Nalazište juvelirskog kamena „Hopovo“ (Fruška gora)

ZORAN Ž. MILADINOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Originalni naučni rad
UDC: 553.8(497.113)
DOI: 10.5937/tehnika2003305M

U radu su prikazane geološke, mineraloške i gemološke karakteristike nalazišta juvelirskog kamena (silicijskog i karbonatnog sastava) iz mezozojskih ultramafita Fruške Gore u neposrednoj blizini manastira Hopovo. Matične stene juvelirskog kamena su alterisani serpentiniti, koji se javljaju duž Lipovog potoka u zoni širine par stotina metara i dužine oko 600 m. U toj zoni se javljaju izdanci juvelirskog kamena u vidu pojedinačnih žica i sistema paralelnih i ispresecanih žica, kao i u vidu odlomaka u aluvijalnom nanosu. Juvelirski kamen je predstavljen ahatom, kalcedonom, kvarcom i karbonatnim mineralima (koji, često u vidu teksturnog varijeteta oniksa, prate silicijske minerale). Juvelirski kamen se najuspešnije finalizuje u vidu obrade zaobljavanjem (en cabochon) koja naglašava karakteristike juvelirskog kamena nalazišta Hopovo – boju, prozračnost, teksturne karakteristike (šara) i dr.

Cljučne reči: juvelirski kamen, ahat, kalcedon, kvarc, karbonati, serpentiniti Hopovo, Fruška gora

1. UVOD

Jedna od značajnijih metalogenetskih jedinica juvelirskog kamena u Srbiji je Fruškogorska rudna oblast [1]. Nalazišta na Fruškoj gori su uglavnom vezana za serpentinite koji se javljaju u tri zone: severnoj, središnjoj i južnoj [2]. Step en istraženosti je na niskom nivou. Izuzetak među sedam do sada registrovanih nalazišta je Kozje Brdo koje se može smatrati ležištem [3]. Jedno od perspektivnijih slabo istraženih nalazišta locirano je u serpentinitima Lipovog potoka, na južnim padinama Fruške gore, u neposrednoj blizini manastira Hopovo. Nalazište Hopovo je pronađeno prilikom prospekcije urana od strane „Geoinstituta“, Beograd, 1979. godine ali se, nakon inicijalnih terenskih radova, stalo sa daljim istraživanjima [4].

Tokom predmetnih istraživanja, osim terenskih opservacija, izvršene su petrografske, gemološke, kao i tehološke analize – koje su imale za cilj da utvrde upotrebljivost sirovine odnosno njen juvelirski kvalitet.

2. GEOLOŠKA GRAĐA

Kao posledica polifazne tektonske evolucije u južnom delu Panonskog basena, finalne pliocensko kvar-

tarne deformacije dovele su do stvaranja Fruškogorske antiforne. Ova antiforma je izgrađena od tri izdanačka domena, metamorfnog jezgra koje se nalazi u centralnom i jugozapadnom delu, okružena gornjo permskom-paleogenom klastično-karbonatnom sekvencom s interkaliranim ofiolitima, ofiolitskim melanžom i vulkanitima. Pomenute stene koje čine antiformu Fruške gore prekrivene su miocenskim i kvartarnim sedimentima [5].

Hloritski i hloritsko-sericitski škriljci čine najveći deo metamorfnog jezgra Fruške gore sa velikim brojem lentikularnih interkalacija. Te interkalacije su izgrađene od mermera, karbonatnih škriljaca, kvarc-sericitskih i muskovitsko-hloritskih škriljaca, kvarcita, remetarmofisanih gnajseva, epidot-hloritskih, albit-hloritsko i albit-hloritsko-epidotskih škriljaca, meta vulkanita (meta-keratofira, bazalta i tufova) i jako alterisanih ostataka ofiolitskog materijala. Metamorfno jezgro je uvek u tektonskom kontaktu sa permo-mezozojskim stenama (serpentinisani ofioliti i sedimenti) i nejednako pokriveno sa miocenskim klastičnim i pliocensko-kvartarnim aluvijalno-fluvijalnim i lesnim naslagama [5].

Permo-mezozojske stene su sačinjene od permsko-jurskih sedimenata, ofiolita i ofiolitskog melanža, kao i naležućih gornje kredno-paleogenih plitkovodnih klastičnih i karbonatnih sedimenata prekrivenih turbiditima (flišom) [5].

