

Sveuč. prof. Dr. FRAN TUČAN, Zagreb

## Nekoliko pogleda na postanak i starost serpentinskih stijena u Jugoslaviji

Serpentinske stijene vanredno su rasprostranjene u Jugoslaviji. U manjoj količini javljaju se u Sloveniji u okolini Mute i Slovenske Bistrice. Otuda, u jugoistočnom smjeru, možemo naići na njih u Zagrebačkoj Gori, u Kalniku, u Fruškoj Gori, zatim u onom dijelu Hrvatske, što je poznat pod imenom Banije ili Banovine, a to je kraj na jugoistoku od Karlovca preko Topuskoga i Gline do Une, tamo između Bosanskoga Novoga i Kostajnice. Iz Banovine prelaze preko Une u Bosnu, u Kozaru Planinu, prostirući se dalje na jugoistok u smjeru dinarskoga nabiranja preko Uzlomac Planine, Borja Planine sve do Javor Planine u porječje Krivaje do Olova i Kladnja. Tu se gube pod stijene Javor Planine, ali opet izbijaju u okolini Višegrada, odakle prelaze preko Drine prostirući se na Zlatibor kao široka zona, pa se šire u napomenutom smjeru sve dalje do Kosovske Mitrovice, odakle zalaze u Skopsku Crnu Goru i dalje na jugoistok gdje ih možemo posmatrati uz Vardar niže Zelenikova, u kraju južno od Gradskoga, u Marijovu oko Kumaničeva, Roždena, pa tamo na Dobrom Polju, oko Kozjaka i Hume gdje prelaze na grčku stranu.

Dakako, od ovoga glavnoga smjera odvajaju se serpentinske stijene, što kao ogranci, što kao paralelni nizovi na pr. u Bosni tamo sjeverno od Maglaja gdje se javljaju u Ozren Planini i Majevidi gubeći se svaki čas pod druge stijene da se opet pojave u nešto većoj količini u Podrinju između Kalesija i Zvornika. Otuda u, istom smjeru (jugoistočnom), možemo se na njih namjeriti na pr. u okolini između Gornjega Milanovca i Čačka. Kao nastavak fruškogorskih serpentina možda bismo mogli smatrati one što se nalaze na Avali, a kao posebni odvojak od glavne serpentinske zone Kozara—Dobro Polje—Huma one serpentine što se javljaju u Šar Planini, na Korabu i Kodža Balkanu.

Već je Kišpatić, koji se mnogo bavio istraživanjem prirode i starosti serpentina u Bosni (l. c. 1) i Hrvatskoj (l. c. 2), istakao kako se te stijene javljaju kao da su probile kroz neke mlade stijene. Te mlade stijene, ističe Kišpatić, pokrivaju rubove serpentinske zone u Bosni, a sastavljene su od paleozojskih brusilovaca (glinenih škriljaca), od kristalastih vapnenjaka i granatskih filita (l. c. 1, str. 250). Isto je tako Kišpatić zapazio da i serpentine Banovine leže mjestimice ispod glinenih škriljaca (l. c. 2, p. 72). Na osnovi svojih mnogobrojnih istraživanja serpentina u Bosni došao je Kišpatić do zaključka da su oni arhajske starosti i da pripadaju u familiju kristalastih škriljaca. On kaže (l. c. 1, str. 250): »Što se starosti tiče, to držim, da se kristalinsko kamenje bosanske serpentinske zone, izuzevši dijabaze i melafire, ima uvrstiti med kristalinske škriljce, gdje je to kamenje članom arhajske formacije. Razlozi su ovi:

»Olivinski gabro, troktolit i lercolit<sup>1)</sup> sa uloženimi amfiboliti, piroxeniti i eklogiti tvore jednu neprekinutu geološku cjelinu. Eklogiti i pirokseniti imadu

<sup>1)</sup> Za serpentine drži da su postali metamorfozom iz lercolita.



cio niz prelaznih oblika, koji ih spajaju sa amfiboliti. Prosti amfiboliti prelaze u aktinolitne škrljavec, a ovi opet u lherzolite preko aktinolitna serpentina.«  
 »Amfiboliti prikazuju nam se sa svimi značajnima svojstvi kristalinskih škrljaca. Oni su kao takvi postali, te nisu proizvod nikakve metamorfoze.«

Kišpatić je osjećao kolika je to smionost stavljati lercolite (i iz njih postale serpentine) i gabre u familiju kristalastih škrljaca, kad u svome radu o eruptivnim stijinama i kristalastim škrljcima Zagrebačke Gore, koji je pisao njemački (l. c. 3, str. 21), kaže: »In der Arbeit über die Gesteine der bosnischen Serpentinzone habe ich die Behauptung aufgestellt, dass die Amphibolite, Lherzolithe und Gabbros zu den kristallinen Schiefen zu stellen sind. Ich bin mir der schwierigen Lage bewusst, in die ich mich dadurch gesetzt habe. Es ist mehr als ein Wagniss in wissenschaftlicher Öffentlichkeit die Amphibolite nicht als Produkte der Metamorphose gelten zu lassen, und ebenso die Lherzolithe und Gabbros ihnen gleich zu stellen. In allen wissenschaftlichen Versammlungen und Kongressen hat man die Frage über die Entstehung der kristallinen Schiefer offen gelassen, und doch wird in der ganzen Literatur die Frage so behandelt, als ob alle Schwierigkeiten gelöst wären. Die Entstehung der verschiedenen Arten der kristallinen Schiefer wird in den meisten Fällen mit einer Leichtigkeit und Sicherheit behandelt, die der Wissenschaft mehr schaden als nützen kann.«<sup>2)</sup>

