

Geol. vjesnik	32	229—241	1 sl. u tekstu	Zagreb, 1979
---------------	----	---------	----------------	--------------

552.54

Hipoteza o generacijama karbonata u karbonatnim naslagama Dinarida

Berislav ŠEBEČIĆ

Industroprojekt, Savska 88a, YU — 41001 Zagreb

Prikazuju se neka dosadašnja dostignuća u istraživanju karbonatnih minerala i njihovih međusobnih odnosa u slijedu litogenetskih procesa kako u karbonatnim naslagama u svijetu tako i kod nas. Posebno se pokušalo obraditi odnose dolomitizacije i rekristalizacije u karbonatnim naslagama Dinarida pa je i nastala hipoteza o generacijama karbonata, odnosno dolomita. Dolomiti I generacije nastaju ponajčešće dolomitizacijom mikrokristalastog kalcita I generacije, dok dolomiti II generacije rekristalizacijom dolomitiziranih naslaga. Dolomiti I i II generacije su (sin-) dijagenetski, dok su žilni dolomiti epigenetski (sl. 1).

UVOD

U dosadašnjim istraživanjima karbonatnih stijena (i minerala) Dinarida, a i drugdje, znatno je više primjenjivana deskriptivna metoda u odnosu na genetičku metodu. U skladu s time postignuti su zapaženiji rezultati na području deskripcije karbonatnih stijena i minerala, ali ujedno i solidnija osnova za razvoj genetičke metode. U proučavanju geneze čini se najtežim preskočiti vremensku nepoznanicu. Za sada smo zadovoljni ako odredimo relativne spoznaje u genetskim procesima, jer iz sume relativnih istina težimo k apsolutnoj (relativizam). Ako se prisjetimo rasprava, npr. o dolomitima, prije 10-ak i više godina i danas možemo uočiti u njima napredak. Nekada je bilo dovoljno odrediti da je proučavana stijena dolomit, otkriti u njoj fosile i pretpostaviti genezu. Danas se ne zadovoljavamo s pretpostavkom da je neki dolomit dijagenetski već želimo saznati egzaktnije pokazatelje o njegovoj ranijoj ili kasnijoj dijagenetskoj pripadnosti, zatim o tipu karbonatnog mulja ili stijena iz kojeg je nastao metasomatski dolomit, nadalje da li je dolomit nastao dolomitizacijom i/ili rekristalizacijom itd. S tog razloga, u odnosu na deskripciju naslaga, geneza naslage se znatno više modelira i revidira po intuiciji istraživača, pa je radi toga i više hipotetska. Nema sumnje da naša istraživanja postaju vremenom potpunija, no unatoč svemu tome ima još mnogo toga nepoznato iz prirodnog toka petrifikacije. Tako u uvjetima sadašnje znanstveno-tehničke revolucije nove spoznaje sve više pobuđuju radoznalost istraživača na promatranje prirodnih pojava, ali i na postavljanje pitanja. Ponekad su pitanja toliko zamršena da nije moguće na njih potpuno odgovoriti, već tada o njima hipotetiziramo u zna-

ku želje da dublje spoznamo kauzalne odnose. — Poznato je da su nakon taloženja karbonatni talog (npr. aragonitno-kalcitnog sastava), a kasnije i karbonatna stijena, bili podvrgnuti raznim procesima. U prvom redu kompakcijom taloga pod pritiskom pokrovnih naslaga (taloga) došlo je do smanjenja volumena taloga što je praćeno postepenim gubitkom vode i poroziteta. Kao posljedica takvih procesa u dubini dolazi do otapanja karbonata i do njegove ponovne kristalizacije iz mineralizirane porne otopine, bilo da se, npr. kalcit direktno istaložio u pore ili izvršio istiskivanje primarne tvari — cementacijom — ili su karbonati poprimali novi oblik rekristalizacijom ili inverzijom (polimorfnim preobražajem aragonita u kalcit). Od drugih sekundarnih procesa vrlo je značajna dolomitizacija, a ponegdje silicifikacija, dedolomitizacija, (de-)anhidritizacija (neke nabušene naslage), bitumenizacija i dr.

Istraživanje odnosa karbonatnih minerala, a posebno dolomita, u karbonatnim naslagama Dinarida navelo je autora na ideju o podjeli karbonatnih minerala (dolomita) u generacije koja je prikazana u hipotezi na kraju rada.