Mezozojski sedimenti Fruške gore su probijeni eocensko-oligocenskim vulkanitima (36-31,6 Ma) i to

Adresa autora: Zoran Miladinović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Dušina 7
e-mail: zoran.miladinovic@rgf.bg.ac.rs

Rad primljen: 18.05.2020.

Rad prihvaćen: 26.05.2020.

uglavnom latitima ali i dacitima i trahi-andezitima [6]. Ovi vulkaniti, koji se nalaze u centralnom delu Fruške gore, presečeni su dajkovima latita pružanja istok-zapad. Slično orijentisani dacito-andezitski dajkovi se uočavaju u južnom delu Fruške gore kod Vrdnika.

Miocensko-kvartarne tvorevine su nejednako naložene duž oboda Fruške gore i uključuju aluvijalne i jezerske kontinentalne sedimente, srednje miocenske marinske i brakične naslage, gornjo-miocenske brakično-aluvijalne i pliocenske slatkovodne sedimente [5].

Geološke karakteristike nalazišta „Hopovo“

Širu okolinu nalazišta „Hopovo“ izgrađuju sledeće geološke jedinice: serpentiniti, gornje-kredni sedime-

nti, donji i srednji miocen, donji pliocen, lesne kvartarne naslage. Serpentiniti ovog dela Fruške gore spadaju u južnu serpentinitnu zonu [2]. Zona počinje na istoku od Neradina, gde je spojena sa severnom zonom, zatim se preko Hopova i Vrdnika proteže ka zapadu do sela Grgurevaca gde tone ispod kvartarnog pokrivača. Duž rasednih pravaca I–Z u okviru ove zone uočavaju se hidrotermalno alterisani serpentiniti.

Pojave juvelirskih mineralnih sirovina u nalazištu „Hopovo“ vezane su upravo za izmenjene, verovatno listvenitisane, serpentinite. Serpentinitne mase južne zone isprobijane su dijabazima i dacito andezitima. U ovoj oblasti položaj serpentinita prema drugim geološkim formacijama uglavnom je tektonski.

Slika 1 - Geološka karta istraživog prostora sa položajem pojava juvelirskog kamena u nalazištu „Hopovo“, modifikovano prema Čičulić i sarad. [7]

Gornja kreda, na ovom prostoru, južno od „sremske dislokacije“, pripada tzv. Bačko-banatskom tipu, koji je predstavljen laporcima, laporovitim krečnjacima, peščarima i konglomeratima. Najbliže stene ovog tipa nalaze se na nešto manje od 1 km severno od Hopova, gde jednim delom transgresivno leže preko serpentinita, a drugim delom su, ka sremskoj dislokaciji, sa serpentinitima u tektonskom kontaktu.

Od tercijarnih sedimenata na ovom prostoru su zastupljeni donji miocen, srednji miocen i donji pliocen. Serpentiniti u kojima je situirano nalazište su u kontaktu sa srednjim miocenom (donjim badenom)

koji transgresivno leži preko serpentinita. Najzastupljenije stene srednjeg miocena su konglomerati i peščari, ređe krečnjaci i gline. Donji pliocen južno od nalazišta „Hopovo“, u neposrednoj blizini manastira, transgresivno prekriva serpentinite a predstavljen je peskom, peščarima i laporcima.

3. UZORKOVANJE I METODIKA

Tokom terenskih radova prikupljeno je dvadesetak uzoraka juvelirskog kamena (iz izdanaka i aluvijalnog nanosa) i matičnih stena. Od tri uzorka izrađeni su petro-preparati. Tehnološkim analizama (lapidarskoj

obradi) podvrgnuta su četiri uzorka i na istim uzorcima su izvršena merenja indeksa prelamanja svetlosti (refraktometrija) i određivanje specifične težine/gustine.

Petrografske analize su urađene pod propuštеном svetlošću korišćenjem polarizacionog mikroskopa. Petropreparati su izrađeni korišćenjem Kanada balzama u koje su utopljeni odsečki uzoraka stena i minerala.

Merenje indeksa prelamanja svetlosti obrađenih uzoraka izvršeno je klasičnom metodom [8] korišćenjem standardnog refraktometra sa kontaktnom tečnošću indeksa prelamanja 1,81. Specifična masa je određena hidrostatičkom metodom [9].