Iz ovoga Kišpatićeva razlaganja razbiramo da je ne samo starost serpentina još uvijek neriješeno pitanje već i njihov postanak. Kišpatić, naime, smatra serpentine i njihove blize srodnike, lercolite i gabre, zajedno s amfibolitima za kristalaste škrljce i, štaviše, odriče kristalastim škrljcima njihovu metamorfnu prirodu. On je bio dobar posmatrač na polju petrografskom. Čitav svoj život što ga je proveo u naučnom radu, proveo je sjedeći uz mikroskop proučavajući prirodu i međusoban odnos minerala što sastavljaju stijene da iz toga dvoga uzmogne doći do zaključka o postanku kristalastih škrljaca. Dakako, u ono doba kad je on istraživao prirodu stijena serpentinke zone u Bosni još se nije davala onolika važnost kemijskom istraživanju stijena koliko se danas daje, a nije se ni toliko radilo na polju eksperimentalne mineralogije i petrografije ili tačnije fizičke kemije, kao što se danas radi, da bismo iz tih kemijskih istraživanja stijena i fizičko-hemijskih eksperimentalnih rezultata dobili jasnije poglede na postanak stijena i eruptivnih i onih iz odjela kristalastih škrljaca.

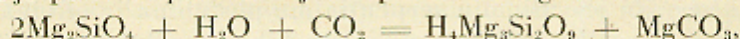
O postanku kristalastih škrljaca iznosile su se hipoteze prema kojima je Kišpatić vrlo kritički i skeptički stajao i on je iznosio svoje dokaze protiv tih hipoteza. Medusoban odnos minerala u gabrima i lercolitima upućivao ga je na istodobnu kristalizaciju mineralnih sastojaka tih stijena što ga je nagnalo da te stijene ne smatra da su eruptivnoga porijekla, već da su, s obzirom na svoju strukturu, jednake kristalastim škrljcima. No danas petrografija, kao najmlađi ogranak geologije, zahvaljujući živom radu na kemijskom istraživanju poje-

<sup>2)</sup> U radu o stijinama bosanske serpentinke zone tvrdio sam da amfiboliti, lercoliti i gabri pripadaju u kristalaste škrljce. Ja sam svjestan težine položaja u koji sam sebe time doveo bio. Više je negoli smionost u naučnoj javnosti ne priznati amfibolite za proizvode metamorfoze, a isto tako izjednačiti s njima lercolite i gabre. Na svima naučnim sastancima i kongresima ostavljeno je pitanje postanka kristalastih škrljaca otvoreno, pa ipak se u cijeloj literaturi s tim pitanjem tako postupa kao da su sve teškoće riješene. O postanku različitih vrsta kristalastih škrljaca govori se, u najviše slučajeva, lakoćom i sigurnošću koje nauči više štode negoli koriste.

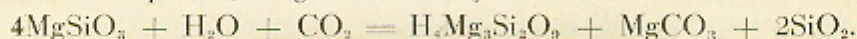


dinih vrsta stijena i zahvaljujući opsežnim i mnogobrojnim eksperimentalnim radovima metodama fizičke kemije, pa radu i posmatranju na polju (terenu), proživljava doba svoga velikoga razvitka sa mnogo jasnijim i od česti novim pogledima na postanak pojedinih vrsta stijena. Savremenom petrografu, dakle, mnogo je lakše raspravljati ne samo o genezi već i o starosti stijena, pa pri rješavanju tih pitanja treba da se udruže radovi mikroskopskoga i kemijskog istraživanja sa eksperimentalnim radovima fizičke kemije i sa radovima na polju, tj. udružiti se moraju petrograf, kemičar i geolog-tektoničar da uzmognemo prodrijeti u zamršene tajne postajanja stijena. Samo opažanje na polju, ili samo mikroskopsko istraživanje ili samo kemijsko proučavanje ne može dovesti do pravoga cilja.

Baš s obzirom na kemijsko istraživanje gabra i peridotita i s obzirom na postignute rezultate fizičke kemije koji se odnose na kristalizaciju minerala iz magme obje te vrste stijena, gabre i peridotite, današnja petrografija svrstava u eruptivne dubinske stijene. Dok nam je, dakle, postanak toga dvoga stijenja poznat, sa postankom serpentina još nismo posve na čistu. Nema nikakve sumnje da serpentin može postati preobražajem iz peridotita čija je samo suvrsta lercolit. Mineralni sastojci peridotita, olivin i pirokseni, prelaze, kako je poznato, pod utjecajem atmosferilija (vode i ugljičnoga dioksida) u serpentin pri čemu se stvara još kao proizvod preobražaja magnezit, pa i silicijski dioksid; na pr. iz olivina postaje pri tom preobražaju serpentin i magnezit:



a iz piroksena serpentin, magnezit i silicijski dioksid:



