

BAKROVO RUDIŠČE GORNJA LIPA

Matija Drovenik

Z 19 slikami

Geološka služba rudarsko-topilniškega bazena Bor raziskuje že nekaj let z namenom, da poveča sedanje zaloge bakrovih rud. Raziskave nismo omejili na ožjo okolico Bora, temveč smo jih razširili tudi zahodno in



1. sl. Gornja Lipa — jesen 1955
Fig. 1. Gornja Lipa in autumn 1955

severozahodno od tod do meja eruptivnega masiva. V tem delu dominira 1027 m visok Črni vrh s številnimi grebeni, ki se raztezajo proti severu, vzhodu in zahodu.

Okolico Črnega vrha so začeli raziskovati kmalu po prvi svetovni vojni. Našli so rudišče Zlače ter ga zaradi tega, ker je vsebovala kompleksna Pb-Zn-Cu ruda zadovoljive količine zlata, delno tudi odkopali. Žile v potokih Rošu in Kunuku so našli nekoliko kasneje. Imajo podoben

Obsežna raziskovalna dela so začeli po drugi svetovni vojni na podlagi poročila geološke ekipe, ki je raziskovala bakrova rudišča in mineralizacije vzhodnosrbskega eruptivnega območja. Z rovom iz doline Lipe, ki so ga začeli vrtati leta 1950 pod vodstvom F. D r o v e n i k a, so našli pri 128 m rudno telo. V letih 1950—1955 so izdelali 2460 m hodnikov ter 17 vrtin v skupni dolžini 3034 m. S temi deli so našli milijon ton Cu rude (rezerve A), ki vsebuje povprečno 1,1 % Cu. V hidrotermalno izpremenjeni prikamenini so ugotovili tudi nekaj slabših bakrovih mineralizacij. Najvažnejši rudni mineral je enargit.

Zaradi ugodne lege rudnega telesa bodo odkopavali rudo z dnevnim kopom (1. in 2. slika), nakar jo bodo prepeljali v borsko flotacijo. V ta namen so že izdelali približno 5,5 km dolgo žičnico do železniškega postajališča Črni vrh.

Kamenine neposredne bližine rudišča

Na podlagi geološkega kartiranja in mikroskopskih preiskav smo določili v neposredni bližini rudišča rogovačno-avgitni andezit, rogovačni andezit ter propilit (3. slika).

Rogovačno-avgitni andezit je med navedenimi kameninami najbolj razširjen. Nastopa predvsem zahodno od rečice Lipe, ponekod pa prehaja tudi na njeno vzhodno stran. Pogosto opazujemo njegovo tufsko brečo. Ker je prekrita okolica rudišča z debelejšo plastjo humusa, nismo mogli določiti meje med obema različkoma.

Kamenina je sivozelena, hipokristalne porfirske strukture ter homogene teksture. Na oko moremo ugotoviti le vtrošnike rogovače in plagioklazov. Pod mikroskopom zapazimo nadalje manjše vtrošnike avgita ter osamljena zrnca kremenca. V osnovi nahajamo poleg drobnih zrn plagioklazov in rogovače tudi magnetit.

Med vtrošniki prevladujejo plagioklazi, ki so pogosto dvojčično zgrajeni in conarni. Zrna dosežejo velikost $4,2 \times 2$ mm. Zaradi preperevanja so močno kaolinizirana. Le tu in tam so dovolj sveža, tako da smo jih mogli zanesljivo izmeriti. V zbruskih vzorca z vrha Kufrasana smo podrobneje optično preiskali (Nikitin, 1936) tri dvojčke ter določili 46,5 %, 50 % in 54,5 % an.

Plagioklazi pripadajo torej bazičnemu andezinu oziroma kislemu labradoritu.

Rogovača je pogosto močno preperela. V zbruskih imajo zrna preseke po prizmi in pinakoidu. Največje zrno je merilo $5,3 \times 2,2$ mm. V bolj svežih zrnih, z jasnim pleohroizmom se izpreminja kot potemnitve od 15 do 22,5°, s povprečno vrednostjo 17,5°. V precej manjši količini nastopa avgit s kotom potemnitve povprečno 45°. Njegova zrnca so sorazmerno manjša ter imajo premere $0,3 \times 0,25$ mm. Rogovača in avgit sta preperela pogosto v klorit, predvsem rogovača pa tudi v kalcit.

Kremenova zrnca so v kamenini zelo neenakomerno razporejena. Imajo nepravilne oblike ter dosežejo premere $0,6 \times 0,4$ mm. V vseh opazovanih zbruskih zavzemajo manj kot 1 % celotne površine.

Kakor smo že omenili je rogovačno-avgitni andezit pogosto razvit kot breča. Povprečno 10—20 cm veliki andezitni fragmenti imajo zaokrožene (4. slika), včasih oglate oblike ter tufsko vezivo. Ponekod je veziva malo, tako da sestoji kamenina skoraj le iz fragmentov. Ta različek opazujemo predvsem lepo na izdanku nekaj deset metrov južno od vhoda v rov, tu in tam v rovu, prečnikih ter v jedrih številnih vrtin. Njegova prisotnost govori za to, da so spremljale izlive rogovačno-avgitnega andezita močnejše erupcije.

Rogovačni andezit opazujemo predvsem lepo severovzhodno in jugovzhodno od rudišča. Kamenina se po barvi ne razlikuje od pravkar popisane. Tudi vtrošniki rogovače in plagioklazov so skoraj enako veliki kot v rogovačno-avgitnem andezitu. Vendar vsebuje v splošnem rogovačni andezit nekoliko več plagioklazovih vtrošnikov, tako da moremo ločiti obe kamenini v večini primerov že megaskopsko.

Kot vtrošnike nahajamo le plagioklaze in rogovačo (4. slika), prav redko tudi kremen. Zrna plagioklazov so povprečno velika $1,2 \times 0,4$ mm. Povečini so močno preperela. Nekoliko bolj sveža zrna najdemo v vzorcih, ki smo jih vzeli v useku nove ceste, približno 120 m jugovzhodno od vhoda v rov. Pri merjenju dveh dvojčkov smo ugotovili 51,5 % oziroma 55 % an.

