

# Novi pristup proučavanju tekstura minerala značajnih za istraživanje rudnih ležišta

Aleksandar Pačevski



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Novi pristup proučavanju tekstura minerala značajnih za istraživanje rudnih ležišta | Aleksandar Pačevski | 18. Kongres geologa Srbije "Geologija rešava probleme" Divčibare, 01-04 jun 2022. | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008149>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: [www.dr.rgf.bg.ac.rs](http://www.dr.rgf.bg.ac.rs)

**Srpsko geološko društvo**

**Zbornik apstrakata  
XVIII Kongres geologa Srbije**



**18 КОНГРЕС  
ГЕОЛОГА СРБИЈЕ**

**Book of abstracts  
of the XVIII Serbian Geological Congress**

**GEOLOGIJA REŠAVA PROBLEME  
GEOLOGY SOLVES THE PROBLEMS**

**Divčibare, 01-04. jun 2022.**

# **XVIII Kongres geologa Srbije: Zbornik apstrakata**

(Nacionalni kongres sa međunarodnim učešćem)

# **XVIII Serbian Geological Congress: Book of abstracts**

(National Congress with International Participation)

**Divčibare, 01-04.06.2022.**

## **Organizator / Organised by**

Srpsko geološko društvo / Serbian Geological Society

## **Suorganizator / Co-organised by**

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet /  
University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

## **Za izdavača / For the Publisher**

Vladimir Simić

Predsednik Srpskog geološkog društva / President of the Serbian Geological Society

## **Glavni urednik / Editor-in-chief**

Bojan Kostić

## **Uređivački odbor / Editorial Board**

Danica Srećković-Batočanin, Nevenka Đerić, Dragoljub Bajić

## **Tehnička priprema / Technical Preparation**

Bojan Kostić, Zoran Miladinović, Ana Zeković, Marija Petrović

## **Izdavač / Publisher**

Srpsko geološko društvo / Serbian Geological Society

Kamenička 6, P.Box 227, 11001, Belgrade, Serbia

<http://www.sgd.rs>; e-mail: [office@sgd.rs](mailto:office@sgd.rs)

**ISBN-978-86-86053-23-7**

**Napomena:** *Autori su odgovorni za sadržaj i kvalitet svojih saopštenja*

**Note:** *The authors are responsible for the content and quality of their contributions*

## **Organizacioni odbor / Organizing Committee**

Vladimir Simić (predsednik), Danica Srećković-Batoćanin (potpredsednik), Dragoljub Bajić (sekretar), Zoran Miladinović (sekretar), Nevenka Đerić, Nenad Marić, Predrag Cvijić, Danijela Božić, Sonja Đokanović, Bojan Kostić, Nikoleta Aleksić, Stefan Petrović, Nemanja Krstekanić, Maja Maleš, Marija Vuletić, Natalija Batoćanin

## **Naučni odbor / Scientific Committee**

Vladimir Simić, Danica Srećković Batoćanin, Nevenka Đerić, Dragana Životić, Rade Jelenković, Aleksandar Kostić, Uroš Đurić, Miloš Marjanović, Alena Zdravković, Suzana Erić, Meri Ganić, Uroš Stojadinović, Katarina Bogićević, Dejan Prelević, Jana Štrbački, Vesna Ristić-Vakanjac, Dušan Polomčić, Vesna Cvetkov, Nevena Andrić-Tomašević, Spomenko Mihajlović, Aleksandra Maran-Stevanović, Darko Spahić, Slobodan Radusinović, Lidija Galović, Kristina Šarić, Vesna Matović

## **Volonteri studenti / Students volunteers**

Marija Petrović, Filip Arnaut

## **Sponzori / Sponsors**

Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja  
Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet  
"Jelen Do" Lime & Aggregates - Carmeuse Group  
Rudarski institut d.o.o. Beograd  
IBIS-INŽENJERING d.o.o. Banja Luka  
Geoing Group  
GeoProspect d.o.o.  
VODAVODA  
Knjaz Miloš  
Kompanija Simex