OSVRT NA ISTRAŽIVANJA KARBONATA I KARBONATNIH STIJENA KOD NAS

Za singenetske i dijagenetske procese razvijene u dinarskom kršu tvrdio je Tućan (1933) da su bili najvećih razmjera i najznačajniji u geokemiji, odnosno migraciji pojedinih elemenata. Singenetskim je smatrao da su taloženi vapnenci i dolomiti, a u dijagenetske procese je uvrstio (p)rekristalizaciju, tj. — inverziju — op. autora — (aragonita u kalcit, fosforita u apatit i sl.), cementaciju i stvaranje kongrecija. U katagenetske (tj. epigenetske op. autora) procese je uvrstio oksidaciju pirita u limonit, infiltraciju bitumena u pukotine i dr. Na osnovi prisustva bitumena u središnjim dijelovima kristala dolomita Tućan je zaključio da je bitumen s dolomitom singenetski.

S obzirom na nova saznanja o genezi dolomita i bitumena može se reći da dolomiti pretežno nastaju u dijagenezi, a da se i bitumenizacija organske tvari u dolomitu, odnosno mikritu, također izvršila u (sin-)dijagenezi.

Među turonskim dolomitima srednje Dalmacije razlikuje Ma. Dimi-trijević (1961) grupu sitnozrnih (ranije dijagenetskih) od grupe krupnozrnih (kasnije dijagenetskih) dolomita. Obe grupe dolomita sadrže prašinate uklopke, a krupnozrni mogu biti i zonarne građe.

Prema Zogoviću (1966) u Dinaridima prevladavaju dijagenetski dolomiti, a ima i epigenetskih, dok primarnih (singenetskih) ili nema, ili ako ih ima malo su razvijeni u okviru dijagenetskih. Razvijeni su od paleozoika do tercijara. Osobito su rašireni u srednjem i gornjem trijasu, titon-valendisu i d. turonu. Sadržaj glinovite tvari u dolomitima Dinarida je beznačajan, pa nema niti dolomito-glinovitih naslaga, a niti izmjene s glinovitim (ili laporovitim) naslagama. Među stijenama prevladavaju dolomiti sa 95—100% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ i slabo krečnjački dolomiti, tj. kalcitni dolomit sa 75—95% $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, a po veličini kristala sitno i srednjo-

kristalasti dolomiti, što je u skladu s proučavanjima F. Tućana (1911). Za prašinate kalcitne uklopke piše autor da su raspoređeni u mineralima dolomita bez nekog rasporeda.

Proučavajući sedimentološke osobine krednih i gornjojurskih karbonatnih naslaga otoka i poluotoka južnog i srednjeg Jadrana Sebečić (1973 i 1976a) je utvrdio da je u primarnim litostrukturnim odnosima prevladavala mikrokristalasta komponenta (mudstone-i), a da je alokemij-ska komponenta (pretežno wackestone-i i packstone-i, a izuzetno informacijski konglomerati i breče, Janjina član) stratificirana u njoj. Naime, mudstone-i i dolomiti zauzimaju najveće debljine karbonatnih naslaga (Radulići i Hum član), dok su ostali tipovi vapnenaca ciklički raspoređeni i pokazuju relativno dobru simetriju sekvenci (p — w — M — w — p, npr. Brna član).

Iz odnosa rekristalizacijskog kalcita i metasomatskog dolomita utvrđeno je kod nekih vapnenaca na Lastovu, Mljetu, Pelješcu i dr. da je dolomitizacija uslijedila nakon rekristalizacije, međutim češće je dolomitiziran mikrokristalasti kalcit (mikrit) nego rekristalizacijski i cementacijski kalcit. Nadalje, kalciti i dolomiti često su bili izloženi selektivnom ili potpunom otapanju, a nastale pore su najčešće cementirane epigenetskim spari (Fe-) kalcitom, a ponegdje i kvarcom. Proces silicifikacije je uslijedio nakon dolomitizacije (silicificirani dolomit Hvara i dr.) i rijetko se zapaža. Još rijeđa je pojava dedolomitizacije i retrogradne rekristalizacije. Aragonit i Fe-dolomit nije utvrđen ni u jednom bojenom preparatu. Epigenetskih dolomita ima vrlo malo. Odnos prirodnih bitumena i karbonatnih minerala — stijena autor je posebno obradio u sklopu predložene klasifikacije bituminoznih karbonatnih stijena (Sebečić, 1976b i 1978b) i bituminoznih pojava Dinarida (Sebečić, 1978a).

