Милоша Велојића, мастер геолога, студента докторских студија на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, прегледаних радова у чијој је реализацији учествовао и других видова активност, закључујемо да Милош Велојић поседује неопходно радно искуство у истраживању лежишта минералних сировина и вредне научно-стручне резултате рада.

Кандидат Милош Велојић је аутор више научно-стручних документа чији је квалитет препознат и цењен од стране бројних професионалних организација у Србији. Остварени резултати научно-стручне активности и са успехом завршене докторске студије са просечном оценом 10 (десет) у потпуности га квалификују за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Кандидат је врло савестан и марљив истраживач са смислом за тимски рад. Одличан је познавалац стручне и научне литературе из области на коју се односи докторска дисертација и поседује практично, теренско искуство, које је од кључног значаја за даљи лабораторијски и кабинетски рад.

4. Образложење теме

4.1. Предмет истраживања

Предмет истраживања предложене теме дисертације је хидротермални Cu-Au систем Чукару Пеки код Бора. Поменути рудоносни систем, откривен 2011. године, носилац је

једног од највећих порфирских лежишта бакра у југоисточној Европи. Поред порфирске, штокверкно-импрегнационе минерализације бакра и злата, саставни део рудоносног система су и значајни минерални ресурси бакра и злата у сателитским, масивно-сулфидним, високо-сулфидационим рудним телима.

Тема докторске дисертације припада области Геонаука, односно ужој научној области Економска геологија. За обе области је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. Предложена тема докторске дисертације обрађује геолошке карактеристике хидротермалног Cu-Au Чукару Пеки, а посебно се анализирају геотектонски и металогенетски положај, геохемијске и минералошке карактеристике система, технолошки типови руда и друге релевантне карактеристике лежишта ради тумачења његове генезе. Посебан аспект теме је одређивање карактеристика флуида хидротермалног система, из којих је депонована порфирска, штокверкно-импрегнациона и високосулфидациона, масивно-сулфидна рудна минерализација.

Предложена геолошка истраживања хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки имају за циљ разумевање геолошких процеса, а посебно еволуције флуида који су довели до формирања рудне минерализације. У првом делу рада биће анализиран геотектонски и металогенетски положај рудоносног система, утврдиће се његове основне геолошке карактеристике (величина, облик, контролни фактори просторног положаја), као и све друге геолошке карактеристике (технолошки типови рудне минерализације, њихови просторни односи, минерални састав и сл.), базирани на резултатима до данас спроведених истраживачких активности, а као полазна основа за даља лабораторијска изучавања и кабинетска разматрања. Тежиште активности је на разумевању карактеристика гасно-течних флуида, њиховог развоја, процеса мобилисања, транспорта, депоновања рудних елемената, као и пратећих процеса формирања рудних тела. Уочене карактеристике рудне минерализације у хидротермалном систему Чукару Пеки биће поређене са карактеристикама других рудних тела бакра и злата на простору Борске металогенетске зоне, а посебно оних која се налазе у домену хидротермалног система Борског лежишта.

4.2. Стање научног подручја у коме се ради докторска дисертација

Стање научног подручја у коме се ради докторска дисертација, могуће је сагледати преко прегледа истраживања и економског значаја порфирске и масивно-сулфидне, епитермалне минерализације бакра и злата у свету. Наиме, данас из порфирских система сличних карактеристика хидротермалном систему Чукару Пеки, потиче око три четвртине светске производње бакра, половина производње молибдена, петина производње злата, већина производње ренијума и мања количина других рудних елемената (Ag, Pd, Te, Se итд.) Поменути системи имају тенденцију да се групишу у издуженим зонама линеарног типа, обично паралелним орогеним или старим субдукционим зонама, као што је западни део Јужне Америке или Апусени-Банат-Тимок-Средњогорје зона на Балканском полуострву (Sillitoe, 2010). Временски и просторно су повезани са хидратисаним калко-алкалним магмама које досежу до горњих делова коре у областима конвергентних граница плоча (Heinrich, 2005).