Nekaj svežih plagioklazovih zrn najdemo tudi v vzorcih kamenine, ki smo jo vzeli v potoku, levem pritoku Lipe, približno 740 m severno od vhoda v rov. Tri zrna smo podrobneje preiskali ter določili 51,5 %, 54 % in 56 % an.

Množina anortita v plagioklazih rogovačnega andezita niha torej od 51,5 do 56 %, pri čemer znaša povprečna vrednost 54 % an.

Tudi v tej kamenini so kremenova zrna povsem neenakomerno razporejena. Njegova zrna dosežejo premere 1,6—1 mm.

Zrna rogovače s srednje močnim pleohroizmom so povprečno velika $2,1 \times 0,5$ mm. Kot potemnitve se izpreminja od 16,5 do 21,5°, povprečna vrednost kota (110) ($\bar{1}\bar{1}0$) je 123,5°. Zrna so zelo redko sveža. Povečini so izpremenjena v klorit in kalcit.

Zelena kamenina, ki nastopa vzhodno od rečice Lipe, t. j. na zahodnih pobočjih Kupinovega, je značilen propilit. Pod mikroskopom vidimo, da je rogovača izpremenjena predvsem v klorit, ki nastopa v drobnozrnatih agregatih. Poleg tega opazujemo še kalcit, epidot ter pirit, ki je pogosto preperel v limonit. V zelo podrejenih količinah najdemo zrnca kremenca, nastala pri procesih avtometamorfoze. V zbrusku vzorca, ki smo ga vzeli s pobočja nasproti rudišča, so plagioklazi močno prepereli. Podrobneje smo preiskali samo en dvojček, ki pripada bazičnemu andezinu z 49,5 % an.

V propilitu nahajamo kaolinizirano, delno tudi silificirano cono, ki se širi preko Kupinovega in Kuruge proti severu. Zahodna meja propilita s hidrotermalno izpremenjeno cono poteka nekaj časa po zahodnem pobočju Kupinovega ter se nato spusti v dolino Lipe. Njene prave širine nismo mogli točneje določiti. Pobočja Kuruge in Kupinovega so prekrita namreč z brečami, ki sestojijo iz silificiranih in kaoliniziranih, delno izluženih fragmentov. Vezivo je limonitno. Cona, prekrita s popisanimi brečami, je široka v predelu Kupinovega približno 1 km, v predelu Kuruge

pa skoraj 2 km. Z rovom izpod Kuruge so ugotovili v njej slabšo, vendar ekstenzivno piritizacijo, ponekod tudi tanjše piritno-kremenove žile.

Vrh Kupinovega in Kuruge sestoji iz limonitiziranega kremenovega skeleta — klobuka. Petrografske in morfološke karakteristike silificiranih in izluženih klobukov, ki jih opazujemo predvsem v tem delu eruptivnega masiva, sva popisala že s F. D r o v e n i k o m (1954). Mikroskopske preiskave vzorcev s Kupinovega dosedanje preiskave samo potrjujejo. V dveh zbruskih, od katerih je napravljen prvi iz vzorca, ki smo ga vzeli na vrhu, drugi pa iz kamenine z zahodnega pobočja (približno 150 m od vrha), opazujemo podoben mineraloški sestav. V obeh prevladujejo zrnca kremenena, velika povprečno 0,05 mm. V manjši količini opazujemo zrnca alunita, ki imajo paličaste preseke s povprečnimi premeri $0,2 \times 0,06$ mm. Nahajamo jih predvsem v konturah nekdanjih plagioklazov, poleg tega pa so tudi nepravilno razporejena v silificirani osnovi. V manjših količinah opazujemo kaolinit, v podrejenih kalcedon in opal.

Kakor smo navedli, silifikacija ni omejena samo na površinske dele oziroma na vrhove Kuruge in Kupinovega. To dokazuje predvsem vrtina Kuruga št. 1, ki so jo izvrtali leta 1935 na vrhu Kuruge. Prvih 60 m je vrtina potekala v limonitiziranem kremenovem skeletu, kakršnega opazujemo na izdankih. V globini 60 m je prešla v čvrsto silificirano in delno limonitizirano kamenino (andezit), v kateri so jo pri 239 m tudi ustavili.

Hidrotermalne izpremembe

V bližini rudišča sta bila rogovačno-avgitni andezit in njegova tufska breča hidrotermalno močno izpremenjena. Največji izdank izpremenjene kamenine nahajamo v neposredni bližini rudišča. Meri približno 140.000 m² ter se razprostira skoraj meridionalno (3. slika). Ostali izdanki, ki nastopajo južno in severno od tod, so povečini precej manjši. Nekoliko večji je le izdank, ki leži nekaj sto metrov NNW od rudišča. V njem opazujemo številne kremenove žile in žilice. Označujejo ga trije zarušeni rimski (?) jaški. Rudnih mineralov tu nismo našli.

Na površini ne moremo določiti posameznih ascendentnih izprememb, ker sta kamenini zelo prepereli. Rudno telo prekriva namreč kakih 14 do 25 m debel pokrov močno kaoliniziranega in limonitiziranega andezita, ki je mestoma izpremenjen v ilovnato zemljo. Zaradi tega smo vzeli v rovu in prečnih številne vzorce hidrotermalno izpremenjene kamenine kakor tudi rude ter jih mikroskopsko preiskali.

Zaporedje hidrotermalnih izprememb lepo opazujemo predvsem v rovu od vhoda do rudnega telesa (16. slika). Prvih 50 m je kamenina močno karbonatizirana in kloritizirana. V podrejeni količini, vendar precej enakomerno, že megaskopsko opazujemo pirit. Pod mikroskopom vidimo, da so plagioklazova zrna skoraj povsem izpremenjena v kalcit (6. slika). Le tu in tam najdemo ostanke zrn, ki so nekoliko bolj sveži. V njih še opazujemo dvojlične lamele. Rogovača je izpremenjena v glavnem v klorit in kalcit. V njej nastopa tudi pirit, ki je razporejen včasih po prvotni razkolnosti. Osnovo sestavljajo zrnca kalcita, klorita, kaolina, v manjši količini tudi kremenena in pirita. Tu in tam najdemo večja polja,

ki pripadajo kloritu in zeolitu. Andezitska struktura je dovolj dobro ohranjena. Tako izpremenjen andezit so prvotno imenovali propilit.