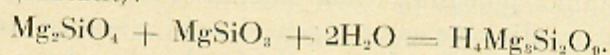
Te preobražaje možemo redovno posmatrati u peridotitima, na pr. kad ih istražujemo u izbruscima pod mikroskopom, i oni su već odavna poznati svakom petrografu i mineralogu. No da li su baš svi serpentine, naročito oni koji se nahode u velikim količinama, kao pravi masivi, postali na taj način? Da li su serpentine samo sekundarni produkti? *H. Rosenbusch*, a njegovo je tvrđenje preuzeo i *A. Osann* u preradenom poznatom Rosenbuschevom djelu »Elemente der Gesteinskunde«, kaže da serpentine nisu nikakvo prvotno magmatsko stijenje i gdje god se pokazuju kao odvjerci (derivati) eruptivnoga stijenja da su svagdje oni potekli iz peridotita različitih tipova i iz piroksenita (l. c. 4, str. 261).

Zaista, teško možemo zamisliti da bi djelovanje atmosferilija moglo u olivinskim stijenama, peridotitima, uzrokovati onako opsežno njihovo trošenje čija bi posljedica bila preobražaj čitavih dijelova peridotitskoga masiva u serpentin.

Ali još nešto. Pri preobražaju peridotita u serpentin razvija se i magnezit. Nužna bi, dakle, bila posljedica da u peridotitima uz serpentin mora da se nahodi i magnezit. Ali, doista, u mnogim peridotitima uz koje dolazi serpentin, nema magnezita. Na tu je pojavu prvi svratio pažnju ruski petrograf *F. J. Levinson-Lesing* proučavajući dunite (vrsta peridotita) na Uralu. Dunite, koje prate serpentine, ne prati nikad magnezit. Prema Levinson-Lesingovim istraživanjima »mora se serpentinizacija shvatiti ne kao proces kasnijih procesa trošenja već kao prvotni proces autokatalize u posljednjim momentima magmatskoga stinjanja ili očvršćivanja dunitske magme; sa te tačke gledanja potrebno je posmatrati serpentin dunita kao mineral protopneumatolitski (auto-



pneumatolitski), dosljedno, kao prvotni bitni sastavak« (l. c. 5, str. 403). Taj pneumatolitski postanak serpentina iz olivina u samoj dunitskoj magmi već za njene kristalizacije mogla je izvršiti voda svojim užarenim parama djelujući na olivin i piroksen (enstatit):



Dunit bi, dakle, bio prema Levinson-Lesingovom shvaćanju, olivinsko-enstatitski peridotit.

Ja sam se već u jednom svom radu, govoreći o serpentinitima Krnde u užičkom kraju (l. c. 6, str. 64), osvrnuo na ova Levinson-Lesingova razlaganja. Istakao sam bio kako se ona ne mogu primijeniti na postanak serpentina u peridotima Krnde. I to zato, što tamo u serpentinitima možemo posmatrati, u izbruscima pod mikroskopom, prijelaz olivina i piroksena u serpentin. Taj je krndinski serpentin postao preobražajem lercolita djelovanjem vode i ugljičnoga dioksida zbog čega na Krndi nalazimo uz serpentin i velike količine magnezita. Ali u nekim drugim krajevima Jugoslavije, na pr. u Južnoj Srbiji, mogli bismo naći vrlo lijepih pojava serpentinizacije koja su u saglasju sa Levinson-Lesingovim razlaganjima do kojih je on došao i istraživanjima na polju i pokušajima u laboratoriju. Tako se na pr. u kraju Kosovske Mitrovice kod Čabre i Jagnjenice javljaju serpentin u društvu sa gabrima. U njihovu izbrusku pod mikroskopom pokazuje se jednovita serpentinska tvar u kojoj nema ni traga od one dobro poznate strukture što je vidimo u serpentinitima postalima iz olivina i piroksena. Cijela mikroskopska slika upućuje na zaključak da se taj serpentin razvio kao takav, a ne od pojedinih individua olivina i piroksena, tj. da je u smislu Levinson-Lesingovom »prvobitni sastavak« stijene.

Ovo Levinson-Lesingovo, za mene uvjerljivo razlaganje o prvobitnoj prirodi serpentina sili me ovom prilikom da ispravim jedno svoje gledanje na postanak serpentina kod Jagnjenice. Tu sam ja zapazio još 1925 god. iste one pojave koje i Levinson-Lesing u dunitskim serpentinitima Urala. Naročito mi je pala u oči jednovita serpentinska tvar koja mi nikako nije dopuštala da shvatim postanak toga serpentina kao preobražaj olivina i piroksena u peridotitu. Da nadem neki izlaz iz te zagonetne pojave, ja sam pokušao da objasnim jednovitu serpentinsku tvar kao preobražaj peridotitskog ili lercolitskog stakla koje da je postalo na kontaktu peridotitske magme sa vapnenjacima (l. c. 7, str. 483). Taj bi, dakle, serpentin, prema mome tadašnjem gledanju, postao bio preobražajem iz očvrstule peridotitske magme koja nije dospjela do svoje kristalizacije. Poslije Levinson-Lesingovih istraživanja možemo ga, zaista, shvatiti kao »prvobitni sastavak«, kao »protopneumatolitski mineral«.