## PLENARNA PREDAVANJA / PLENARY LECTURES

**Zoran Stevanović**, Podzemne vode – ključni resurs budućnosti i najbolji indikator stanja životne sredine.

**Zoran Stevanović**, Groundwater – Key Resource for the Future and Best Indicator of Environmental Status

**Oleg Mandić**, Stratigrafija i paleogeografija neogena južnog Panonskog bazena.

**Oleg Mandić**, Neogene stratigraphy and paleogeography of the southern Pannonian basin.

**Ivan Dulić**, M. Dunčić, G. Bogićević, V. Gajić, S. Teslić, P. Cvijić, J. Sovilj, S. Marjanović, R. Ahmetzjanov, Regionalni naftno-geološki projekti na prostoru Panonskog basena, Dinarida i Karpatobalkanida.

**Ivan Dulić**, M. Dunčić, G. Bogićević, V. Gajić, S. Teslić, P. Cvijić, J. Sovilj, S. Marjanović, R. Ahmetzjanov, Regional oil and geological projects in the Pannonian Basin, Dinarides and Carpathian Balkan.

## PREDAVANJA PO POZIVU / INVITED LECTURES

**Nevena Andrić-Tomašević**, Dinamika litosfere duž severoistočnog oboda Adrije zabeležena u sedimentnim basenima i magmatskim produktima

**Nevena Andrić-Tomašević**, Quantifying lithospheric dynamics along the north-eastern margin of Adria using magmatic and sedimentary signals

**Dragoljub Bajić**, Rešavanje problema odvodnjavanja primenom „fuzzy MCDM“ metoda pri inženjersko-geološkim istraživanjima

**Dragoljub Bajić**, Solving dewatering problems using fuzzy MCDM Methods for Engineering-geological Surveys

**Katarina Bradić Milinović**, Otoliti *in situ* sa teritorije Srbije (stratigrafski, paleoekološki i paleogeografski značaj)

**Katarina Bradić Milinović**, Otoliths *in situ* from Serbia (stratigraphic, paleoecological and paleogeographical significance)

**Miloš Velojić**, Geologija hidrotermalnog Cu-Au sistema Čukaru Peki

**Miloš Velojić**, Geology of the Čukaru Peki hydrothermal *Cu-Au* system

**Violeta Gajić**, Sedimentologija gornje krede jednog dela Unutrašnjih Dinarida (zapadna Srbija)

**Violeta Gajić**, Sedimentology of the Upper Cretaceous within a part of the Internal Dinarides (West Serbia)

**Dragana Đurić**, Primena SAR interferometrije za određivanje koseizmičkih deformacija: trendovi i dostignuća

**Dragana Đurić**, SAR interferometry for coseismic displacement determination: trends and achievements

**Miloš Marjanović**, Analiza odrona u stenskim kosinama: savremeni pristupi

**Miloš Marjanović**, Rockfalls analysis in rock slopes: state-of-the-art approaches

**Aleksandar Pačevski**, Novi pristup proučavanju tekstura minerala značajnih za istraživanje rudnih ležišta

**Aleksandar Pačevski**, New approach to the study of mineral textures significant for ore deposits exploration

**Dejan Radivojević**, Evolucija jugoistočnog dela Panonskog basena i njene implikacije

**Dejan Radivojević**, Evolution of Southeastern part of the Pannonian Basin and its implications

**Ranka Stanković**, Harmonizacija geopodataka korišćenjem povezanih otvorenih podataka

**Ranka Stanković**, Harmonization of Geodata Using Linked Open Data

## NOVI PRISTUP PROUČAVANJU TEKSTURA MINERALA ZNAČAJNIH ZA ISTRAŽIVANJE RUDNIH LEŽIŠTA

**Aleksandar Pačevski**

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Srbija  
E-mail: aleksandar.pacevski@rgf.bg.ac.rs