V smeri proti rudnemu telesu, t. j. od vhoda v rov proti zahodu, se struktura postopoma izgubi. V zbruskih opazujemo najprej vedno močnejšo sericitizacijo in kaolinizacijo, kasneje se jima pridružita še silifikacija in piritizacija. Plagioklazi so skoraj povsem sericitizirani in kaolinizirani, medtem ko je rogovača izpremenjena v kaolin ter delno v pirit. Osnova sestoji iz drobnozrnatega agregata, v katerem opazujemo sericit, pa tudi kremen, kaolin in pirit. V bližini rudnega telesa prevladuje kaolinizacija nad ostalimi izpremembami. Za tako izpremenjeno kamenino so značilne številne, do 3 cm debele žilice sadre, ki se mrežasto prepletajo. Obilnost sadre govori za živahno kroženje descendentnih raztopin. Prav zaradi tega menimo, da kaolinizacija v bližini rudnega telesa ni nastala samo pod vplivom ascendentnih raztopin, temveč je delno tudi produkt descendentne izpremembe sericita.

Rudno telo ni enakomerno izpremenjeno. Pri pregledu vzorcev iz rova, prečnikov in vrtin moremo ločiti različne stopnje piritizacije, silifikacije in kaolinizacije. Prav tako opazujemo tudi v zbruskih zdaj več pirita, kremenca in kaolina, zdaj zopet več sericita, alunita in diaspora. Plagioklazova zrna so izpremenjena v sericit (7. slika) in kaolin, delno tudi v alunit. V nekdanjih rogovačnih zrnih opazujemo predvsem kaolin, pirit in diaspor, prav redko tudi sericit. Izpremenjena rogovačna zrna imajo pogosto robove iz pirita (8. slika). Tu in tam opazimo tudi psevdomorfoze pirita po rogovači. Osnova je v glavnem silificirana in kaolinizirana. Poleg drobnih zrn, ki so nastala pri silifikaciji, opazimo pod mikroskopom pogosto tudi večja zrna kremenca. Ta kremen je genetsko mlajši ter predstavlja lepilo zdobljenih delov rudnega telesa (9. slika).

Zelo zanimiv je pojav diaspora, ki govori za sorazmerno visoko temperaturo prihajajočih raztopin. Nahajamo ga zlasti v konturah nekdanjih rogovač, ponekod tudi v osnovi. Zrna imajo podolgovate preseke in jasno razkolnost (10. slika). Povprečno so velika $0,35 \times 0,10$ mm. Podrobno smo preiskali tri zrna ter dobili naslednje podatke:

Ng—Np	Ng—Nm	Nm—Np	+ 2 V
0,0506	0,0281	0,0225	78°
0,0501	0,0273	0,0288	86°
0,0545	0,0305	0,0240	84°
0,0519	0,0290	0,0231	82,5°

Vrednosti dvolomnosti kakor tudi kota optičnih osi se močno približujejo vrednostim, ki jih navaja za ta mineral Winchell (1951, 78).

Zahodno od rudnega telesa je conarnost hidrotermalnih izprememb manj jasna. Močno kaoliniziran andezit, kakršnega smo opisali vzhodno od rudnega telesa, prehaja v delno silificirano in piritizirano kamenino. V njej opazujemo številne žilice sadre. Rov, ki je dolg skoraj 560 m, prehaja pri kraju ponovno v karbonatiziran in kloritiziran andezit z dokaj

dobro ohranjeno strukturo. Širina hidrotermalno izmenjene cone je torej precej večja, kakor smo to prvotno sodili po izdanku.

Hodnik št. 3 je sledil vzhodni, tektonski kontakt in hidrotermalno izpremenjeno cono proti severu, kjer nahajamo v potoku stara dela. Dolg je bil 140 m. Izdelali so ga v močno kaolinizirani kamenini ter je že dlje časa zarušen.

Orudenenje

Kakor smo že navedli, se stopnja piritizacije v rudišču močno izpreminja. Medtem ko opazujemo ponekod kompaktno piritno rudo, najdemo drugod le močnejše ali slabše piritne impregnacije. Ionskim raztopinam so v delu rudišča sledile poleg tega tudi koloidne. Iz njih se je izločeval melnikovit, ki je kasneje prekrystaliziral v pirit. Tako opazujemo v rudišču tudi piritno-melnikovitne in melnikovitne dele. Oba različka FeS_2 se po barvi in strukturi medsebojno jasno razlikujeta.

Tektonski fazi, ki je zdrobila piritno telo, so sledile rudne raztopine, iz katerih so se začeli izločevati bakrovi minerali.

Kot najstarejši bakrov mineral opazujemo različek izomorfne skupine stibiolumonit $\text{Cu}_3(\text{Sb, As})\text{S}_4$ — luzonit $\text{Cu}_3(\text{As, Sb})\text{S}_4$. Našli smo ga najprej v obruskah jedra vrtine št. 14, kjer nastopa v bogati rudi skupaj s starejšim enargitom. Ko smo podrobneje preiskali odval, smo ga našli tudi v paragenezi z baritom in mlajšim enargitom.

Megaskopsko ga moremo ločiti od jeklenosivega enargita po rdečkastem odtenku ter po tem, da nima razkolnosti. Pod mikroskopom so njegova zrna za spoznanje bolj svetla od enargitovih. Že pri opazovanju brez imerzije vidimo, da imajo zrna dokaj močan refleksijski pleohroizem. Barva odbite svetlobe se spreminja od rožnatorumene do rožnatovioličaste. Če uporabimo imerzijo, postanejo barve bolj žive. Ramdohr (1955) loči stibiolumonit od luzonita le po nekliko močnejšem vijoličastem odtenku odbitih barv. Ker nimamo primerjalnih obruskov, se na podlagi mikroskopske preiskave ne moremo odločiti, kateremu členu izomorfne skupine pripada naš različek. Zaenkrat bomo prištevali opisana zrna z rdečkastim odtenkom stibiolumonitu in ne luzonitu, ki ima rumenkast odtenek. Točna določitev bo mogoča šele, ko bomo našli pri odkopavanju dovolj čistega vzorca za kvantitativno kemično analizo.