Ja sam na svojim mineraloško-petrografskim istraživanjima na polju po Južnoj Srbiji imao više puta priliku da posmatram pojave serpentina koje upućuju na njegov prvobitni, autopneumatolitski postanak. No jedno stoji: bio serpentin proizvod preobražaja peridotitskih stijena ili prvobitni proizvod peridotitske magme, u jednom i u drugom slučaju izvan svake je sumnje njegova pojava u Zemljinoj kori u najužoj vezi sa erupcijama peridotitske magme; on je njezin odvjetak ili neposredni ili posredni. A to je baš od važnosti pri rješavanju pitanja njegove starosti.

Napomenuo sam da Kišpatić smatra serpentin da je član kristalastih škripljaca i da je arhajske starosti. Malne svi geolozi smatraju serpentin mnogo mla-



dom stijenom, tvrdeći da je on postao u mezozojsko doba i to većinom u doba krede. Rosenbusch ga svrstava u grupu metamornih stijena među kojima se nalaze i kristalasti škriljci (l. c. 4, str. 735), pa ističe kako je najveća većina serpentina postala iz olivinskih stijena. Ali kao Kišpatić, tako i Rosenbusch ističe kako postoji vrlo uska veza između serpentina i peridotita, te amfibolskih i pirodskih stijena. On kaže da među serpentinama ima i takvih koji su odvijetci amfibolskih i piroksenskih stijena, što objašnjava njihovo zajedničko dolaženje sa peridotitima, piroksenitima, hornblenditima, aktinolitiskim i rogovačnim škriljcima i eklogitima, pa njihove česte prijelaze u te stijene, kako to i Kišpatić napominje kod tih stijena u serpentinskoj zoni Bosne (l. c. 1, str. 250). Iako su serpentine veoma rasprostranjeni u temeljnom gorju, Rosenbusch drži da je ipak njihovo pripadanje među kristalaste škriljce vrlo nepouzđano, tj. da je vrlo nepouzđan njihov postanak metamorfozom, a ne običnim trošenjem (l. c. 4, str. 738).

Kad je god govor o starosti serpentina, obično u geološkoj literaturi vidimo gdje se ta starost određuje samo međusobnim odnosom serpentina sa njegovim susjednim stijenama. Iz tog međusobnog odnosa dolaze istraživači malne redovno do zaključka da je serpentin probio kroz susjedno stijenje, da je, dakle, od toga stijenja mladi. Ja sam već imao prilike da kažem (l. c. 8, str. 86) kako dolaženje jedne stijene uz drugu, njihov neposredni dodir, pa čak i takav položaj koji nas upućuje na proboj serpentina kroz neku stijenu, ne može uvijek opravdati tvrđenje da je probojna stijena mlada od one kroz koju je provalila.

Na svojim mineraloško-petrografskim istraživanjima po Južnoj Srbiji počeo sam naišao na serpentine u položaju kakav je i Kišpatić posmatrao među serpentinama u Bosni i Hrvatskoj, t. j. serpentine leže pod paleozojskim škriljcima i vapnenjacima, dakle su mladi od toga stijenja. Do takvoga položaja serpentina i njegovih susjednih stijena došlo je na pr. kod Roždena u srezu kadavarskom. Tu možemo vanredno lijepo posmatrati međusoban odnos serpentina i crnoga glinenoga škriljca (aržilošista). Serpentin je, vidi se očito, probio kroz napomenuti škriljac i na mjestima vidimo kako obje stijene leže u neposrednom dodiru, upravo je jedna stijena priljubljena uz drugu. Serpentin tu doskora nestaje pod crnim glinenim škriljcima na kojima leže karbonatske stijene (vapnenjaci i dolomiti), ali opet izbija ispod napomenutih škriljaca jugoistočno od Roždena kod Ržanova i sjeverozapadno (u istom pravcu) kod Arničkoga.

Iz tog međusobnog položaja serpentina i crnih glinenih škriljaca možemo doći do različitih zaključaka s obzirom na starost jedne i druge stijene. Ili je serpentin bio podloga na kojoj se taložio mineralni sitniž i drobiž iz kojega se razvio crni glineni škriljac; u tom je slučaju serpentin stariji od toga škriljca. Ili je peridotitska magma, iz koje se razvio serpentin, budi neposredno (protopneumatolitskim procesima), budi posredno (trošenjem peridotita) provalila kroz stijene ili je pri toj provali s njima došla u neposredni dodir; u tom je slučaju serpentin mladi od tih stijena. Ali do proboja stijena u Zemljinoj kori može da dođe i djelovanjem tektonskih pokreta. Pri tim pokretima može već gotova stijena, na pr. serpentin kao takav, probiti kroz stijene ili doći s njima u neposredan dodir. U tom slučaju ne možemo stvarati zaključke po kojima bi probojna stijena bila mlada od probijene. Sa tih tačaka gledišta stvarao je i Kišpatić svoje zaključke o starosti serpentina u Bosni i Hrvatskoj, pa ih je zato



i svrstao u arhajik uzimajući da su serpentini bili podloga na kojoj su se sakupljali talozi iz kojih su postali paleozojski škriljci.