Tehnološke analize su izvršene korišćenjem lapidarskih tehnika obrade koje su obuhvatile sečenje, brušenje i poliranje kabošona (obrada en cabochon) [10]. Za sečenje je korišćena testera Lortone TS-8 sa sinterovanim dijamantskim sečivom. Brušenje i poliranje kabošona izvedeno je na mašini tipa „Lortone Beaver 6“ koja je opremljena dijamantskim (elektroplatiranim) točilom i ekspandirajućim bubnjem koji koristi

izmenljive trake sa dijamantskim abrazivom, različitih granulacija. Ravno brušenje i poliranje pozadine uzoraka radi očitavanja indeksa prelamanja uređeno je na mašini za ravno brušenje odnosno fasetiranje – „Ming Xing LZM-2E“, sa dijamantskim (elektroplatiranim) diskovima.

4. REZULTATI

U okviru nalazišta juvelirskog kamena „Hopovo“ utvrđene su tri pojave u samom koritu Lipovog potoka. Na sve tri pojave otkriveni su izdanci juvelirskog kamena silicijsko-karbonatnog sastava.

U aluvijalnom nanosu Lipovog potoka takođe se nalaze brojni odlomci, pre svega ahata i kalcedona, a potom i karbonatno silicijske breče i oniksa.

Pojava „Hopovo I“ locirana je u dolini Lipovog potoka, na njegovoj levoj obali, u neposrednoj blizini manastira (oko 200 m ka severu), u alterisanim serpentinitima, u domenu razlomne zone orijentacije I–Z (slika 1).

Slika 2 - Fotografije sa nalazišta „Hopovo“. A. Karbonatno silicijske (kalcedonske/ahatne) žice u dnu korita Lipovog potoka, Hopovo I; B. Jasna granica između svežijih (desno) i jako alterisanih serpentinita (levo); C. Manji vodopad koji ukazuje na postojanje raseda koji preseca korito Lipovog potoka generalnog pravca pružanja I–Z; D. Odlomak ahata – Hopovo II; E. Ahatna žica, Hopovo II; F. Kalcedonske žice u jako alterisanim serpentinitima, Hopovo III.

Na ovoj lokaciji se uočava izdanak veličine 10x12 m jako silifikovanog i karbonatisanog serpentinita u kojem je juvelirska mineralna sirovina predstavljena kalcedonsko-kvarcnim žicama (do 2 cm debljine) i manjim sočivima, više u formi zadebljanja u okviru žica (do 5–6 cm debljine).

Žice su osmatrane po pružanju na rastojanju od oko 1,5 m, a njihovo dalje praćenje je onemogućeno zbog nanosa potoka i površinskog pokrivača.

Međusobno su isprepletane i ispresećane. Pad im je bilo nemoguće utvrditi jer su otkrivene u samom dnu korita Lipovog potoka.

Pojava „Hopovo II“ prostire se na obe strane potoka. Brojni nezaobljeni odlomci ahata i kalcedona su većih dimenzija u nanosu (slika 2D) nego u izdancima. Na osnovu njihove nezaobljenosti, kao i potpune istovetnosti po boji i ostalim makroskopskim osobinama, može se zaključiti da potiču iz neposredne okoline.

Veliki izdanak karbonatno-silicijske breče, u kojoj se javljaju lepe žice i geode prozračnog kalcedona (belog i svetlo-plavog), nalazi se na desnoj strani potoka.

Na pojavi „Hopovo III“ Lipov potok se uočavaju žice svetloplavog i belog kalcedona dimenzija 2 do 10 cm. Budući da je alterisani serpentinit jako trošan, kalcedonske žice se lako otkopavaju (slika 2F). Žice presecaju potok i nastavljaju se na oba zida korita. Pružanje im je oko 150°, a pad im je subvertikalno do vertikalno. Njihovo dalje praćenje je onemogućeno debelim nanosom i površinskim pokrivačem.

Mikroskopska ispitivanja

Kao matična stena juvelirskog kamena nalazišta Hopovo jasno je određen serpentinit (slika 3A). U petrografskom preparatu se osim serpentina uočavaju i karbonatni minerali, granat, spinel. Gvožđevita materija je takođe prisutna u vidu neprovidnih četvoro-ugaoih formi ili kao sekundarni oksid gvožđa.