Proces ranodijagenetske dolomitizacije i kasnodijagenetske dolomitizacije i dedolomitizacije krednih karbonatnih sedimenata zapadne i južne Istre opisali su F ü c h t b a u e r i T i š l j a r (1975) te T i š l j a r (1976). Autori zaključuju da su ranodijagenetski dolomiti nastali na supratidalu dolomitizacijom još neočvrstnutog karbonatnog taloga, a kasnodijagenetski dolomiti dolomitizacijom već očvrstnutih lagunarnih i intertidal vapnenaca. Ritmičke izmjene rano i kasnodijagenetskih dolomita pokušavaju se objasniti periodičkim oscilacijama nivoa mora (zbog transgresivnih i regresivnih tendencija u tadašnjim svjetskim morima) te stalnim, ali (po brzini) nejednolikim tonjenjem dna bazena i većom, odnosno manjom akumulacijom taloga. Pri većoj — bržoj — akumulaciji zapunjavaju se rubovi laguna, a pri manjoj — sporijoj — proširuju se lagune.

Prema A l. Š i m u n i ć (1976), proces rekristalizacije i dolomitizacije u naslagama Klane, Južnog Velebita, Like i Dinare nije vezan za neki kat krede. Rekristalizirana su aragonitna zrna (veličine 0.001—0.004 mm) karbonatnog mulja, ali i biogeni ostaci. Sam proces može biti selektivan sa stvaranjem grudičaste i pseudogrudičaste strukture ili potpun sa (pseudo op. Sebečića) sparitima. Prisutnost različite veličine kristala u rekristaliziranoj stijeni autorica pokušava objasniti odrazom originalne strukture vapnenačkog sedimenta ili odvijanjem procesa u više faza.

Za dolomitizaciju je konstatirano da je dijagenetskog porijekla širokog spektra. Pri manjem stupnju dolomitizacije razvijeni su romboedri dolomita samostalno ili u nakupinama najčešće u mikritnoj osnovi (or-

ganogeni ostaci mogu ostati nedolomitizirani), dok kod većeg stupnja dolomitizacije razvijen je mozaik subhedralnih i anhedralnih dolomita. Jezgre oba tipa dolomita obično su zamućene inkluzijama mikrokristalastog kalcita i gline.

OSVRT NA ISTRAŽIVANJA KARBONATA I KARBONATNIH STIJENA U SVIJETU

Vapnenci potječu primarno iz kalcita ili aragonita ovisno o kemizmu vode (anorganski sedimenti), a osim toga i o načinu izlučivanja živih bića (organski sedimenti), dok metasomatski dolomit nastaje potiskivanjem kalcita ili aragonita Mg iz pornih otopina (F ü c h t b a u e r i M ü l l e r, 1970). Da li će se iz prezasićene otopine, tj. iz morske vode kod T — 20°C taložiti kalcit ili aragonit ovisi o molarnom odnosu Mg/Ca. Ako je on manji od 1 stvara se kalcit, a ako je veći od 1 može se stvoriti aragonit (samo u plitkim toplim morima), jer je sadržaj Mg to veći što je viša temperatura vode.

Budući da aragonit nije stabilan mineral pod pritiskom i temperaturom, koje vladaju na zemljinoj površini, već u metaformnom području (na 18 km dubine, S i m m o n s i B e l l, 1963), kao i Mg-kalcit, to se on pretvara prije ili kasnije u stabilan kalcit (F y f e, 1964). Izuzetno se mogao zadržati stabilnim tamo gdje je bio prekriven glinom, uljnim škriljcima (Z a p f e 1936, et al.) ili asfaltom (S t e h l i, 1956). Slično je i s Mg-kalcitom, koji se s više od 4 mol. % MgCO₃ nestabilan. Aragonit je nađen u matriksu i u fosilima. Ustanovljeno je da nema nijedne životinjske ili biljne vrste čiji bi tvrdi dijelovi bili isključivo izgrađeni od aragonita, dok ima organizama (spužve, brahiopadi, ehinodermi, i dr.) koji su uvijek izgrađeni iz kalcita. Transformaciju aragonita u kalcit opisali su Taylor i Illing (1969), Shinn (1969) i dr.

Hathaway i Robertson (1961) i Robertson (1965) podvrgnuli su vlažni aragonitski mulj Bahama raznim temperaturama (do 400°C) i pritiscima (do 3450 bara) i ustanovili da je transformacija aragonita u kalcit praćena zaobljavanjem iglica aragonita i pojavom rasta većih globularnih masa kalcita. Krajnji produkt tj. umjetna vapnenačka stijena imala je specifičnu težinu 1,9 (nižu u odnosu na prirodne vapnenice), a porozitet oko 30% (više nego vapnenci). R a g n h i l d - N e u m a n n (1969) je utvrdila sličnost u preferiranoj orijentaciji c osi karbonata u eksperimentalno i prirodno rekristaliziranim stijenama. Eksperimente je vršila na uzorcima (jezgrama) nerekrystaliziranih dolomita i vapnenaca u Griggsovom »strain« aparatu na temperaturi 1000 ili 200°C i pri tlaku od 15 kilobara. U centrima jezgre karbonatnih stijena registrirana su najkrupnija — rekristalizirana zrna, dok prema rubovima jezgre opada veličina rekristaliziranih zrna.