### **Ključne reči: tekstura, ruda, mikroanaliza, pirit**

Potpuna odredba mineralnog sastava i teksturnih karakteristika ruda od ključnog su značaja za pravilnu interpretaciju procesa obrazovanja mineralizacije i geneze rudnih ležišta generalno. Proučavanje rudnih tekstura vrši se najpre makroskopskim pregledom na samom terenu, u opsegu od metarske do milimetarske skale. Za potpuniju interpretaciju rudnih tekstura neophodna su i veoma važna mikroskopska ispitivanja koja omogućavaju dalji uvid u sve karakteristike rude na mikrometarskoj skali, i time pružaju znatno veći broj podataka od značaja za ispitivanje ne samo geneze ležišta, već i mogućnosti i efikasnosti njihove eksploatacije. Razvojem polarizacione mikroskopije kao osnovne metode ispitivanja minerala, ruda i stena, utvrđeni su i jasno definisani brojni teksturni odnosi minerala, kao što su teksture izdvajanja, zamenjivanja i dr, a koje su značajno doprinele razumevanju postanka minerala i procesa obrazovanja ruda. Može se reći da rudna mikroskopija, kao zasebna disciplina polarizacione mikroskopije, doživljava svoj vrhunac sredinom i drugom polovinom XX veka, gde svakako treba istaći doprinos Pola Ramdora (*Paul Ramdohr*, 1890-1985) ovom razvoju. Poslednjih decenija, razvojem mnogih sofisticiranih metoda mikroanaliza („*in-situ*“) omogućen je i dalji pomak u ispitivanju minerala i njihovih tekstura prema nanometarskom čak i atomskom nivou, što svakako pruža izuzetne mogućnosti, ali samo istraživanje čini veoma kompleksnim. Metode skenirajuće i transmisivne elektronske mikroskopije (SEM i TEM) u kombinaciji sa elektronskom mikroanalizom (eng. *EMPA*), masena spektrometrija indukovanom spregnute plazme laserskom ablacijom (eng. *LA-ICP-MS*) i druge slične metode daju istraživaču u ruke veoma „moćno oružje“. Međutim, ukoliko se ovakvo oružje samo i malo pogrešno usmeri dobija se niz pogrešnih interpretacija i zaključaka koji mogu veoma da štete samom istraživanju. Pravilnu upotrebu savremenih metoda mikroanaliza minerala moguće je izvršiti samo njihovim kombinovanjem i oslanjanjem na osnovna ispitivanja polarizacionim mikroskopom. Dobar model ovakvom pristupu istraživanja predstavlja proučavanje pirita iz polimetaličnog Cu-Au-Ag-Pb-Zn ležišta Čoka Marin, minerala koji pokazuje veliku raznovrsnost u teksturi, a pritom sadrži mnoge hemijske primese. Metodama mikroanalize sastava minerala (*EMPA* i *LA-ICP-MS*) utvrđeni su povišeni Cu, Pb, As i Ag sadržaji u ovom piritu. Međutim, upotrebom metoda mikroanalize strukture minerala, kao što su mikro-raman spektroskopija i TEM analiza uz prethodnu pripremu uzorka fokusiranim jonskim zrakom (eng. *FIB - focused-ion beam*), utvrđeno je da je samo bakar strukturno vezan u ovom mineralu, dok ostale primese (Pb, As i Ag) obrazuju finodispergovana nanometarska zrna drugih minerala koja su zapravo naknadno deponovana zapunjavajući nano-pore u piritu. Na taj način je dobro definisan bakronosni pirit i pružene su smernice za dalje dešifrovanje uslova postanka ovog, inače ređeg varijeteta pirita u prirodi. S druge strane, sprečena je pogrešna kristalohemijska i genetska interpretacija pirita sa Pb, As i Ag primesama, a istaknut je porozan karakter ovog minerala što naglašava specifičnost u uslovima deponovanja rudnog materijala. Daljim ispitivanjem Fe izotopskog sastava pirita *LA-MC-ICP-MS* metodom, ali na tačno određenim i dobro definisanim teksturnim varijetetima kao što su kolomorfni i euhedralni pirit, nađena je znatna razlika u vrednostima  $\delta^{56}\text{Fe}$  na razmaku od svega nekoliko mikrometara, što naročito ističe značaj ovih rezultata merenja, ali i ovakvog pristupa kombinovanja metoda mikroanaliza sa teksturnim ispitivanjima minerala. Ovaj rad finansiran je po „Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2022. godini“, br. 451-03-68/2022-14/ 200126.