Slika 3 - Fotomikrografija uzoraka sa nalazišta „Hopovo“ (propuštena svetlost, ukršteni nikoli). A. Serpentinit; B. Silicijsko karbonatna žica sa pojave „Hopovo I“; C. Ahatna žica sa pojave „Hopovo II“. Serp – serpentin minerali, Qtz – makro-kvarc, Qtz-m – mikrokvarc, Chal – kalcedon, Carb – karbonatni minerali.

Ahat se u nalazištu javlja u vidu samostalnih žica ili u kombinaciji sa karbonatnim mineralima. Samostalne ahatne žice izgrađene su najvećim delom od kalcedona, dok se u sredini žice često javlja makrokristalasti kvarc (slika 3B). Ovakve žice su najverovatnije nastale zapunjavanjem otvorenih pukotina u jednokratnoj fazi prinosne silicije. Kristalizacija kalcedonskih sferulita počinje od zidova otvorenih prostora (pukotina) ka njenoj sredini. Tako dolazi do formiranja kalcedonskih (ahatnih) traka koje su paralelne zidovima pukotine (slobodnog prostora) slika 3C.

U centralnom delu ahatnih žica često se nakon kalcedona formira makrokristalasti kvarc. Žice su najčešće u potpunosti ispunjene kalcedonom i kvarcom, bez slobodnog prostora u središnjem delu (sl. 2D, 3C, 4A).

Silicija se uglavnom javlja u vidu kalcedona („length fast“) i kvarca. Amorfna silicija nije uočena. Pod ukrštenim nikolima u kalcedonu se javlja efekat uvrtnja vlakana duž njihove ose tzv. „runzelbänderung“,

Juvelirski kamen je u najvećoj meri predstavljen silicijskim, a delom i karbonatnim mineralima (slika 3B–C). Kao najinteresantniji juvelirski varijetet izdvađa se ahat. On je najvećim delom izgrađen od kalcedona, koji zapravo predstavlja mikrostrukturni varijetet kvarca. Ahatom se najčešće smatra trakasti kalcedon, ali koji, detaljnije posmatrano, može predstavljati mešavinu određenih silicijskih polimorfa i morfoloških varijeteta kvarca [11]. Ti varijeteti su mikrokvarc, kriptokristalasti („fibrozni“) kvarc tj. kalcedon („length fast“ kalcedon – kalcedonit i „length slow“ kalcedon – kvarcin), moganit, kristobalit, tridimit i amorfni opal [12].

Najčešće mineralne vrste u ahatu su kvarc i kalcedon. Razlika između fibrozni varijeteta kalcedona, kalcedonita i kvarcina, je u orijentaciji mikro kristala kvarca. U kalcedonitu je kristalografska c-osa upravna, a kod kvarcina paralelna na pravac rasta vlakana.

koji nastaje zbog različite orijentacije ekstinkcije (zatamljenja) mikro kristala kvarca u polarizacionoj svetlosti [13].

Ahat se osim u samostalnim žicama javlja i u brečiziranim serpentinitima zajedno sa karbonatnim mineralima (slika 3B i slika 5). U takvim slučajevima jasan je sled u deponovanju i kristalizaciji minerala. Od obodnih delova otvorenih pukotina ka njihovom centru najpre su deponovani karbonatni minerali, zatim kalcedon i konačno kvarc (slika 3B i 4C). Osim žica koje su većinski izgrađene od kalcedona, prisutne su i one sa dominantnim makrokristalastim kvarcom.

Determinacija karbonatnih minerala nije rađena. Na osnovu sličnosti makroskopskih karakteristika sa karbonatnim mineralima iz ležišta Kozje brdo, može se pretpostaviti da su karbonati predstavljeni: dolomitom, kalcitom, ankeritom i magnezitom [3].

Gemološka ispitivanja

Gemološka ispitivanja, za razliku od klasičnih geoloških, nemaju destruktivni karakter.

Tabela 1. Vrednosti indeksa prelamanja svetlosti i specifične mase uzoraka juvelirskog kamena

Uzorak/ pojava	Indeks prelamanja (RI)	Specifična masa (SG; g/cm ³)
HA–HII	1,530-1,539; 1,543-1,557	2,60
HB–HI	1,540	2,65
HC–HIII	—	2,80
HD–HIII	1,530	2,56

Oznake uzoraka odgovaraju oznakama uzoraka na slici 4.