Strukture raznih sedimentnih karbonatnih minerala opisuje detaljno Lippmann (1973). Navodi njihove najvažnije genetske osobine, i daje shemu aktivnih procesa u marinskim karbonatnim stijenama.

Barić (1973) piše da slojasta ili koncentrična građa našeg pelagozita (po Pelagosa = Palagruža) predstavlja aragonit organskog porijekla.

Rekristalizacija obuhvaća procese u kojima su kristali određene veličine i morfologije promijenjeni u kristale druge veličine i morfologije, dok im je mineralna vrsta ostala ista poslije procesa (Folk, 1959). Promjene su se vršile u krutom stanju uz pomoć međupornih otopina pri čemu je došlo do razaranja ogromne količine kristala veličine mulja i njihova ujedinjenja u veće kristale — pseudo(-mikro)-spar (aggrading neomorphism), ili do smanjene zrna — pseudomikrit — (deggrading neomorphism, ili retrogradna rekristalizacija) — Folk, (1965) i Sebečić (1973). Inverzija aragonita u kalcit je osobito značajna za organogene i oolitične naslage, jer aragonit ulazi u sastav nekih ljuštura fosila (molusci, koralji, ježinci, alge i dr.) i oolita, a pretpostavlja se da je aragonita bilo i u mikrokristalnom matriksu, odnosno alokemijskoj prašini. Čini se logičnim da je polimorfni preobražaj igličastog aragonita u zrnati kalcit prethodio rekristalizaciji (kalcita).

Rekristalizacija je učestalija u matriksu a rjeđe zahvaća zrna (alokeme) kao npr. foraminifere, ehinoderme; krinoide, Jedna od vrsta rekristalizacije, koja dovodi do smanjenja zrna, nazvana mikritizacija, je evidentirana u fosilima i oolitima. Kako utječe glina na rekristalizaciju karbonatnih stijena nije dobiven jednoznačan odgovor jer postoje kontraverzna mišljenja o tome problemu. Prema mišljenju Bauscha (1968) i Fuchtbauera (1958) sitno raspršene gline koče rekristalizaciju, dok prema Folku (1959) glina djeluje stimulirajuće na taj proces. Utjecaj na rekristalizaciju mogla bi imati još organska tvar i pirit. Karcz (1964) je naišao na upliv rasjedanja na rekristalizaciju.

Po Bathurstu (1971) cementacija je samo jedan od procesa koji se zbiva pri litifikaciji karbonatnih taloga, čiji je porozitet u početnom stadiju 40—70%, dok je kod najstarijih vapnenaca manji od 5%. Navađa (17) kriterija za odredbu cementacijskog spari kalcita. Cement prve generacije je rubni, radijalnoaksialni, a nastao je otapanjem aragonita i taloženjem kalcita u naslagama, dok je cement druge generacije sintaksijalni, a potječu izvan naslaga, tj. iz krovinskog mora i ispunjava preostale — središnje — dijelove šupljina. Za cement prve generacije pretpostavlja Bathurst da je istaložen u submarinskim (podmorskim) ili subarealnim (potpovršinskim) eogenetskim sredinama prije kompakcije dok se za cement druge generacije (krupni spari cement) pretpostavlja da je litificiran bez izronjavanja iznad razine mora. Razlikuje dva tipa ove sekundarne generacije cementa: eogenetski i mezogenetski cement.

Raniji, fibrozni cement I generacije promatran u recentnim submarinskim sedimentima, nazvan još i cement A (Graf i Lamar, 1950), sastoji se prema Alexanderssonu, (1969) od aragonita ili Mg-kalcita. Čini prvo otvrdnjenje sedimenta. Kasniji, izometričan cement II generacije, nazvan još i cement B, sastoji se često iz Fe-kalcita. — Müller (1952) piše da je I generacija karbonatnog cementa — siderita — u silitima u ugljovosnim naslagama nastala za vrijeme ili neposredno nakon sedimentacije.