Главне карактеристике порфирских система праћених масивно-сулфидним типом рудне минерализације, важне за тумачење њихове генезе су у високом степену изучене, али и са многим недовољно дефинисаним карактеристикама у погледу састава и еволуције хидротермалних флуида. Опште карактеристике поменутих система према Sillitoe

(2010), су: 1) парагенеза коју углавном чине халкопирит, борнит, магнетит и минерали злата; 2) зонарни размештај хидротермалних алтерација, од калијске (ортокласно-биотитске) до аргилитске, са удаљавањем од централног дела интрузива; 3) вишефазно утискивање дајкова и 4) присуство диатремских бреча, које се често поклапају са високосулфидационим епитермалним деловима (Sillitoe, 1985).

Иако постоји доста различитих процеса у појединим лежиштима, генерално је прихваћено да флуиди и већина рудних елемената у порфирским системима потичу из магматске интрузије за коју је често везан и највећи део рудне минерализације. Доток хладнијих, метеорских флуида из околне средине у главни магматски систем је од важности за депоновање рудних минерала, јер доводи до хлађења магматских флуида и промене њиховог састава, односно поремећаја физичко-хемијске равнотеже компоненти које их изграђују (Wilkinson, 2001).

У минералима из порфирских лежишта бакра и злата локализованих у различитим деловима света, уочене су бројне и различите гасно-течне инклузије. Температуре њихове хомогенизације могу варирати од 100 до преко 900°C. Салинитет инклузија варира од 0 до >60 масених % NaCl, што је последица променљивог салинитета магматских флуида, немешљивости различитих фаза и мешања са метеорским водама нижег салинитета и температура (Bodnar et al., 2014). Једно од карактеристичних својстава инклузија из порфирских система је њихов висок саланитет односно присуство кристала соли (најчешће халит и силвит), као и кристала рудних минерала, нпр. халкопирита. Те се инклузије често налазе заједно са гасним инклузијама ниске густине, што се тумачи као последица фазног раздвајања течност-гас. Поменути процес је важан за тумачење магматско-хидротермалне еволуције система и депоновање рудних минерала (Wilkinson, 2001).

Sillitoe & Hendenquist (2003) су извршили класификацију епитермалних лежишта на лежишта високе, средње и ниске сулфидације. Сагласно поменутој класификацији, лежишта високе сулфидације се генерално формирају у два стадијума: 1) сулфатни стадијум у коме се испољава напредна аргилитска алтерација стена са формирањем значајне количине алунита и 2) сулфидни стадијум за који је карактеристично депоновање велике количине пирита, сулфосоли (као што је енаргит) и злата. Генерално је прихваћено да лужење и алтерација стена настају под утицајем киселих раствора формираних из магматске паре (Henley et al., 2011).

Проучавање флуидних инклузија и типова флуида из лежишта високе сулфидације је отежано, јер је већина транспарентних минерала насталих у току алтерације и депоновања минерала тешко доступна осматрању услед киселог карактера флуида и кристализације из аморфне силиције (Bodnar et al. 2014). Због тога се проучавање инклузија у овим лежиштима углавном заснива на секундарним инклузијама у другим кристалима или инфрацрвеним проучавањем инклузија у рудним минералима (нпр., у енаргиту или пириту) (Heinrich, 2005). Температуре хомогенизације у измереним инклузијама из лежишта високо-сулфидационог типа варирају од 100 и 350°C, а њихов салинитет између 0 и 23 масених % NaCl (Bodnar et al., 2014).

У лежиштима бакра са подручја Борске металогенетске зоне (Бор и Мајданпек) којој припада и хидротермални систем Чукару Пеки, у протеклом периоду је извршен релативно скроман обим лабораторијских испитивања флуидних инклузија (Strashimirov, 1997; Koželj, 2002; Bailly, 2002). На територији Бугарске, у домену

Средњегорске металогенетске зоне која је наставак Борске зоне, поменути испитивања су извршена у лежишту Елаците (Tarkian et al., 2003; Stefanova et al., 2014).