Od brojnih gemoloških metoda primenjene su dve: refraktometrija (indeks prelamanja svetlosti) i hidrostatika metoda određivanja specifične mase. Budući da se određivanje indeksa prelamanja svetlosti vrši na ispoliranim uzorcima, merenja su odrađena na uzorcima koji su prethodno podvrgnuti lapidarskoj obradi (slika 4). Rezultati ispitivanja dati su u tabeli 1. Uzorci HA i HB su iz žica sa pojava HI i HII. Uzorci HC i HB su iz aluvijalnog nanosa pojave HIII.

Slika 4 - Fotografije obrađenih uzoraka juvelirskog kamena iz nalazišta „Hopovo“. A - Ahat obrađen u formu okruglog kabošona (20 mm) sa pojave „Hopovo II“; B – Zeleni kvarc u vidu „free form“ kabošona (30x25 mm) sa pojave „Hopovo I“; C – Karbonatno-silicijski oniks (ovalni kabošon – 52x38 mm) iz aluvijalnog nanosa sa pojave „Hopovo III“, D – Kalcedon (ahat) u vidu markiz kabošona (47x15 mm) sa inkluzijama iz aluvijalnog nanosa sa pojave „Hopovo I“.

Na osnovu referentnih vrednosti silicijskih minerala [14] utvrđeno je da je juvelirski kamen nalazišta „Hopovo“ sačinjen od kalcedona, kvarca i karbonatnih minerala.

Uzorci HA i HD se mogu definisati kao ahate koji su najvećim delom izgrađeni od kalcedona. Dvojne vrednosti indeksa prelamanja kod prvog uzorka su posledice pojavljivanja kvarca u njegovom središtu. Vrednosti specifične mase se nalaze u opsegu kalcedona i kvarca.

Zeleno-beli uzorak HB odgovara kvarcu (RI 1,54; SG 2,65). Nedostatak vrednosti indeksa prelamanja za uzorak HC je posledica njegovog heterogenog sastava. Očitavanja indeksa prelamanja su bila neprecizna, ali su se kretala iznad 1,60. Izmerena specifična masa odstupa od referentnih vrednosti za kvarc i kalcedon, a odgovara dolomitu i kalcitu što potvrđuje nalaze mikroskopskih ispitivanja.

Na osnovu makroskopskih karakteristika, mikroskopskih i gemoloških analiza izdvojeni su sledeći varijeteti juvelirskog kamena:

- ahat (var. kalcedona)
- bezbojni i svetloplavi kalcedon

- zeleno-beli kvarc
- karbonatno-silicijska breča/oniks

Po svim svojim makroskopskim svojstvima karbonatno-silicijska breča slična je odgovarajućem varijetetu sa Kozjeg brda. U okviru karbonatno-silicijske breče javlja se karbonatno-silicijski oniks i ahat. Karbonatni oniks, u trakama različitih boja (belim, žutim, zelenim), se javlja samostalno ili prati silicijske minerale – ahat (kalcedon) i kvarc.

Ahat se najčešće karakteriše smenjivanjem svetloplavih sa belim i bezbojnim kalcedonskim trakama. Često se u centralnom delu javlja sitnozrni kvarc. Pored tipičnih trakastih ahata prisutan je žuti ahat sa inkluzijama (slika 4D) koji je najbliži netrakastom varijetetu – „plume“ ahatu [11].

U pojedinim žicama prisutni su kalcedoni koji nemaju teksturne i druge karakteristike koje bi ih svrstavale u ahate. Takvi su bezbojni i svetloplavi varijeteti. Ponekad, bezbojni kalcedon poseduje svetlosne efekte slične adularescenciji, te podseća na mesečev kamen.

Veoma dobre estetske karakteristike ima kvarc u osnovi bele boje sa jako intenzivnim zelenim partijama (sl. 4B). Zelena boja je verovatno posledica prisutnosti nikla iz serpentinita.