O genezi dolomita mnogo se raspravljalo. Uvriježila se podjela dolomita na sinogenetske (sinonim primarne, kemogene, sedimentacijske i protogene), diagenetske (sedimentacijsko-diazenetske) i detritične (Friedman i Sanders, 1967). — Iako je dolomit stabilan u uvjetima koji vladaju u toplom plitkom moru (Kramer, 1959), općenito uzevši

on ne nastaje primarnim izlučivanjem već dolomitizacijom iz aragonita ili kalcita što je utvrđeno izotopnim istraživanjima Epstein a et al. (1963), te Friedmana i Halla (1963). Po Dixonu (1907 i 1911), koji razlikuje ranodijagenetsku od kasnodijagenetske dolomitizacije fosilnih ljuski, prednost u ranoj dijagenezi imaju aragonitne školjke u odnosu na kalcitne, dok u kasnijoj dijagenezi to je obrnuto. Ranodijagenetska dolomitizacija neočvrstih karbonatnih muljeva nastaje kod T 30°C (Y a n a t ' e v a, 1957) pod uplivom povećane koncentracije Mg/Ca u morskoj vodi od 5,26 na 15—30 do koje dolazi isparavanjem uglavnom u području intertidal-supratidal.

Kasnodijagenetska dolomitizacija ponajčešće zahvaća očvrstle stijene pod uplivom porinih voda u kojima molni odnos Mg/Ca mora kod 50°C najmanje iznositi 0,37, a kod 120°C najmanje 0,16 (u morskoj vodi odnos je 5,26). Kasnodijagenetski dolomiti razlikuju se od ranodijagenetskih po tome što su im kristali većih dimenzija — većih od 0,02 mm — (ukoliko ranodijagenetski dolomiti nisu rekristalizirani — op. Šebečića), ne sadrže karakteristike fosile, nisu slojeviti (već kupolasti, gljivasti i cedrasti), sadrže željeza (cement B, D e i n i n g e r, 1964) i sl., a izotopni odnos npr. kisika i ugljika drugačiji je nego u pratećim primarnim vapnencima (J a v o v i F a y a r d, 1964), koji je kod ranodijagenetskih dolomita isti.

Prema S c h m i d t u (1965) ne postoji dokaz da li dolomit zamjenjuje karbonatni mulj ili litificirani mikrit, a nema direktnog dokaza da li je zamijenjen kalcijev karbonat bio aragonit ili kalcit. Dolomitizacijom su zahvaćeni osim matriksa i alokemi (npr. aragonitni i kalcitni bioklasti, ooliti, peleti i intraklasti). Proces može biti potpun i selektivan. Zamjena alokema je obično evidentna tamo gdje je izvršena (skoro) potpuna dolomitizacija mikritnog matriksa.

Kristali dolomita mogu se naći u karbonatnim stijenama ukoliko iste sadrže više od 2—3% MgCO₃ (F a i r b r i d g e, 1957 prema C a r o z z i u, 1960). U karbonatnim stijenama s manjim sadržajem Mg taj element je prisutan kao čvrsta otopina MgCO₃ u kalcitu.

Razlike u intenzitetu dolomitizacije C a r o z z i (1960) objašnjava razlikama u tonjenju i prekrivanju taloga. Tako polaganim tonjenjem i prekrivanjem (novim) talogom bilo je dosta vremena za potpunu dolomitizaciju, dok bržim tonjenjem i prekrivanjem nastaje brža migracija tekućine i kanali se zatvore prije »konzumacije« sloja vapnenca (slaba ili nikakva dolomitizacija).

Gdje je dolomitizacija selektivna (djelomična ili slaba) razvijeni su idiomorfni kristali (romboedri), a gdje je jaka ili potpuna kristali dolomita međusobno interferiraju i postaju nepravilnih oblika. U alokemij-skim vapnencima dolomitizacijom su najprije zahvaćeni porozniji i permeabilniji dijelovi stijena (taloga) što je to u pravilu mikrokristalasti kalcitni matriks, a tek onda alokemi (kod oolitnih vapnenaca može biti slučaj da su prije dolomitizirani ooliti, jer im jezgre sadrže mikrokristalasti kalcit, a tek onda osnova, tj. cement).

Pitanje porijekla dolomita je istodobno i pitanje fizičko-kemijskih uvjeta pod kojima su dolomiti nastajali i nestajali. Koliko god mi nastojali približiti se uvjetima nastajanja i transformacije minerala, treba imati na umu da tvorba minerala i stijena ne počiva na jednom već na više događaja (npr. u prirodi su sitemi polibarni, a ne monobarni, kakvi

su simulirani u laboratorijima) pa brojne sisteme koji su do sada ispitivani, smatra Eberhard-Usovski (1967), treba shvatiti samo kao modele. U sedimentnom i dijagenetskom području su stabilni konačni članovi nizova (npr. kalcit, dolomit i dr.) dok su međučlanovi (npr. Mg-kalcit, Ca-magnezit, i Ca-dolomit) metastabilne tvorbe. Dolomit može nastati iz kalcita, a isto tako i iz aragonita i Mg-kalcita u ranoj dijagenezi. Također mogu biti rano i kasnodijagenetski magnezit i celestin. Mg se dobiva trošenjem stijena, a transportira se rijekama u more. Uz postignutu koncentraciju ugrađuje se Mg u karbonat stvarajući ranodijagenetski dolomit. Za kasnodijagenetski dolomit koristi se Mg iz pornih voda, koje su većim dijelom fosilne, a dijelom Mg se može dobiti alokeimskom rekristalizacijom biogenog Mg-kalcita.