Релевантни библиографски извори и остварени резултати на које се надовезују предвиђена истраживања у предложеној дисертацији су следећи:

1. Arribas Jr, A., 1995. Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid. *Mineralogical Association of Canada Short Course*, 23, pp.419-454.
2. Bailly, L., Stein, G. & Genna, A., 2002. Preliminary microthermometric measurements in quartz, sphalerite and enargite from the Bor and Majdanpek deposits, Serbia: Geology and Metallogeny of Copper and Gold Deposits in the Bor Metallogenic Zone—Bor 100 Years International Symposium, Bor Lake, Yugoslavia, 2002. In *Proceedings* (pp. 71-75).
3. Banješević, M., 2010. Upper cretaceous magmatic suites of the timok magmatic complex. *Geoloski anali Balkanskoga poluostrva*, (71), 13-22.
4. Banješević, M. & Large, D., 2014. Geology and mineralization of the new copper and gold discovery south of Bor Timok magmatic complex.— *Proceedings of the XVI Serbian Geological Congress*, Serbian Geological Society, Donji Milanovac, 2014, 739–741.
5. Bodnar, R.J., Lecumberri-Sanchez, P., Moncada, D. & Steele-MacInnis, M., 2014. 13.5— Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Treatise on Geochemistry, Second Edition* 2nd edn. Elsevier, Oxford, pp.119-142.
6. Chambefort, I., Moritz, R. & von Quadt, A., 2007. Petrology, geochemistry and U–Pb geochronology of magmatic rocks from the high-sulfidation epithermal Au–Cu Chelopech deposit, Srednogorie zone, Bulgaria. *Mineralium Deposita*, 42(7), pp.665-690.
7. Heinrich, C.A. & Neubauer, F., 2002. Cu-Au-Pb-Zn-Ag Metallogeny of the Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride Geodynamic Province. *Mineralium Deposita*, 37(6-7): 533-540.
8. Heinrich, C.A., 2005. The physical and chemical evolution of low-salinity magmatic fluids at the porphyry to epithermal transition: a thermodynamic study. *Mineralium Deposita*, 39(8), pp.864-889.
9. Henley, R.W. & Berger, B.R., 2011. Magmatic-vapor expansion and the formation of high-sulfidation gold deposits: Chemical controls on alteration and mineralization. *Ore Geology Reviews*, 39(1-2), pp.63-74.
10. Janković, S. 1990. The ore deposits of Serbia: Regional metallogenic settings, environments of deposition, and types. Faculty of Mining and Geology, Belgrade (in Serbian with English summary).
11. Janković, S., Jelenković, R. & Koželj, D., 2002. The Bor copper and gold deposit. *QWERTY, Bor*, 298.
12. Jelenković R., Gržetić I., 1998. Modeliranje geneze hidrotermalnih ležišta mineralnih sirovina. *Tehnika*, 49. 5/98. pp. 1-8.
13. Jelenković, R. 2014. A brief overview of the metallic mineral resources of Serbia. *European Geologist*, 37: 34-38.
14. Jelenković, R., Milovanović, D., Koželj, D., & Banješević, M. 2016. The mineral resources of the Bor metallogenic zone: a review. *Geologia Croatica*, 69 (1), 143-155.
15. Koželj, D.I., 2002. Epithermal gold mineralization in the Bor metallogenic zone— morphogenetic types, structural-texture varieties and potentiality. *Institut za Bakar Bor, Bor (in Serbian, English summary)*.