Tehnološka ispitivanja

Cilj tehnoloških ispitivanja bilo je utvrđivanje mogućnosti primene mineralne sirovine iz nalazišta „Hopovo“ kao juvelirskog kamena. Svojstva koja mineral ili stenu čini juvelirskim kamenom su: lepota, postojanost i retkost [15]. Najvažnije svojstvo juvelirskog kamena, pored drugih, opipljivijih (fizičkih i hemijskih karakteristika) je lepota, ali je nju i najteže determinisati. Lapidarska obrada predstavlja najadekvatniji način procene kvaliteta sirovine. Suštinski zadatak obrade je da prepozna i naglasi lepotu samog kamena, a da postojeće nedostatke eliminiše.

Od tri osnovna vida obrade juvelirskog kamenja (fasetiranje, izrada kabošona tj. i gliptografija/rezbarenje) [10] za juvelirski kamen iz nalazišta „Hopovo“ najpodesnija je obrada u kabošonske forme (slika 4). Ova obrada je primerena sirovini koja se odlikuje različitim stepenom prozračnosti, atraktivnim bojama i interesantnim teksturnim karakteristikama (šarama), kakvi su upravo varijeteti juvelirskog kamena iz nalazišta „Hopovo“: ahata, kalcedon, kvarc, karbonatno-silicijska breča.

Deo sirovine se može obrađivati i u vibracionim i rotacionim bubnjevima (samoobradom) ukoliko se prethodno izvrši razdvajanje silicijskih od karbonatnih varijeteta, zbog značajne razlike u tvrdoći. Karbonatno-silicijski varijeteti se mogu uspešno obrađivati ručnim tehnikama. Za njihovo poliranje uspešno je primenjena dijamantska pasta (granulacije 1 mikron) na filcanim diskovima.

Opšti kvalitet sirovine je dobar. Nema puno pukotina i drugih defekta koji bi značajnije umanjili kvalitet i stepen iskorišćenosti sirovine.

5. DISKUSIJA

Geneza ahata je generalno nedovoljno proučena što potvrđuje činjenica da se ahata još uvek ne dobija u laboratorijskim uslovima, odnosno veštačkim putem.

Izdvajaju se dva osnovna tipa ahata: vulkanski i žični [11 i 16]. I jedni i drugi se najčešće obrazuju u vulkanskim stenama – bazaltima, andezitima, riolitima. Vulkanski ahata se javljaju u sferoidnim telima (noulama), koji su u bazičnijim vulkanitima pravilnije ovalne forme, dok su u kiselijim vulkanitima nepravilnijih oblika. Njihova geneza je mnogo slabije proučena nego što je to slučaj sa žičnim ahatima, za koje je direktna genetska veza sa hidrotermalnim rastvorima mnogo jasnija.

Ahata se vrlo retko javljaju u ultramafitima, odnosno u serpentinitima. Jedan od retkih primera su ahata iz Dobšinskih serpentinita u Slovačkoj [17]. U Srbiji osim na Fruškoj gori sličan način pojavljivanja ahata u serpentinitima, u paragenezi sa karbonatima, utvrđen je u nalazištu „Vučkovica“ kod Kragujevca [18].

Matična stena silicijskim i karbonatnim mineralima juvelirskog kvaliteta u nalazištu „Hopovo“ je serpentinit (slika 3A, slika 2B,C,E,F i slika 5). Serpentinit je često intenzivno alterisan, što se na terenu jasno uočava u vidu partija svetlije boje (slika 2B i F). Ahata i ostali varijeteti juvelirskog kamena u nalazištu „Hopovo“ se pojavljuju u rudnim telima oblika tankih žica i žilica, delom brečiziranih.

Hidrotermalne alteracije serpentinita u domenu Lipovog potoka najverovatnije su povezane sa značajnom razlomnom strukturom – Vrdničkim južnim rasedom. Odlučujuću ulogu u obrazovanju nalazišta juvelirskog kamena „Hopovo“ predstavljala je oligo-miocenska vulkanska i tektonska aktivnost, koja je dovela do otvaranja slobodnih prostora u serpentinitima, omogućivši cirkulaciju hidrotermalnih rastvora, alterisanje serpentinita i konačno deponovanje silicijskih i karbonatnih minerala. Na vezu sa magmatogenim kontrolnim faktorom ukazuje prisustvo izliva dacito-andezita u blizini Vrdnika (slika 1), a koji su „Vrdničkom južnom raselinom“ direktno povezani sa Hopovom [7]. Nalazište „Hopovo“ je od izliva dacito-andezita u oblasti Vrdnika udaljeno, duž „južne raseline“, oko 3,5 km. Na prostoru nalazišta „Hopovo“ duž razloma orijentacije I-Z i SSZ-JJI došlo je do intenzivne mineralizacije silicijskih i karbonatnih minerala juvelirskog kvaliteta.