Zrna stibiolumonita so povprečno velika nekaj desetink milimetra, le redko so večja od 1 mm. Največje je imelo premer $1,52 \times 0,73$ mm. Zrna so ksenomorfnata ter pogosto razpotegnjena v smeri lamel, ki so različno široke ter medsebojno vzporedne (11. slika). Najdemo pa tudi zrna z dvema ali tremi sistemi lamel, ki se sečejo pod različnimi koti. Za zrna s takimi lastnostmi meni Ramdohr (1950, 403), da niso enotna. Stibiolumonitova zrna nadomešča pogosto nekoliko mlajši enargit (12. slika).

V pravkar opisanih zrnih stibiolumonita najdemo pod mikroskopom pogosto bela nazobljena polja nepravilnih oblik (13. slika). Povprečno so velika le 25×20 mikronov, medtem ko je imelo največje opazovano zrno premer 127×45 mikronov. Polja imajo precej večjo zmožnost odboja svetlobe kakor stibiolumonitova. Refleksijski pleohroizem, ki ga opazujemo na sveže poliranih površinah že brez imerzije, kakor tudi jasni efekti

anizotropije, govore za to, da je mineral močno anizotropen. Polja navadno niso homogena, temveč sestojе iz nekaj zrn. Pri jedkanju s HNO_3 dobi površina irizirajoč oklep, nakar potemni. Jedkanje s HCl je negativno. Navedene lastnosti ustrezajo onim, ki jih opisuje R a m d o h r (1950, 496) za volfsbergit CuSbS_3 .

Značilen mineral za rudišče Gornjo Lipo je enargit Cu_3AsS_4 , ki med bakrovimi minerali močno prevladuje. Po načinu nastopanja in paragetskih odnosih moremo ločiti starejšo in mlajšo generacijo enargita.

Starejši enargit je na nekaterih mestih metasomatsko nadomestil hidrotermalno spremenjen andezit, pirit in melnikovit. Tako smo navrtali z vrtino št. 14 med 14. in 28. metrom masivno piritno-melnikovitno-enargitno rudo. Masivna ruda je v splošnem zelo drobnozrnata (14. slika). Velikost enargitovih zrn v njej niha od nekaj mikronov do 1,5 mm. Zrna imajo običajno nepravilne preseke ter so nazobljena, najdemo pa tudi zrna z idiomorfni preseki. Prav redko so kataklastična. Starejši enargit nastopa nadalje v vezivu zdrobljenih rudnih fragmentov. V tem primeru dosežejo enargitova zrna dolžino do 19 mm. Ruda ima tedaj brečasto teksturo, ki je za Gornjo Lipo zelo značilna.

Tudi mlajši enargit nastopa v vezivu zdrobljenih rudnih delov; spremlja ga barit. Kristalčki enargita dosežejo velikost do 37 mm. Prevladujejo ploskve (110), (100) ter (001). Barit je pogosto starejši od enargita, vendar zapazimo tu in tam, da rastejo enargitni kristalčki tudi skozi baritne ploščice. Zaradi tega sklepamo, da sta nastajala oba minerala delno tudi istočasno.

Majhni idiomorfni kristalčki pirita, ki jih opazujemo predvsem v vzhodnem delu rudnega telesa, pripadajo mlajši mineralizaciji. Nahajamo jih v razpokah, ki imajo povprečno smer N—S. Med ploskvami prevladujejo (100), opazujemo pa tudi kombinacije z (210) in (111).

Zelo redko opazujemo cementativni halkozin. Ugotovili smo ga le mikroskopsko. Zanimivo je, da ne nadomešča enargita, temveč le melnikovit. V njem nastopa v nepravilnih, nekaj deset mikronov velikih zrnih (15. slika). Pri jedkanju s HNO_3 dobimo značilno strukturo »razpokanega porcelana«.

Poleg opisanega orudnenja smo našli s sledilnimi deli tudi slabše mineralizacije izven rudnega telesa. Nastopajo v obliki impregnacij, tanjših rudnih žil in fragmentov.

Tako je zadel glavni rov pri 337 m v hidrotermalno močno izpremenjeno cono andezitne tufske breče, ki je bila tudi tektonsko zdrobljena. V njej smo našli poleg slabših enargitnih impregnacij tudi rudne fragmente. Ti sestojе iz enargita, pirita in melnikovita, opazujemo pa tudi halkopirit ter prav redko cementativni halkozin. Cono smo preiskali s prečniki ter slepim jaškom. Ugotovili smo, da je mineralizacija zelo neenakomerna, količina Cu pa majhna. Po približno 20 metrih so v rovu impregnacije prenehale, izpremenjena cona pa je prešla postopoma v manj izpremenjeno prikamenino. Tektonske rudne fragmente s skoraj enakim sestavom so našli kakih 140 m severno od rudnega telesa v podaljšku vzhodne tektonske cone.

Nekateri hodniki so presekali za prst debele kremenove žile z galeinitom, sfaleritom, piritom, medlico in halkopiritom. Zelo redko opazujemo tudi hematit. Kremenove žile imajo v splošnem smer N—S, vendar pa nimajo stalnih padov.

Rudno telo

Rudno telo, ki ga je presekala rov med 128. in 202. m, so preiskali s številnimi prečniki, vrtinami ter dvema slepima jaškoma. V rudnem telesu so izdelali približno 380 m hodnikov, 25 m jaška in 350 m vrtin. Na obzorju 630 m meri nekaj več kot 8000 m².