16. NI 43-101 Preliminary economic assessment of the Cukaru Peki upper zone deposit, Serbia, March 2016.
17. Sillitoe, R.H., 1985. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. *Economic Geology*, 80(6), pp.1467-1514.
18. Sillitoe, R.H., 2000. Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments. In *Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy* (Vol. 305, No. 1, pp. 19-34). Parkville, Vic.: The Institute, [1990]-c2001.
19. Sillitoe, R.H. & Hedenquist, J.W., 2003. Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. *Special Publication-Society of Economic Geologists*, 10, pp.315-343.
20. Sillitoe, R.H., 2010. Porphyry copper systems. *Economic geology*, 105(1), pp.3-41.
21. Stefanova, E., Driesner, T., Zajacz, Z., Heinrich, C.A., Petrov, P. & Vasilev, Z., 2014. Melt and fluid inclusions in hydrothermal veins: The magmatic to hydrothermal evolution of the Elatsite porphyry Cu-Au deposit, Bulgaria. *Economic Geology*, 109(5), pp.1359-1381.
22. Strashimirov S., 1997. New data about the development of hydrothermal system in the Majdanpek porphyry copper deposit. In *Proceedings of Symposium "Ore deposit exploration"*, Belgrade 2-4.April 1997. (pp. 409-418)
23. Tarkian, M., Hünken, U., Tokmakchieva, M. & Bogdanov, K., 2003. Precious-metal distribution and fluid-inclusion petrography of the Elatsite porphyry copper deposit, Bulgaria. *Mineralium Deposita*, 38(3), pp.261-281.
24. Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55(1-4), pp.229-272.

4.3. Циљ израде докторске дисертације, очекивани научни доприноси и њихова применљивост у пракси

Полазна претпоставка је да до данас спроведен обим теренских истраживања хидротермалног система Чукару Пеки, остварени типови и врста резултати истражних радова, ниво познавања геолошке, тектонске и металогенетске еволуције ширег простора анализираног подручја, бројни резултати добијени применом различитих метода лабораторијских испитивања, као и њихова статистичка анализа могу допринети бољем тумачењу генезе овог лежишта.

Полазна хипотеза је да хидротермални Cu-Au систем Чукару Пеки са до данас детектованим типовима рудне минерализације припада серији ендегених лежишта минералних сировина, групи хидротермалних, односно класи порфирских и масивно-сулфидних вулканогено-хидротермалних лежишта. Претпоставка је да високосулфидациони део лежишта (тзв. Горња зона) богата ковелином, припада класи епитермалних лежишта насталих наглим истискивањем флуида из апикалних делова порфирског система и бречизирањем и алтерисањем околних стена.

Савременим геолошким истраживањима у анализираном простору су утврђени високи садржаји племенитих метала и ретких елемената (злато, паладијум, германијум). Разјашњавањем вида концентрисања и идентификовањем минерала који акумулирају

ове елементе и могућностима њиховог добијања, економски значај ресурса бакра у овом лежишту био би значајно већи.

Циљ истраживања је допринос налажењу одговора на питања која се односе на:

- Дефинисање геолошких карактеристика, геотектонског и металогенетског положаја рудне минерализације.
 - За добијања одговора ће се користити савремене методе металогенетске анализе на регионалном и локалном нивоу.
- Минерални састав и редослед стварања различитих типова рудних жица, односно минерализације; типове минералних парагенеза и њихово повезивање са фазама минерализације; главне минерале носиоце бакра, злата и сребра у различитим фазама минерализације; врсте хидротермалних алтерација и њихове везе са различитим фазама минерализације.
 - Одговори на поменута питања ће се добити након извршене детаљне рудно-микроскопске анализе рудних препарата, као и анализе изабраних узорака на електронском микроскопу (SEM-EDS) и, након тога, одговарајућих мерења на масеном спектрометру (LA-ICP-MS) ради утврђивања концентрације ретких и племенитих метала у рудним минералима.
- Утврђивања могуће генетске веза хидротермалног система Чукару Пеки и хидротермалног система у Бору. Уколико се утврди да постоји, потребно је разјаснити њену природу (нпр. исто геодинамичко порекло, исто магматско огњиште или исто рудно лежиште које је касније раздвојено раседима?).
 - За потребе датих изучавања, односно порекла и времена формирања рудне минерализације у поменутим системима, планирано је да се изврше одговарајућа U-Pb радиометријска датирања на цирконима, да се изврши мерење садржаја ретких елемената у цирконима и концентрације елемената ретких земаља.
- Еволуције флуида од порфирског до високо-сулфидационог система, издвајање типови флуида који су били главни транспортни медијум рудних метала и сумпора, као и одређивање њихових основних карактеристика (температура, салинитет, густина).
 - За решавање овог проблема, планирана су испитивања флуидних инклузија (проналажење адекватних група инклузија, дефинисање фазних односа, вршење експеримената загревања и хлађења на термалном сточићу и додатне анализе, типа РАМАН спектроскопије).