Pri stvaranju, dakle, zaključaka o starosti stijena uopće moramo biti oprezni. U novije doba nalazimo u našoj geološkoj literaturi već ispravnije zaključke o toj starosti, već se utvrđuje posve ispravno da sam kontakt serpentina sa nekom stijenom ili njegov proboj kroz neku stijenu nije još dokaz da je serpentin mladi od stijene s kojom je došao u kontakt ili od stijene kroz koju je probio. To bi samo onda bilo, kad bi taj kontakt ili proboj nastao provalom peridotitske magme. No u tom slučaju moralo je, bezuvjetno, doći do kontaktno-metamorfnihi pojava. Nema li njih, isključen je magmatski prodor, isključeno je mlade doba serpentina od one stijene kroz koju se prodor vršio. U tom pogledu imamo vrlo lijepih podataka u radu *V. Simića* (l. c. 9). Simić je istraživao geološku građu Banjske i okoline gdje se javljaju i velike količine serpentina, pa utvrđuje pod Cerovikom prema Kozarevskoj Reci transgresivan položaj gornje krede preko serpentina na kome leže debele naslage bazalnih konglomerata (l. c. 9, str. 40). A za serpentinsku masu što se nalazi između Banjske Reke i Svudolskoga Potoka ističe da je ona prilikom navlačenja probila tjeme antiklinale i kaže da »ova hladna serpentinska injekcija u mlade stijene nije nimalo neobična za naše krajeve«. Još napominje da je pri tom serpentinskom probiju posmatrao kontakt serpentina i krečnjaka, ali na tom kontaktu nema nikakvoga traga od bazalnih tvorevina (l. c. 9, str. 43). Simić je, dakle, na osnovi svojih istraživanja dokazao da je kontakt serpentina i krečnjaka i proboj serpentina kroz krečnjake zaista tektonske prirode čak i tamo gdje »nema nikakvog traga od bazalnih tvorevina«. Sve te pojave kontakta i probija nisu, dakle, u vezi sa prodorom peridotitske magme, što je, uostalom, i očito kad nema nigdje na samom kontaktu kontaktno-metamorfnihi pojava.

Dabome, ima i takvih probija jedne stijene kroz drugu gdje su i petrograf i geolog u vrlo teškom položaju pri objašnjavanju prirode probija, na osnovu kojega će da stvaraju zaključke o starosti stijena. Takav je slučaj na pr. u Skopskoj Crnoj Gori kod Lojana, gdje se vanredno lijepo može motriti proboj granita i sijenita i kroz serpentin (l. c. 8, str. 89 i l. c. 10, str. 108). Na osnovi svojih opažanja ja sam taj proboj shvatio kao tektonski, a ne magmatski iznijevši za to izvjesne razloge, tj. odsustvo kontaktno-metamorfnihi pojava l. c. 8, str. 89). Sa tim probijem granita kroz serpentin pozabavio se i naš uvaženi geolog-tektoničar *M. Luković* (l. c. 11, str. 16). Na osnovi svojih posmatranja on je došao baš do protivnoga zaključka. Sve što je pri tom probiju utvrdio, veli on, da to »geologa navodi na zaključak da su ovdje u pitanju magmatski a ne tektonski probiji«. »Način pojavljivanja granitsko-sijenitskih masica u lojanskim serpentinitima je takav, da je vrlo teško, upravo nemoguće, njihov položaj objasniti isključivo tektonskim procesima. Javljaju se ili kao dajkovi, ili kao omanje, usamljene masice okruglastog ili nepravilnog oblika, usred serpentina. Nigde ih ne prate tektonske breče, kojih bi svakako trebalo da ima, ako bi to bili pravi tektonski probiji.« Nekako sličnim obrazloženjem, samo sa petrografske tačke gledišta, došao sam ja do protivnoga zaključka, tj. da proboj nije magmatski. Baš kao što moje mišljenje »da je za dokaz prodiranja izvesne magme u neku stenu neizostavno potrebno naći tragove njenog kontaktno-metamorfnihi uticaja na stenu dovodi u ovom slučaju geologa u vrlo težak položaj« (l. c. 11, str. 16), baš tako dovodi petrografa u težak položaj Lukovićev zahtjev o tektonskim bre-