Dokaj jasno mejo s prikamenino opazujemo le v vzhodnem delu. Zahodna, zlasti pa južna in severna meja rudnega telesa so manj izrazite. Ker prehaja postopoma v prikamenino, smo določili njegove meje v teh delih po kemičnih analizah.

Meje rudnega telesa proti površini in globini smo določili z vrtinami št. 1, 2, 3, 14, 15, 16 in 17 ter že omenjenima slepima jaškoma. Rudno telo je razpotegnjeno v smeri N—S. Z vrtino št. 14 smo ugotovili, da leži njegov najvišji del le 14 m izpod površine (17. slika). Erozija ni odkrila rudnega telesa, zaradi česar na površini ne opazujemo »železnega klobuka«. Pokrito je z močno kaoliniziranim, delno tudi limonitiziranim andezitom, ki je izpremenjen na površini v ilovnato zemljo. Tako izpremenjena kamenina vsebuje od 0,3 do 1,9 g/t Au. Zaradi nepropustnega pokrova ne opazujemo oksidacijske, še manj pa cementacijske cone. Ruda je 14 metrov pod površino povsem sveža. V delu rudišča sicer opazujemo kremenov skelet, ki je zelo podoben izluženi rudi, n. pr. Tilva Roša v Boru. Vendar najdemo v votlinicah nekdanjih vtrošnikov plagioklazov in rogovače barit in enargit, ki sta v Gornji Lipi primarna minerala. Delno izluženje so torej lahko povzročile le ascendentne raztopine.

V zahodnem delu prehaja rudno telo že nekaj metrov pod obzorjem 630 m v silificirano, kaolinizirano ter delno piritizirano prikamenino (17. slika). V jedrih vrtin št. 14, 15 in 17 opazimo pod rudnim telesom številne žilice sadre ter zelo redko majhna osamljena zrna enargita. Kemične analize kažejo sledove bakra, vendar pa povprečno 20,5 % FeS₂. Podatki vrtine št. 2 nam povedo, da tone rudno telo proti vzhodu. Postopen prehod v jalovo prikamenino smo ugotovili šele pri 90 m, približno 40 m pod obzorjem 630 m. Kemične analize jeder vrtine št. 2 med 90. in 252 m kažejo sledove Cu ter povprečno 20 % FeS₂. Če primerjamo te podatke z onimi za jedra vrtine št. 14, 15 in 17, vidimo, da je piritizacija izpremenjene kamenine pod rudnim telesom precej enakomerna.

Zanimivi so podatki, ki smo jih dobili z vrtino št. 4. Ta je bila zastavljena na levem bregu rečice Lipe ter izvrtana pod kotom 45° pod rudno telo. Med 110. in 132. m, približno 75—90 m pod obzorjem, opazujemo v izpremenjeni, predvsem silificirani, kaolinizirani ter piritizirani andezitni tufski breči vškropljena zrna enargita. Jedra tega dela vrtine vsebujejo od 0,06 do 0,86 % Cu, povprečno 0,33 % Cu ter 31 % FeS₂. To je najgloblja mineralizacija, ki smo jo navrtali v bližini rudišča.

Z rudarskimi deli smo torej dodobra raziskali rudno telo iznad obzorja 630 m. Ugotovili smo približno 1 milijon ton rude s povprečno

1,1 % Cu. Del rudnega telesa, ki tone, kakor smo omenili, proti vzhodu, še ni dovolj raziskan. Po dosedanjih cenitvah je v tem delu približno pol milijona ton rude z nekoliko manjšim procentom Cu.

Razporeditev bakra in pirita v rudnem telesu

Orudenenje ni enakomerno. To smo ugotovili že pri jamskem kartiranju ter pri pregledu jeder vrtin, ki so jih izvrtali v rudnem telesu. Opazili smo, da je srednji del rudnega telesa močnejše oruden, medtem ko se jakost orudenenja proti njegovim mejam postopoma zmanjšuje.

Predvsem lepo nam to kaže karta kemičnih analiz. Če namreč združimo na analizni karti obzorja 630 m posebej vrednosti z večjim in one z manjšim odstotkom Cu, vidimo, da vsebuje ruda srednjega dela rudnega telesa povprečno 2 % Cu (18. slika). Od tod se širi bogata ruda v obliki obrnjenega prisekanega stožca proti površini. Omenjeni srednji del je med obzorjem 630 m in vrhom rudnega telesa z bakrom najbolj bogat. Analize vzorcev rude iz jaška št. 1 in jeder vrtine št. 14 kažejo namreč povprečno 4,5 % Cu.

Ruda z 0,8 % Cu obdaja na obzorju 630 m bogato jedro. Proti mejam rudnega telesa se količina bakra še zmanjša. Tako nahajamo v njegovih obrobni delih le rudo s povprečno 0,4 % Cu.

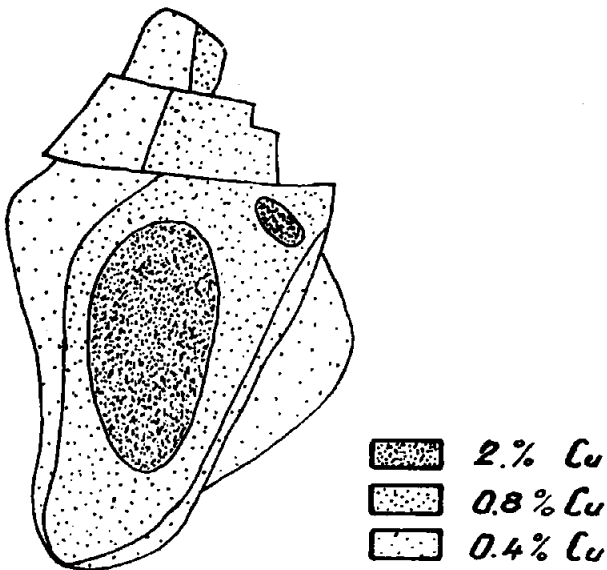
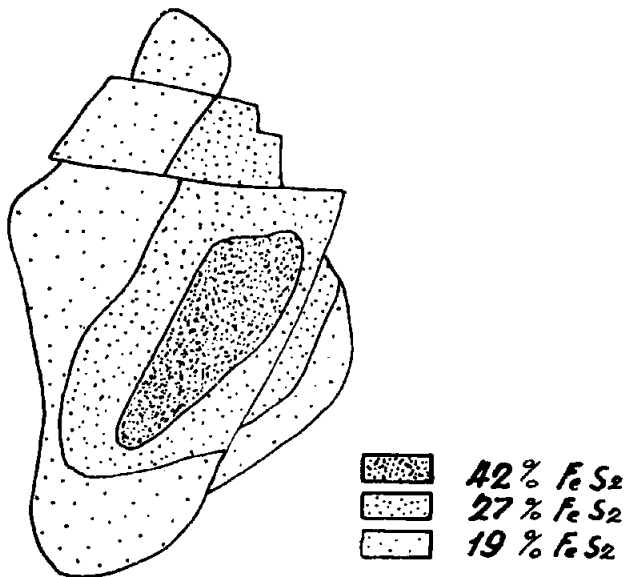
Zelo podobne podatke dobimo tudi za razporeditev pirita na obzorju 630 m (18. slika). Jedro s povprečno 42 % FeS_2 prehaja postopno v rudo z 20 % FeS_2 . Količina pirita v teh obrobni delih rudnega telesa je prav tolikšna kakor v hidrotermalno izpremenjeni, vendar jalovi kamenini pod njim.