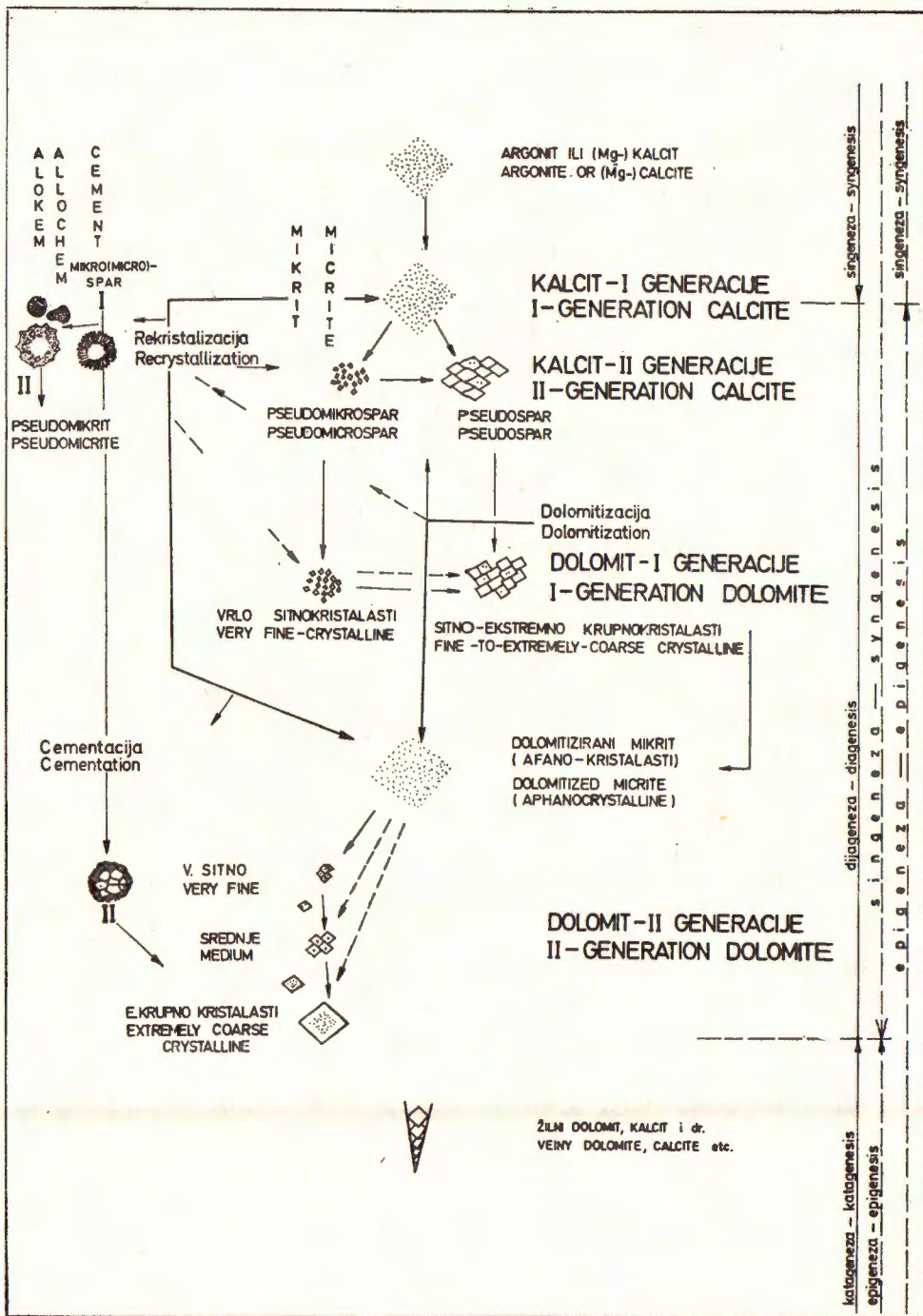
Dedolomitizaciju, zamjenu dolomita s kalcitom, tretira Evamy (1967) kao blizu površinski dijagenetski proces. Dedolomit je u stvari regenerirani kalcit u strukturnom kontinuitetu na reliktu kalcita uklopljenom u dolomitu. Oslobođeni magnezij iz dolomita može ući u sastav visokomagnezijskog kalcita ili aragonita, koji ako nisu izluženi naginju da se izmjene u stabilniji nisko magnezijski kalcit.