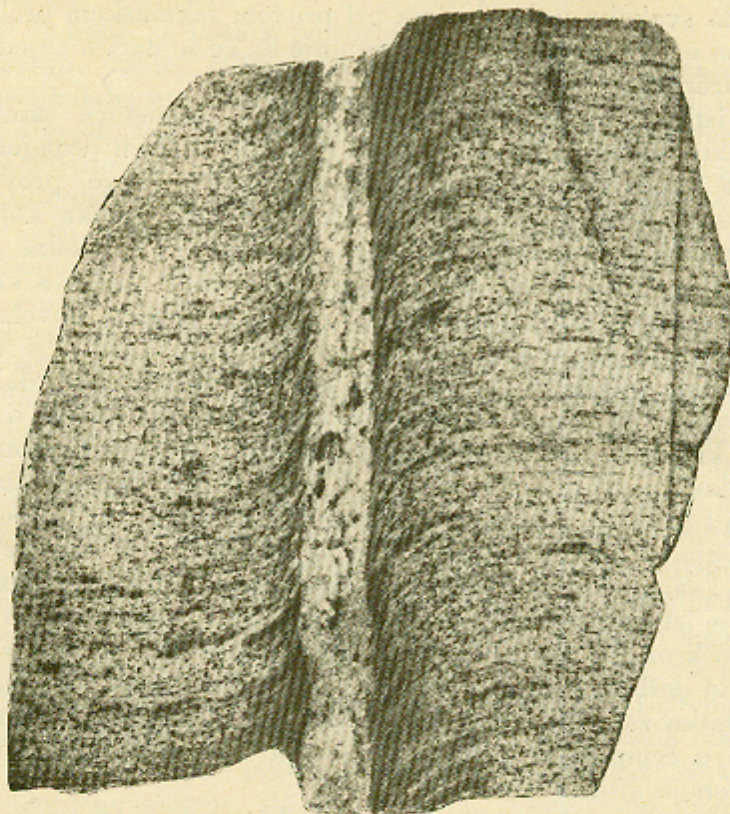
čama kojih da svakako treba da ima pri pravom tektonskom probodu. Tu sad, dabome, treba naći neki izlaz, i nema sumnje da će se naći u zajedničkom radu geologa i petrografa.

Ja opet ističem ovdje svoje mišljenje da je nemoguće zamisliti provalu magme u neku stijenu, a da pri tom ne dode do znatnih promjena na dodiru magme i one stijene u koju je magma provalila. Pri takvoj provali (intruziji) dolazi do takvih termodinamskih i fizičko-kemijskih prilika koje ni na koji način ne mogu ostati bez ikakva utjecaja i na magmu i na okolne stijene u koje je magma prodrila. Moć i sposobnost magme da otapa stijene s kojima dode u dodir, njena visoka temperatura koja to otapanje pomaže navela je čak neke geologe da objasne diferencijaciju magme tim otapanjem. Pri tom otapanju asimiluje magma otopljene dijelove okolnih stijena, čime se, dakako, tvorno promijeni. Drži se da je moć magminoga otapanja tolika da već tim samim otapanjem ona krči sebi putove provaljujući naviše i stvarajući sama sebi prostor u Zemljinoj kori za svoje rasprostiranje (l. c. 4, str. 45). Pa onda ona velika količina plinova i para što pri provali magme izlaze iz nje, zar bi mogla ostati bez ikakva utjecaja na okolne stijene u koje te kemijski vrlo aktivne tvari zalaze? Zar se ne bi i sama magma većom ili manjom česti utisnula u pukotine okolnih stijena i tu se iskristalizovala? Zar bi mogao ostati posve netaknut lojanski serpentin, da je kroza nj provalila granitska magma? Zar ne bi bar na neposrednom kontaktu došlo do nekih promjena i granitske magme i samoga serpentina? To je vrlo teško zamisliti. Jer, doista, lojanski serpentin na samom dodiru sa granitom ni u čemu se ne razlikuje od onih serpentina kroz koje uopće nije došlo do proboda stijena.

Da bacim samo malo svjetlosti na kontaktnometamorfne pojave pri provali magme u okolno stijenje, navešću, primjera radi, granulit od Peniga u Saskoj. Od toga granulita nalazi se u mineraloško-petrografskom muzeju u Zagrebu manji komad. Na njemu vidimo kako se kroza nj provlači uzana pegmatitna žila (sl. 1). Djelovanjem tektonskih pokreta granulit je na nekim mjestima pukao i uz pukotinu (vidi sliku!) došlo je do savijanja stijene. Magmatskim djelovanjem došlo je do razvitka pegmatita. Pukotina se ispunila mineralima budi injekcijom magme, budi pneumatolitskim procesima i na kontaktu magmatskoga djelovanja sa granulitom pretrpio je on vrlo uočljivu kontaktnu metamorfozu. Njegovi granati uz sam kontakt prešli su u biotit, pa se vidi kako se taj crni mineral upravo nagomilao uz kontakt pegmatitne žile i granulita čineći uočljivijom savijenu škriljavu teksturu granulitovu (vidi sliku!). Što dalje od kontakta (od pegmatitne žile), biotita je sve manje, a granata sve više. Ako je u ovako neznatnom prostoru, kao što je napomenuta pukotina u granulitu, moglo doći do magmatskoga djelovanja i do razvitka kontaktnih minerala uz pukotinu, kako ne bi moglo doći do kontaktnometamorfni pojava u serpentinu da je kroza nj provalila granitska magma? Otsustvo metamorfni pojava uz probod granita kroz lojanski serpentin ne može me nikako uvjeriti o magmatskom prodoru tako dugo dok se ne nađu uvjerljivi dokazi za kontaktnometamorfne pojave.

I ovaj primjer lojanskoga granita (sijenita) i serpentina svjedoči kako pri rješavanju napomenutih pitanja moraju da rade ruku o ruku geolog i petrograf. Odvojeni jedan od drugoga lako mogu zaći na krivi put.





Sl. 1. Pegmatitna žila u granulitu od Peniga u Saskoj. Na kontaktu granulita sa pegmatitnom žilom prešao je granat u biotit, pa se vidi kako se taj crni lističavi mineral nagomilao na kontaktu žile sa granulitom. Umanjeno za  $\frac{1}{5}$ .