Tektonika

Kakor v Boru, Malem Krivelju in Valja Saki, tako opazujemo tudi v Gornji Lipi le prelome, ki so nastali v terciarnih orogenetskih fazah.

Predrudna tektonika je zdrobila rogovačno-avgitni andezit ter njegovo tufsko brečo. Pri tem niso nastali jasni prelomi, temveč le zdrobljena cona s smerjo N—S, vzdolž katere so prihajale hidrotermalne raztopine. To dokazuje izdanek izpremenjene kamenine nad rudiščem ter ostali izdanki iz njegove bližine, ki leže skoraj meridionalno. Za to govori tudi conarna razporeditev pirita na obzorju 630 m. Mlajša tektonika je zdrobila silificirano, kaolinizirano ter piritizirano telo. Zdrobljena cona s smerjo NNE—SSW, ki je nastala pri tej tektonski fazi, je bila pot, po kateri so prihajale nato rudne raztopine. To sklepamo po conarni razporeditvi Cu na obzorju 630 m.

Porudna tektonika je bila bolj živahna predvsem v vzhodnem delu rudnega telesa. Kakor smo že navedli, je tod meja rudnega telesa s prikamenino v glavnem tektonska. Močan prelom (3. slika) na jugovzhodu, ki je presekal rudno telo, ima smer povprečno N 26° E ter vpada 59—75° proti ESE. V vzhodnem delu, kjer predstavlja ta prelom mejo rudnega telesa s prikamenino, poteka v smeri skoraj N—S ter vpada povprečno 58° proti E. Tu in tam najdemo ob njem številne rudne fragmente. Močno je zdrobljen zlasti severovzhodni del. Poleg že omenjenega preloma opazujemo številne druge, ki imajo smer W—E oziroma WNW—ESE, ter



Merilo 1 : 2000
Scale

18. sl. Razporeditev Cu in FeS_2 na obzorju 630 m
Fig. 18. Relationship between Cu and FeS_2 on 630 ms level

vpadajo v glavnem proti N. Ker je bilo rudno telo vzdolž teh prelomov premaknjeno, sklepamo, da so mlajši od preloma s smerjo N—S.

Približno 140 m severno od rudišča so našli s prečniki osamljene, toda večje rudne fragmente. Nahajamo jih v močno kaolinizirani in zdrobljeni tektonski coni, ki ima smer približno N 340 W. Zelo verjetno je to podaljšek vzhodne tektonske cone, za katero domnevamo, da so jo tudi severno od rudišča premaknili mlajši prelomi.

Naše ugotovitve moremo ponazoriti s konturnim diagramom (19. slika), ki predstavlja pole 158 merjenih porudnih prelomov. Diagram lepo pokaže dve različni skupini prelomov, ki se med seboj dovolj ostro ločita. Smeri prelomov prve skupine se izpreminjajo od N 330° W do N 27° E. Vpadajo tako proti zahodu kakor tudi proti vzhodu. Značilna je močna razcepljenost polov, zaradi česar ne dobimo jasnega maksimuma. To je skupina starejših porudnih prelomov.

K drugi skupini prištevamo prelome, ki imajo smer od W 260° S do N 315° W ter vpadajo proti severu, delno tudi proti jugu. Tudi za to skupino je značilna močna razcepljenost polov. Kljub temu dobimo jasen maksimum, ki predstavlja prelome s smerjo W—E in z vpadi približno 70° proti N. To so mlajši prelomi, ki so na nekaterih delih premaknili rudno telo.