Tektonska i hidrotermalna aktivnost je bila višefaznog karaktera. Osim uočene brečizacije na terenu, ovu tvrdnju potkrepljuju i mikroskopska ispitivanja.

Slika 5 - Fotomikrografija (ukršteni nikoli) silicijsko-karbonatne žice sa pojave „Hopovo I“. Serp – serpentinski minerali, Qtz – makro-kvarc, Chal – kalcedon, Carb – karbonatni minerali.

Na fotomikrografiji petro-preparata (slika 5) prvo bitno formirana žica, ispunjena karbonatima i kalcedonom, presečena je novonastalom žicom makrokristalastog kvarca. U toj kvarcnoj žici se ne uočava značajnije prisustvo karbonata, što ukazuje da su hidrotermalni rastvori, u kasnijim fazama svoje aktivnosti, imali dominantno silicijski sastav.

Iz rastvora su najpre obarani karbonati, a nakon toga silicija, najpre kalcedon, a potom i kvarc. Ovakav način deponovanja se uočava od zida pukotine (žice) ka njenoj sredini (slika 3B i 3C). Prema French-u povećanje kristaliniteta od zidova ka sredini žica ukazuje na opadanje koncentracije silicije u hidrotermalnom rastvoru [19]. Shodno tome, obrazovanje kalcedona u ranijim fazama, u nalazištu „Hopovo“, ukazuje na povišeni sadržaj silicije u rastvoru i moguć nagli pad temperature, dok se makrokristalni kvarc verovatno formirao iz rastvora sa nižim sadržajem silicije.

Procena temperaturnih uslova u kojima je došlo do formiranja ahata je veoma težak zadatak. Prema Landmesseru [20] kalcedon (ahat) nastaje na temperaturama do 200°C, dok prema Moxonu [21], ahat može nastati samo u alkanlnim uslovima, na niskim pritiscima i temperaturama ispod 300°C.

Na osnovu pomenutih studija, može se pretpostaviti da je ahat nalazišta „Hopovo“ verovatno nastao iz jako zasićenih hidrotermalnih rastvora, pod niskim pritiscima i niskim temperaturama.

6. ZAKLJUČAK

Rezultati tehnoloških ispitivanja jasno ukazuju da juvelirski kamen nalazišta „Hopovo“ može imati primenu u izradi nakita, a delom može biti korišćen i kao kolekcioni kamen. U aluvijalnom nanosu Lipovog potoka prisutni su brojniji varijeteti juvelirskog kamena nego što je to utvrđeno na neposrednim izdancima. Budući da su odlomci iz nanosa praktično nezaobljeni, a imajući u vidu morfološke uslove nalazišta, verovatno je da isti potiču iz neposredne blizine. Dakle, može se pretpostaviti da je potencijalnost nalazišta „Hopovo“ veća nego što se na osnovu dosadašnjih rezultata moglo tvrditi, zbog čega bi trebalo nastaviti terenska istraživanja. Takođe, dalja laboratorijska ispitivanja (geohemijska, mineraloška, XRD, SAM...) ahata i drugih silicijjskih i karbonatnih varijeteta juvelirskog kamena i matičnih stena mogu doprineti boljem razumevanju procesa koji su doveli do formiranja rudnih tela juvelirskog kamena.