#### LITERATURA

1. M. Kišpatić: Kristalinsko kamenje serpentinske zone u Bosni. Rad Jugoslavenske akademije. Knjiga 103, str. 95—231. Zagreb. 1897.
2. M. Kišpatić: Nastavak bosanske serpentinske zone u Hrvatskoj. Rad Jugoslavenske akademije. Knjiga 139, str. 44—73. Zagreb. 1899.
3. M. Kišpatić: Die Eruptivgesteine und kristallinischen Schiefer des Agramer Gebirges. Glasnik Hrvatskoga prirodoslovnoga društva. God. XXX, str. 1—25. Zagreb. 1918.
4. H. Rosenbusch - A. Osann: Elemente der Gesteinslehre. Vierte neu bearbeitete Auflage. Stuttgart. 1923.
5. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг: Что такое дунит? Доклади Академіи Наук СССР. Ленинград, 1928, стр. 403.
6. F. Tučan: Lercolit sa Krnde kod Užica i produkti njegove metamorfoze. Rad Jugoslavenske akademije. Knjiga 244, str. 47—73. Zagreb. 1932.
7. F. Tučan: Извјештаји о проучавању јужне Србије на терену. Гласник скопског научног друштва, књига I, свеска 2, стр. 476—485, Скопље. 1926.
8. F. Tučan: Naučna ekskurzija u Vardarsku banovinu. II. Neka opažanja na ekskurziji. Ljetopis Jugoslavenske akademije. Svezak 46, str. 86—101. Zagreb. 1934.
9. V. Šimić: Geološka građa Banjske i okoline. Vesnik Geološkoga instituta Kraljevine Jugoslavije. Knjiga VII, str. 50—62. Beograd 1938.
10. F. Tučan: Naučna ekskurzija u Vardarsku banovinu. Ljetopis Jugoslavenske akademije. Svezak 45, str. 107—116. Zagreb. 1933.
11. M. T. Luković: Geološki sastav i tektonika istočnoga dela Planine Crne Gore (Karadaga). Vesnik Geološkoga instituta Kraljevine Jugoslavije. Knjiga VII, str. 1—27.



## EINIGE AUFBLICKE IN DAS ALTER UND DIE GENESIS DER SERPENTINGESTEINE IN JUGOSLAWIEN.

Serpentingesteine sind sehr verbreitet in Jugoslawien. In kleineren Mengen kommen sie in Slowenien vor, in der Gegend von Muta und Slovenska Bistrica. In südöstlicher Richtung weiter treffen wir sie wieder in Zagreber Gebirge (Medvednica), Kalnik und Fruška Gora, dann in jenem Teile Kroatiens welcher unter dem Namen »Banovina« bekannt ist. Von hier aus strecken sie sich über die Una in die Kozara Planina und weiter südöstlich in der Richtung der dinarischen Faltung bis Javor Planina, im Stromgebiet der Krivaja bis Olovo und Kladanj. Da verlieren sie sich unter den Gesteinen der Javor Planina, doch kommen sie wieder zum Vorschein in der Umgebung von Višegrad und strecken sich weiter bis Zlatibor und in der genannten Richtung bis Kosovska Mitrovica, von wo sie sich bis zur Skopska Crna Gora und weiter noch südöstlich verbreiten, wo wir sie neben Vardar unter Zelenikovo in der Gegend südlich von Gradsko beobachten können, dann in Marijino bei Kumaničevo, in der Umgebung, von Pčinja und Rožden und auch noch südlicher am Dobro Polje, um Pozjak und Huma, wo sie die Grenze nach Griechenland überschreiten, dann in der Umgebung von Valandovo.

Von dieser Haupttrichtung zweigen die Serpentine nördlich von Maglaj ab, wo wir sie in der Ozren-Planina und Majeвица treffen. Von hier ziehen sie, mit stärkeren Unterbrechungen, in südöstlicher Richtung weiter und wir finden sie in grösseren Mengen in Podrinje zwischen Kalesija und Zvornik, aber auch weiter in derselben Richtung in der Gegend zwischen Gornji Milanovac und Čačak. Als Fortsetzung der Serpentine in der Fruška Gora könnte man vielleicht jene Serpentine betrachten, welche auf Avala vorkommen, und als speziellen Zweig diejenigen, die wir in der Šar Planina, dann auf Korab und Kodža Balkan treffen.

Was das Alter der Serpentine betrifft, meint prof. Kišpatić, dass die Serpentine Kroatiens und Bosniens, die er untersucht hat, zu den Gliedern der archaischen Formation gehören und reiht sie in die kristallinen Schiefer ein (l. c. S. 250, l. c. 2, S. 212).

Es ist bekannt, dass die Serpentine aus Olivingesteinen, aus Peridotiten und Pyroxeniten, durch die Verwitterung entstehen, d. h. sie sind keine, wie dies Rosenbusch hervorhebt (l. c. 4, S. 261), primäre magmatische Gesteine sondern kommen sie als Derivate der eruptiven Gesteine vor, aus Peridotiten und Pyroxeniten. Doch ist auch eine andere Erklärung möglich und zwar die von Löwinson-Lessing, wonach die Serpentine protopneumatolithischer, primärer Natur wären, d. h. Serpentine entwickelten sich als primäre Bestandteile des dunitischen Magmas.