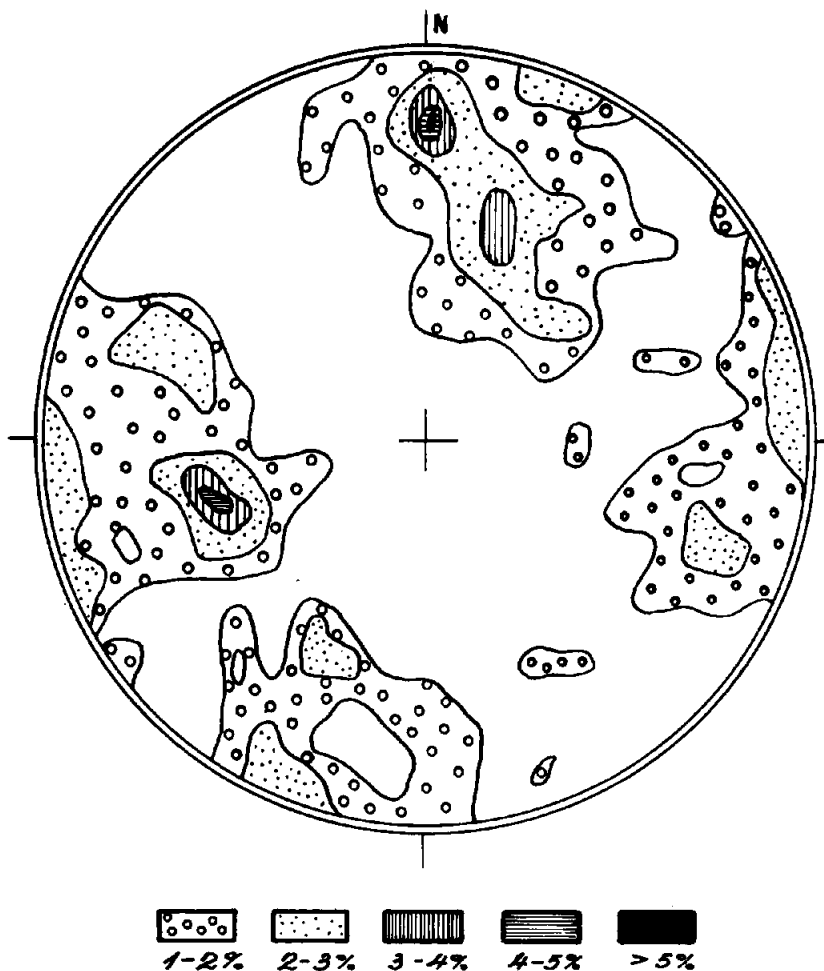
Kemični sestav rude

V poglavju o hidrotermalnih izpremembah in kasneje v poglavju o orudnenju rude smo navedli, da se kvalitativni, predvsem pa kvantitativni mineraloški sestav rude dokaj izpreminja. S tem v zvezi se izpreminja tudi kemični sestav. Da bi dobili srednji sestav rude, smo izbrali povprečen vzorec iz hodnika št. 15. Ta hodnik preseče namreč bogato jedro in siromašnejše dele. Analiza je dala naslednje rezultate:

Analitik prof. dr. ing. Guzelj

SiO ₂	48,55 %
TiO ₂	0,29 %
Al ₂ O ₃	8,34 %
Fe ₂ O ₃	1,66 %
FeO	0,43 %
MnO	0,005 %
CaO	0,08 %
MgO	0,07 %
K ₂ O	0,01 %
Na ₂ O	0,06 %
Fe vezan za S	15,99 %
Cu vezan za S	1,53 %
S	19,27 %
SO ₃	0,00 %
As	0,45 %
P ₂ O ₅	0,16 %
H ₂ O ^{-110°}	0,20 %
H ₂ O ^{+110°}	2,42 %
	<hr/>
	99,51 %

Dobljena odstotka za Cu in S ustrežata sicer povprečju hodnika št. 15, vendar sta nekoliko prevelika, da bi ju mogli posplošiti za vso rudo. Iz več kot 200 analiz, napravljenih v kem. laboratoriju RTB Bor, smo namreč izračunali, da vsebuje ruda iznad obzorja 630 m povprečno 1,1 % Cu ter



19. sl. Konturni diagram porudnih prelomov
 Fig. 19. Contour diagram of postmineral faults

okrog 13 % S. Ker je enargit praktično edini bakrov mineral v rudišču, je z odstotkom Cu določen tudi odstotek As. Ruda vsebuje povprečno 0,43 % As.

Količine ostalih elementov v rudi še niso dovolj dobro poznane. Na osnovi dosedanjih podatkov vemo le, da vsebuje bogata ruda 3—6 g/t Au

ter povprečno 20 g/t Ag, siromašna ruda pa 0,7—1,5 g/t Au ter do 10 g/t Ag. Poleg tega vsebuje ruda tudi nekaj antimona ter sledove bizmuta, svinca in cinka.

Žal nam kemični sestav svežega andezita ni znan. Kljub temu moremo na splošno ugotoviti, da so nadomestili metasomatski procesi predvsem FeO, CaO, MgO, K₂O, Na₂O ter delno Al₂O₃ z žveplom ter v precejšnji meri tudi z na novo dovedenim železom. Količina SiO₂ se verjetno ni bistveno povečala.

Zaključek

Prav tako kakor rudišči Bor in Mali Krivelj nastopa tudi Gornja Lipa v izpremenjenem andezitu. Na področju vseh treh rudišč ne opazujemo regionalno avtohidratiziranega andezita-propilita, temveč nastopa orudenenje v hidrotermalno izpremenjeni coni svežega andezita. Izpremembe, ki jih opazujemo, so torej v neposredni zvezi z orudenenjem. Razlika je le v tem, da ležita rudišči Bor in Mali Krivelj v hidrotermalno izpremenjeni coni timacita, subvulkansko skrepenelega rogovačno-biotitnega andezita, medtem ko nastopa rudišče Gornja Lipa v rogovačno-avgitnem andezitu, ki nima lastnosti subvulkansko skrepenele kamenine. To dokazuje, da moremo pričakovati ekonomska orudenenja tudi v teh tipih andezitov.

Orudenenje je dokaj podobno v vseh treh rudiščih. Piritna rudna telesa (v Boru Coka Dulkan, Tilva Mika, rudno telo E in delno Tilva Roš) so bila zdrobljena in orudena z bakrovimi minerali. Ti delno metasomatsko nadomeščajo piritne dele ali pa tvorijo le vezivo, zaradi česar ima ruda brečasto teksturo. Toda medtem ko opazujemo v Boru in Malem Krivelju celotno zaporedje bakrovih rudnih mineralov, od katerih nastopajo nekateri v več fazah, nahajamo v Gornji Lipi le dve generaciji enargita in stibioluzonita ter v zelo podrejenih količinah volfsbergit.