HIPOTEZA O GENERACIJAMA KARBONATA

Ako pretpostavimo da dolomitizacijom mogu biti zahvaćene nerekrystalizirane i rekristalizirane vapnenačke naslage tada i dolomit može nastati dolomitizacijom nerekrystaliziranog i rekristaliziranog kalcita. Mnogo češće je dolomitiziran nerekrystalizirani (kalci)mikrit nego rekristalizirani pseudo-(mikro-)spari i cementacijski (mikro-)spari kalcit. To je posljedica veće reakcije površine mikrita u odnosu na drugi kalcit većih dimenzija.

Ovisno od toka dolomitizacije u karbonatnim naslagama mogli bismo podijeliti dolomite u dvije generacije. — U dolomite I generacije uvršteni su oni dolomiti kojima se procesom dolomitizacije nije povećala veličina kristala. To su najčešće dolomitizirani mikrit (kod primarnih dolomita dolomikrit), koji su po veličini kristala afanokristalasti. U mnogo manje slučajeva je ustanovljeno da dolomiti I generacije vode porijeklo od rekristaliziranog (pseudo-mikro-sparnog) kalcita II generacije. Tu je proces rekristalizacije kalcita uslijedio prije njegove dolomitizacije. Kod ovih tipova dolomita I generacije mogu se razlikovati dolomiti u kojima su očuvani prijelazni varijeteti po veličini kristala, kao i oni kod kojih je očuvana uglavnom jedna veličina kristala (sl. 1). Pseudomikrosparni kalcit, ili kraće pseudomikrospar, zamjenjuje se dolomitizacijom u vrlo sitnokristalasti dolomit, dok pseudosparni kalcit, ili pseudospar, u sitno, srednjo ili krupnokristalasti dolomit. — Ukoliko je dolomitizacijom zahvaćen cementni (mikro-)spari kalcit, dolomiti I generacije mogu biti isto različite veličine. Ovaj tip dolomita je izuzetan u proučavanju naslagama, a označen je na slici crtkano. — Primarni (ingenetski) nerekrystalizirani dolomiti tretiraju se također kao dolomiti I generacije.

Da rezimiramo: dolomiti I generacije mogu nastati dolomitizacijom kalcita, bilo koje, npr. I ili II, generacije, no najčešći su oni koji su nastali dolomitizacijom (kalci) mikrita I generacije.



Sl. 1 — Fig. 1

Dolomiti I i generacije vode porijeklo od rekristaliziranih dolomitiziranih karbonatnih naslaga. Oni mogu biti ovisno o veličini kristala vrlo sitno, sitno, srednje, krupno, vrlo krupno i ekstremno krupnokristalasti. I među njima mogu se razlikovati: dolomiti kod kojih se zapažaju prijelazi po veličini kristala, npr. prijelaz između sitnokristalastih dolomita u srednjokristalaste dolomite, ili je zapaženo formiranje krupnijih romboedara dolomita iz sitnijih romboedara dolomita i dolomiti gdje ti prijelazi nisu uočeni, tako da se razlikuju samo krupnokristalasti dolomiti, samo sitnokristalasti dolomiti i sl. Dakle, njihova veličina kristala je vezana za stupanj rekristalizacije (afanokristalastog) dolomita I generacije. U ovom slučaju proces rekristalizacije je uslijedio nakon procesa dolomitizacije kalcita. Zonalni dolomiti uvršteni su u dolomite II generacije.

Do »kriterija« odnosa litogenetskih procesa, kao osnove za izdvajanje karbonata, a posebno dolomita, u generacije, autor je došao pomoću intuicije. Da li je procjena ideje bila dobra ili nije pokazati će slijedeća istraživanja i drugi istraživači. U razradu ideje iznijete u hipotezi trebali bi se uključiti vrsni fiziko-kemičari, genetičari i dr.

Dolomiti I i II generacije su u pravilu sin-dijagenetski, odnosno, ako se radi o metasomatskim dolomitima kasno dijagenetski, dok su žilni ili tektonski dolomiti u pravilu epigenetski.