## NEW APPROACH TO THE STUDY OF MINERAL TEXTURES SIGNIFICANT FOR ORE DEPOSITS EXPLORATION

**Aleksandar Pačevski**

University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia,  
E-mail: aleksandar.pacevski@rgf.bg.ac.rs

**Key words: texture, ore, microanalysis, pyrite**

The complete determination of a mineral composition and textural characteristics of the ores is crucial for correct interpretation of the ore-forming processes and genesis of ore deposits in general. The study of ore textures is first done by macroscopic examination on a field, in the range from a meter to millimeter scale. For more complete interpretation of the ore textures, very important microscopic examinations are necessary, which enable further insight into all characteristics of ore on a micrometer scale, and thus provide significantly more data important for investigating not only deposit genesis, but also possibilities and efficiency of their exploitation. With the development of polarized light microscopy as the basic methods of minerals, ores and rocks study, numerous textural relationships of minerals have been determined and clearly defined, such as exsolutions, replacements, etc, which have significantly contributed to the understanding of origin of minerals and ore formation. It can be said that ore microscopy, as a separate discipline of the polarized light microscopy, reached its peak in the middle and second half of the XX century, where the contribution of Paul Ramdohr (1890-1985) to this development should certainly be emphasized. In last decades, the development of many sophisticated methods of microprobe analysis (*in-situ*) has enabled a further shift in the study of minerals and their textures to nanometer and even atomic levels, which certainly offers great opportunities, but at the mean time makes a research very complex. Scanning and Transmission Electron Microscopy (SEM and TEM) methods in combination with Electron Microprobe Analysis (EMPA), Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) and other similar methods give a researcher a very "powerful weapon". However, if such a weapon is only a slightly misdirected, wrong interpretations and conclusions are obtained which can be very harmful to the research itself. Proper use of the up-to-date microprobe methods in the mineral studies can be achieved only by their combining and upgrading on the basic investigations by polarized light microscope. A good model for this research approach represents the study of pyrite from the polymetallic Cu-Au-Ag-Pb-Zn Čoka Marin deposit, a mineral that shows a great diversity in texture and contains the elevated amounts of many trace elements. Higher contents of Cu, Pb, As and Ag in this pyrite were determined by the microprobe analysis methods of a mineral composition (EMPA and LA-ICP-MS). However, using the microprobe analysis methods of a crystal structure of mineral, such as micro-Raman spectroscopy and TEM analysis with prior sample preparation by Focused Ion Beam (FIB), it was found that only copper is structurally bound in this mineral, while other impurities (Pb, As and Ag) form finely dispersed nanometer grains of other minerals which were actually subsequently deposited filling the nano-pores in pyrite. In this way, copper-bearing pyrite is well defined and guidelines are provided for further deciphering the depositional conditions of this, otherwise rare variety of pyrite in nature. On the other hand, incorrect crystallochemical and genetic interpretation of Pb, As and Ag-bearing pyrite was prevented, and the porous character of this mineral was emphasized, what underlines the specificity in the conditions of ore material deposition. Further examination of the Fe isotope composition of pyrite by LA-MC-ICP-MS, but on well-defined textural varieties such as colloform and euhedral pyrite, it is found a significant difference in  $\delta^{56}\text{Fe}$  values at the distance of only few micrometers, what especially emphasizes the importance of these measurement results, but also this approach of combining methods of microanalysis with textural studying of the minerals.

This paper has been financed by the „Contract on realisation and financing of scientific research of SRI in 2022“, Nr. 451-03-68/2022-14/ 200126.