Die Schlüsse über das Alter der Serpentine werden auf Grund der Art ihres Vorkommens gemacht. Als Derivate der eruptiven Gesteine, der Peridotite und Pyroxenite, kann man sie öfters beobachten, wie sie durch verschiedene Gesteine durchbrechen, besonders durch sedimentäre Karbonatgesteine und durch Tonschiefer. Aus dieser Lage können verschiedene Schlüsse gezogen werden. Entweder war der Serpentin die Unterlage auf welcher sich das Material der Sedimentgesteine niederschlug, oder aber hat das peridotitische Magma, aus welchem sich Serpentin entwickelte — entweder durch die Wirkung der protopneumatolithischen Prozesse, oder durch Verwitterung — durch die Sedimente (oder andere Gesteine) durchbrochen und ist so mit ihnen in unmittelbare



Berührung gekommen. In diesem Falle ist Serpentin jünger als die durchgebrochenen Gesteine. Doch kann ein Durchbruch in der Erdrinde auch eine Folge der tektonischen Bewegungen sein, bei welchen schon fertige Gesteine, z. B. Serpentin als solcher durch Gesteine durchbrechen, oder mit anderem Gestein in direkte Berührung kommen kann. In diesen Fall ist kein Schluss möglich dass das durchbrechende Gestein jünger sein müsste als das durchgebrochene. Von diesem Standpunkte aus hat auch Kišpatić seine Überlegungen über das Alter der Serpentine in Kroatien und Bosnien aufgestellt und hat sie darum unter die archaischen Gesteine eingereiht unter den Annahme dass die Serpentine die Unterlage waren, auf welche sich die Niederschläge gesammelt haben, aus welchen die paläozoischen Schiefer entstanden sind.

In neuerer Zeit sind in der geologischen Literatur Jugoslawiens schon richtigere Schlüsse über das Alter des Serpentins zu finden. Es wird richtig beurteilt dass eine blosse Berührung des Serpentins mit einem Gestein oder ein Durchbruch noch kein Beweis dafür ergeben kann, dass der Serpentin jünger wäre als das Gestein mit welchem er in Kontakt kam, oder welches er durchbrach. Dies wäre nur dann richtig, wenn dieser Kontakt oder Durchbruch durch die Eruption des peridotitischen Magmas verursacht worden wäre. Doch in diesem Falle müsste es unbedingt zu kontaktmetamorphen Erscheinungen kommen an der Berührungseiten der beiden Gesteine. Sind diese Erscheinungen nicht vorhanden, so ist ein magmatischer Durchbruch ausgeschlossen, ebenso ein jüngeres Alter des Serpentins. In dieser Hinsicht haben wir vorzügliche Daten in der Arbeit von V. Simić (l. c. 8, S. 40). Er konstatierte bei Banjska und Umgebung dass der Serpentin in Berührung mit Kalkstein vorkommt und dass stellenweise Serpentin durch die Kalksteine durchbrach, doch sind alle Erscheinungen des Kontaktes und des Durchbruchs tektonischer Natur, da keine kontaktmetamorphe Erscheinungen zu beobachten sind.

Bei dem Durchbruch des Serpentins durch Granit in der Umgebung von Lojane in Skopska Crna Gora hat der Verfasser schon einmal seine Meinung dahin geäußert, dass dieser Durchbruch tektonischer Natur sein muss infolge vollständigen Mangels jeder metamorpher Erscheinung an beiden in Berührung gekommenen Gesteine (l. c. S. 8). Darauf reflektierte L. Luković (l. c. 11, S. 16) und kam aus der Erscheinung granitisch-syenitischen Gesteine zum Schluss, dass hier magmatische und nicht tektonische Prozesse in Tätigkeit sein mussten, da an der Kontaktstellen der beiden Gesteine keine tektonische Breccien zu finden sind und auch die Form, in welcher sich die Gesteine zeigen, führe zu obigem Schluss.

Verfasser hebt demgegenüber hervor, dass seiner Meinung nach es vollständig unmöglich ist sich ein Einbruch des Magmas in ein Gestein vorzustellen, ohne bedeutende kontaktmetamorphe Veränderungen an den Berührungsstellen des Magmas mit dem durchgebrochenen Gestein. Illustriert wird diese Meinung durch ein Beispiel einer dünnen Ader im Granulit aus Penig in Schlesien (Fig. 1.), wo klar zu sehen ist, wie an den Berührungstellen der dünnen Ader des Pegmatites mit dem Granulit zu bedeutenden mineralischen Veränderungen gekommen ist. Der Verfasser schliesst daraus dass der Durchbruch des Serpentins bei Lojane tektonischer Natur sein muss und dass Serpentin älter als Granit ist. Er hebt auch besonders hervor, dass bei den Fragen über das Alter wie auch des Durchbruches und der Berührung eine innige Zusammenarbeit des Geologes mit dem Petrographen notwendig sei, da jeder für sich leicht zu irrigem Schlüssen verleitet werden könnte.