Мишења смо да ће остварени резултати предложених истраживања допринети поузданијем сагледавању услова формирања лежишта и тумачењу генезе хидротермалног рудоносног система Чукару Пеки, а такође и отварању нових могућности за даља истраживања и валоризацију ретких елемената из оваквих лежишта.

Научне методе истраживања. За потребе остварења планираних циљева докторске дисертације и решавање постављених задатака, делом су изведена и у континуитету ће се вршити нова геолошка истраживања применом више научних метода развијених у оквиру геологије и истраживања лежишта минералних сировина, као и применом општих методских поступака (анализа, синтеза, генерализација, класификација и др.).

Истраживања су започела током докторских студија кандидата на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду и израдом семинарских радова и истраживачких студија; обухватају: кабинетске радове, теренска и лабораторијска испитивања.

У првој фази рада, кабинетски радови обухватају прикупљање и анализу референтне литературе, објављених радова и фондовске документације из области геологије хидротермалног система Чукару Пеки и других лежишта бакра и злата сличног типа рудне минерализације. На основу прикупљених и систематизованих података и њихове анализе приступиће се планирању теренских и лабораторијских истраживања. Кабинетски радови друге фазе подразумевају обраду прикупљених података, анализу и синтезу добијених резултата истраживања и испитивања, статистичку анализу применом различитих метода и др.

Теренска истраживања се изводе ради израде адекватне геолошке подлоге за даља проучавања. Обухватају:

- Геолошко картирање бушотина из хидротермалног Cu-Au система односно лежишта Чукару Пеки, са посебним освртом на литологију, алтерације, састав и друге карактеристике рудних жица, типове минерализације и типове рудоносних бреча;
- Израду геолошких стубова бушотина заснованих на њиховом картирању са описом издвојених литолошких јединица и израду геолошких профила по пресецима који захватају картиране бушотине;
- Узимање репрезентативних узорака из бушотина за потребе даље лабораторијске анализе.

Лабораторијски радови се односе на примену адекватних метода испитивања, односно на:

- Припрему проба за хемијска и геохемијска испитивања (дробљење, мљење, пулверизација, скраћивање и др.);
- Израду рудних препарата за проучавање у одбијеној светлости, израду дупло-полираних препарата за испитивање флуидних инклузија и припрему препарата за друге адекватне методе лабораторијских изучавања.

Минералозна испитивања препарата вршиће се применом метода:

- Рудне микроскопије ради утврђивања рудних парагенеза;
- Микроскопских изучавања са одбијеном светлошћу за испитивање флуидних инклузија;
- Микротермометријских испитивања флуидних инклузија помоћу термалног сточића;
- Скенирајуће електронске микроскопије и раман спектроскопије.

Хемијска и геохемијска карактеризација узорака вршиће се применом метода:

- Масене спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-MS) за одређивање концентрације елемената ретких земаља;
- Одређивања старости стена помоћу U-Pb радиометријског датирања циркона из лежишта Чукару Пеки;
- Одређивање концентрације микроелемената у појединим минералима помоћу масеног спектрометра са ласерском аблацијом (LA-ICP-MS).