LITERATURA

- [1] Miladinović Z, Simić V, Jelenković R, Ilić M, Gemstone deposits of Serbia, *Geologica Carpathica* 67(3), pp. 211-222, 2016.
- [2] Petković K, Čičulić-Trifunović M, Pašić M, Rakić M, *Fruška gora — Monografski prikaz geološke građe i tektonskog sklopa*, Matica srpska, Novi Sad, 267 p, 1976.
- [3] Miladinović Z, *Geološke karakteristike i praktični značaj nalazišta juvelirskih mineralnih sirovina Fruške gore*, magistarska teza, Univerzitet u Beogradu — Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2005.
- [4] Antonović A, Pojave ahata na Fruškoj Gori, *Zapisi Srpskog geološkog društva za 1980. godinu*, pp. 21–24, Beograd 1981.
- [5] Toljić M, Matenco L, Ducea N. M, Stojadinović U, Milivojević J, Đerić N, The evolution of a key segment in the Europe–Adria collision: The Fruška Gora of Northern Serbia, *Global and Planetary Change*, No. 103, pp 39-62, 2013.
- [6] Knežević V, Szeky-Fux F, Steiger R, Pécskay Z, Boronihin V, Karamata S, Petrology of Fruška Gora latites - volcanic precursors at the southern margin of the Pannonian Basin, in *Geodynamic Evolution of the Pannonian Basin*, Serb. Academy of Sciences and Arts Academic Conferences 62 (4), pp. 243–259, 1991.
- [7] Čičulić-Trifunović M, Rakić M, Osnovna geološka karta 1:100000 - Tumač za list Novi Sad, L 34-100, Savezni geološki zavod, Beograd, 1977, 52 p
- [8] Matlins A. & Bonanno A. C, *Gem Identification Made Easy*. 3rd ed., GemStone Press, Woodstock, Vermont, USA, 2007.
- [9] Liddicoat R. T. Jr, *Handbook of Gem Identification*, Gemological Institute of America, Santa Monica, California, USA, 1977.
- [10] Kraus P. D, *Introduction to Lapidary*, Krause Publications, Wisconsin, 54990, USA, 196 p, 1987.
- [11] Zenz J, *Agates III*, Bode Verlag, , 656 pp. 2011.
- [12] Greetsch H, Structural characteristics of opaline and microcrystalline silica minerals, *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 29, pp 209-232, 1994.
- [13] Heaney P. J, A proposed mechanism for the growth of chalcedony, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 115, pp. 66-74, 1993.
- [14] Schumann W, *Gemstones of the World*, Newly Revised and Expanded Fourth Edition, Sterling, New York, 319 p, 2011.
- [15] Read P. G, *Gemmology*, Oxford, Elsevier Ltd., 324p, 2005.
- [16] Moxon T, *Studies on Agate: Microscopy, Spectroscopy, Growth, High Temperature and Possible Origin*, Terra Publications, Doncaster, UK, 96 p, 2009.
- [17] Ozdín D. & Števkó M, Unikátny výskyt achátov v serpentinizovaných peridotitoch v Dobšinej. *Minerál XVIII*, 4, 331-335, 2010.
- [18] Ilić M, Malešević N, Pejčić M. i Miladinović Z, Kratak prikaz juvelirskih mineralnih sirovina Srbije, *Vesnik Geozavoda*, Geologija, hidrogeologija i inženjerska geologija, Serija A, B, knj. 48. pp. 169–201, Beograd, 1998.

- [19] French M. W, Electron backscatter diffraction investigation of length-fast chalcedony in agate: implications for agate genesis and growth mechanisms, *Geofluids* 13 pp. 32–44, 2013.
- [20] Landmesser M, Zur Geothermometrie und Theorie der Achate. Mitt *POLLICHIA* 79, pp. 159–201, 1992.
- [21] Moxon T, Reed J. B. S, Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480 Ma: a cathodoluminescence study, *Mineralogical Magazine*, Vol 70(5), pp. 485–498, October 2006.

SUMMARY

„HOPOVO“ GEMSTONE OCCURRENCE (FRUŠKA GORA)

This study presents geological, mineralogical, and gemological characteristics of gemstone deposit (silica and carbonate minerals) that occur in Mesozoic Fruška gora ultramafites in the vicinity of Hopovo Monastery. The host rock for gemstone is altered serpentinite outcropping along Lipov Potok creek in the zone approximately 300 m wide and 600 m long. Gemstone ore bodies occur in the form of single veins and as system of parallel and intersected veins. Gemstone varieties are presented with agate, chalcedony, quartz, and carbonate minerals often forming parallel bands (carbonate onyx). Gem minerals from this occurrence are best processed in the cabochon form adequately emphasizing their natural properties – transparency, color, pattern etc.

Key words: gemstone, agate, chalcedony, quartz, carbonate, serpentinite, Hopovo, Fruška gora