Ker v bližini rudišča Gornja Lipa ne opazujemo gornjekrednih ali terciarnih sedimentov v andezitih oziroma njihovih tufih, ne vemo, kateri dobi pripadajo njihove erupcije. V splošnem prevladuje mišljenje, da so se začele andezitske erupcije v vzhodni Srbiji konec gornje krede in so trajale s krajšimi presledki do miocena, oziroma celo do kvartara (Ilić, 1953-54). Z ozirom na enake geološke pogoje in podobno orudenenje moremo sklepati, da je to orudenenje istodobno s orudenenjem v Boru. Vendar tudi starost orudenenja v Boru ni točno določena. Clar (1946) pripisuje borskim konglomeratom eocensko, timacitu oligocensko starost ter meni, da je orudenenje v Boru miocensko. Vendar pa starosti konglomeratov kakor tudi timacita ni dovolj jasno dokazal. Možno je, da sta obe kamenini tudi starejši. Zato se bomo zadovoljili z ugotovitvijo, da je orudenenje v Gornji Lipi enako staro kakor orudenenje v Boru. Z določitvijo starosti orudenenja v Boru bo torej določena tudi starost orudenenja Gornje Lipe.

Po vsem navedenem moremo prištevati rudišče Gornjo Lipo po Schneiderhöhn u (1944) k mezo-epitermalni skupini subvulkanskih bakrovih ležišč.

GORNJA LIPA COPPER DEPOSIT

The copper-ore deposit Gornja Lipa was discovered shortly after World War II. The deposit is located near the headwaters of Lipa Creek, approximately 16 kilometers NW from the Bor Copper Mine. The only important copper mine in the area between Bor and Majdanpek, its reserves are placed at one million tons ore carrying 1.1% Cu. The ore is mined by open pit methods and sent to Bor to be processed.

Ore mineralization is found in a hydrothermally altered zone which runs through an hornblende-augite andesite (partly tuff-breccia). The zone strikes N—S and can be followed on the surface by hydrothermally altered outcrops. The ore deposit is located directly below the largest outcrop in this zone.

In the immediately surrounding area, hornblende andesite and propylite can be found. In the propylite, a hydrothermal zone, running over Kuruga and Kupinovo Mountains, strikes also N—S. This zone is kaolinized, silicified, limonitized and partly alunited. Deeper, one can see a rather weak but extensive pyritization. The upper regions have been leached out to such an extent, that practically only limonite colored quartz is left. Up to date, no copper has been found in this zone.

The hornblende-augite andesite is chloritized and carbonatized in the area surrounding the ore body. Approaching the ore body, it changes gradually to a pyritized, silicified zone, which in turn, changes to a pyritized, kaolinized zone immediately surrounding the ore body. This zonality is seen quite clearly east of the deposit but is less distinguishable in the west. The ore body was pyritized, silicified, kaolinized and alunited, but not uniformly. Sometimes diaspore can be found under the microscope also. Besides the first pyrite, which is the most frequent sulphide encountered, one can find melnikovite which is recrystallized.

This zone was repeatedly strongly tectonically fractured allowing the penetration of hydrothermal solutions, which deposited stibioluzonite. Under microscope, very fine grains of wolfsbergite can also be found in the stibioluzonite. Enargite, the characteristic mineral for Gornja Lipa, has often replaced the stibioluzonite. At the same time, the enargite partly replaced the pyritized, silicified and kaolinized portions of the zone and formed a cement in the brecciated parts. Later, enargite and stibioluzonite with barite formed the cement for the brecciated fragments. The last hypogene mineral, pyrite is found in N—S striking joints in small crystals. Rarely, small grains of supergene chalcocite are observed scattered throughout the ore body.

The ore body strikes N—S in the form of a ridge. The western boundary runs back under the ore body going gradually into sterile rock several meters under the 630 m. level, while the eastern boundary dips steeply east. So far, the eastern boundary hasn't been sufficiently investigated to be sure to tell how deep the ore body extends. The mineralization has not been uniform in the entire ore body. At the 630 m. level, the diagram for the percentage of copper in the ore body shows that

mineralization has been strongest in the center of the ore body and gradually decreases to the periphery.

The ore body has a sharp tectonic boundary only on the eastern side. It runs gradually to sterile rock on the other boundaries. The economic limits of the ore body have been determined on the basis of chemical analysis. The prealteration tectonics have formed a zone running approximately N—S, which has been identified chiefly by the hydrothermal alteration. From the strike direction of the zones of equal copper percentage can be seen, that the premineralization tectonics have the same direction as the prealteration tectonics. In the diagram for post mineralization faults, we find two maximums, one running N—S and the other running E—W.

As regards the ore deposits Bor and Mali Krivelj, the Gornja Lipa deposit does not occur in a propylitized andesite. The alterations are only of the hydrothermal character and are in direct connection with the mineralization. The only difference between Gornja Lipa and other two deposits is that the latter have been built in a subvolcanic, biotite and hornblende andesite, while Gornja Lipa was built in a hornblende augite andesite without the subvolcanic character. This speaks for the possibility of finding more economically important copper deposits in rocks of this type. Gornja Lipa's mineralization is quite likely of the same age as the Bor one, which, according to Clar, is Miocene, Clar, however, didn't give sufficiently convincing proof, and it is highly probable that both mineralizations are older.

The Gornja Lipa ore deposit may be placed, according to Schneiderhöhn's classification in the mezoepithermal group of the subvolcanic copper deposits.

LITERATURA

Cissarz, A., 1956, Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien. Rasprave zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, Beograd.

Clar, E. 1946, Das Alter der Vererzung von Bor (Ostserbien). Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt. Wien.

Drovenik, F. in M., 1954, Dosadašnje znanje o orudnjenju u timočkom andezitskom masivu. Referat na I. kongresu geologov Jugoslavije.

Ilić, M., 1953-54, O pojavima andezit bazalta kod Brest. Banje, Bora i Mal. Krivelja. Zbornik radova rudarskog i geološkog fakulteta, Beograd.

Nikitin, V., 1936, Die Fedorov-Methode, Berlin.

Ramdohr, P., 1950, Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, Berlin.

Ramdohr, P., 1955, Die Erzminerale und ihre Verwachsungen, II. Auflage, Berlin.

Schneiderhöhn, H., 1944, Erzlagerstätten, Jena.

Winchell, A. N., 1951, Elements of Optical Mineralogy, Part II. Fourth Ed., New York — London.

Sprejel uredniški odbor dne 1. oktobra 1957.