План истраживања и структура рада

Прелиминарни план истраживања се састоји од следећих фаза:

- I фаза: Прикупљање и анализа публикованих података и материјала фондовског карактера о Тимочком магматском комплексу, лежиштима и појавама бакра и злата на простору Борске металогенетске зоне, као и њиховој металогенетској еволуцији.
- II фаза: Теренска геолошка истраживања у сарадњи са истраживачима компаније Rakita Exploration д.о.о. и Зијин, са акцентом на структурно-геолошко картирање језгара истражних бушотина, одабир и изимање рудних узорака за даљу лабораторијску анализу.
- III фаза: Припрема препарата за одговарајуће врсте анализа: а) препарати за одбијену светлост за рудну микроскопију и б) препарати за пропуштену светлост за анализу флуидних инклузија.
- IV фаза: Рудно-микроскопска проучавања и испитивања на електронском микроскопу (SEM-EDS) за утврђивање парагенетских односа рудних минерала у различитим фазама минерализације.
- V фаза: Испитивања флуидних инклузија на транспарентним минералима у жицама и даља испитивања помоћу РАМАН спектроскопије и евентуална анализа инклузија помоћу ласерске аблације (LA-ICP-MS).
- VI фаза: Мерења ретких елемената у минералима на масеном спектрометру (LA-ICP-MS).
- VII фаза: U/Pb датирање стена у којима је локализован хидротермални систем Чукару Пеки, а ради утврђивања старости различитих интрузија.
- VIII фаза: Анализа података, поређење добијених података са теренским и аналитичким подацима из Борског лежишта бакра и злата.
- IX фаза: Припрема публикација и објављивање података.
- X фаза: Израда и одбрана докторске дисертације.

Истраживања *I фазе* односе се на прикупљање података ранијих спроведених геолошких истраживања лежишта бакра и злата на простору Борске металогенетске зоне. Ова фаза рада је највећим делом извршена током докторских студија на Рударско-геолошком факултету, односно током израде семинарских радова и истраживачких студија.

Истраживања *II фазе* су такође у значајној мери завршена, а обухватила су примену више различитих методе истраживања; у првом реду су то теренски геолошки радови: геолошка проспекција, геолошко картирање, снимање прегледних литостратиграфских и детаљних геолошких стубова са опробовањем рудне минерализације за различите врсте лабораторијских испитивања. Добијени подаци су у фази систематизације и обраде. Упоредо се врши провера и корелација добијених резултата са резултатима ранијих истраживања.

Истраживања *III* фазе и *IV* фазе су највећим делом завршена. Обухватају лабораторијска испитивања одабраним аналитичким методама ради одређивања минералног и хемијског састава и геохемијских карактеристика рудних тела. Хемијска и геохемијска испитивања и део минералошких испитивања је завршен током докторских студија и приказан у семинарским радовима, а резултати истраживања су систематизовани и детаљно обрађени; део минералошких испитивања је у току или је у плану.

Истраживања *V*, *VI* и *VII* фазе су у току, а *VIII* и *IX* у плану за 2020. годину.

X фаза је финална у изради докторске дисертације. Током ње, биће синтетизовани сви подаци добијени истраживањима, након чега ће уследити јавна одбрана докторске дисертације.

Писани део докторске дисертације биће приказан у више тематских целина, односно поглавља. Поред увода са приказом циљева истраживања, коришћених метода у истраживању, ограничења у истраживању и остварених резултата, биће приказане опште металогенетске карактеристике истражног подручја, геотектонски и геоисторијски развој средине локализације рудне минерализације, типови минерализације и контролни фактори просторног положаја издвојених типова орудњења, резултати извршених истраживања и други елементи од значаја за формирање хипотетичког модела стварања лежишта. Модел генезе биће приказан преко анализе главних питања која се односе на: порекло рудних елемената, порекло и састав хидротермалних рудоносних флуида, процесе мобилисања, транспорта и депоновања рудних елемената, као и пратеће појаве рудне минерализације.

Очекивани научни доприноси и њихова применљивост у пракси

Основни научни допринос предложене докторске дисертације је формирање хипотетичког генетског модела хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки базираног на анализи и тумачењу литературних података, допуњених геотектонским, металогенетским анализама, резултатима теренских истраживања, резултатима нових лабораторијских испитивања и њиховом тумачењу. Формирани модел би омогућио боље разумевање начина настанка сличних лежишта у Борског металогенетској зони и другим сличним рудним зонама.

Дефинисање и преглед типова модела лежишта минералних сировина је дао Јеленковић (1998), а посебни сегменти генетског модела који ће нарочито бити обрађени у овој дисертацији су:

- Порекло магматског интрузива и генетска веза минерализације са Борским лежиштем бакра и злата. Мерењима старости циркона, микроелемената у цирконима и елемената ретких земаља у диоритима и андезитима, биће разматрана средина стварања хидротермалног система Чукару Пеки и њено поређење са порфирским лежиштем бакра у Бору.
- Мобилизација и транспорт рудних метала: На основи публикованих и научно верификованих резултата остварених током генетског моделовања сличних лежишта бакра и злата у свету, поређених и допуњених подацима теренских и

лабораторијских истраживања лежишта Чукару Пеки, биће разматрани процеси који су довели до стварања порфирске минерализације и епитермалних рудних тела богатих ковелином и енаргитом.

- Карактеристике хидротермалних флуида: Тежиште генетског модела је на приказу и анализи података који ће се добити проучавањим флуидних инклузија из рудних жица хидротермалног система Чукару Пеки.
- Депоновање рудних елемената: На основу микроскопског испитивања рудних парагенеза, испитаће се редослед депоновања рудних жица и различитих фаза орудњења у порфирском и епитермалном делу хидротермалног система Чукару Пеки. У дисертацији ће бити дат и осврт на видове концентрисања племенитих и ретких метала у различитим минералним фазама.
- Пратећи процеси формирања рудне минерализације. Размотриће се хидротермалне алтерације околних стена рудне минерализације и утврдити њихова генетска и просторна веза. Разматраће се и ореоли расејавања рудних елемената и њихове карактеристике.

У целини посматрано, предложени циљеви истраживања и очекивани научни доприноси су високо применљиви у пракси. Поред разумевања процеса који су довели до стварања рудне минерализације, што је од посебног научног значаја, огледају се у дефинисању критеријума будуће проспекције и истраживања лежишта бакра и злата сличног генетског и морфоструктурног типа, како у Србији, тако и ван њених граница, а што је апликативног, привредног значаја.

5. Закључак и предлог

Кандидат Милош Велојић, мастер геолог, студент докторских студија на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, положио је све испите предвиђене Наставним планом и програмом студија са просечном оценом 10 (десет). Поседује радно искуство у области Економске геологије, а нарочито истраживања лежишта бакра, злата, олова и цинка. Аутор је 3 научна рада из области истраживања лежишта минералних сировина, као и више стручних пројеката и извештаја фондовског карактера. Публиковани радови кандидата се односе на проблематику геолошких истраживања лежишта обојених и племенитих метала што га квалификује за израду докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације „Генеза хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки (Источна Србија)” је научно заснована. Поред изучавања положаја хидротермалног рудоносног система у геолошком простору и времену, његове детаљне металогенетске анализе и разматрања геолошких карактеристика различитих типова рудне минерализације, посебна пажња биће посвећена изучавању услова стварања лежишта.

Предложена тема докторске дисертације припада области Геонаука, односно ужој научној области Економска геологија, за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. За менторе на изради докторске дисертације предлажу се

Академик др Владица Цветковић, редовни професор и др Раде Јеленковић, редовни професор.

Предлажемо Научно-наставном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати позитиван извештај Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације под називом „Генеза хидротермалног Cu-Au система Чукару Пеки (Источна Србија)” и позитивну оцену подобности кандидата Милоша Велојића, мастер геолога за рад на предложеној теми.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Академик проф. др Владица Цветковић, дипл. инж. геологије
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Раде Јеленковић, дипл. инж. геологије
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Јован Ковачевић, дипл. инж. геологије
Виши научни сарадник, Геолошки Завод Србије