Slično podjeli dolomita nastalih procesom dolomitizacije mogu se podijeliti i karbonati nastali procesom cementacije. Tako se npr. može razlikovati kalcitni (ili dolomitni) rubni fibrozni cement I generacije, od središnjeg mozaičnog cementa II generacije te žilni, npr. epigenetski kalcit. Ovisno o pristupu podijeli litogenetskih procesa može se navedenim generacijama karbonata pripisati odgovarajuća genetska pripadnost. Budući da u genetskoj podijeli nema jedinstvenog stava o poimanju npr. epigeneze i singeneze proizlazi da se izdvojeni dolomiti I i II generacije (sin-dijagenetski) dolomiti mogu npr. prema Pustovalovu (1940) tretirati samo kao singenetski, a ekvivalentno tome i cementacijski kalcit kao sin-(mkro-)spar, i bitumen kao sinbitumen, (Sebečić, 1978b), za razliku od epigenetskih (katagenetskih) dolomita i epigenetskog cementacijskog kalcita, epi-(mikro-)spara i epibitumena. — Ukoliko epigenezu tretiramo kao svaku sekundarnu izmjenu sedimentalnih naslaga počevši sa stadijem dijageneze (Borovikov, Petelin et al., 1973), tada bi svi metasomatski dolomiti bili epigenetski, dok bi samo primarni (nerekristalizirani) dolomiti I generacije bili singenetski.

SITNOKRISTALASTI DOLOMITI I ETAPE DOLOMITIZACIJE

Sitnokristalasti varijeteti metasomatskih dolomita nalaze se najčešće kao proslojci, a rijeđe su očuvani samo kao relikti slabo rekristaliziranih karbonatnih muljeva, unutar debelih krupnijekristalastih dolomitnih zona. Također je zapaženo da su dolomitne tektonske breče kao i drobljeni dolomiti izgrađeni obično iz krupnije kristalastih dolomita. Sve to ukazuje da je na rekristalizaciju dolomita mogao utjecati i pritisak pokrovnih naslaga kao i tektonski pokreti.

Mogli bi postaviti pitanje da li sa (vrlo) sitnokristalastim dolomitima završava pojedina etapa dolomitizacije? Naime, naglim prekidom u do-

lomitizaciji vjerojatno se nije mogla izvršiti rekristalizacija dolomita, koji su tek nastali, za razliku od dolomita koji je također stvaran u periodu dolomitizacije, a mogao je rekristalizirati pod pritiskom pokrovnih naslaga u dubljim dijelovima bazena. Nalaženje nekoliko zona u kojoj se javljaju sitnokristalasti dolomiti upućivalo bi na zaključak da su postojali prekidi u rekristalizaciji, a možda i više (?) etapa dolomitizacije među kojima je najintenzivnija npr. malmsko-neokomska i albsko-cenomanska (Sebečić, 1973).

Iznesena pretpostavka o povezivanju kristaliniteta dolomita ne samo sa stupnjem (re-)kristalizacije već i sa svršetkom etape dolomitizacije čini se i autoru smiona, jer je produkt čiste spekulacije, pa je radi toga pretpostavka i stavljena pod znak pitanja. Ovime se nisu željele preferirati neke osobine ili procesi u naslagama u odnosu na druge osobine i procese, koji reguliraju nastajanje, promjene i nestajanje dolomita, već samo pokušati objasniti navedeni fenomeni na izvjestan način. Nema sumnje da bi ovom problemu trebalo posvetiti pažnju u toku daljnjih sistematskih istraživanja.

ZAKLJUČAK

Hipotezu o generacijama karbonata u karbonatnim naslagama autor temelji na studiji litogenetskih odnosa, osobito dolomitizacije i rekristalizacije. — Metasomatski dolomiti I generacije nastali su najčešće dolomitizacijom karbonatnog mulja-kalci mikrita — I generacije, a znatno manje dolomitizacijom očvrnutih vapnenaca, tj. rekristalizacijskog i cementacijskog kalcita. Primarni (singenetski) nerekrystalizirani dolomiti uvrštavaju se također u dolomite I generacije. — Dolomiti II generacije nastali su rekristalizacijom (afanokristalastih) dolomita I generacije. Kod dolomita obih generacija (ni-)jesu zapažani prijelazi po veličini kristala. Ovisno o poimanju procesa singeneze i epigeneze navedenim generacijama dolomita (i drugih karbonata) može se dati i odgovarajuća genetska pripadnost (sl. 1).

Koliko generacija karbonata i drugih minerala ima u nekoj karbonatnoj stijeni ovisi o spoznaji složenosti litogenetskih procesa na nekom proučavanom području. Pri generiranju minerala treba razlikovati primarne ili sin(dija)genetske generacije minerala od sekundarnih ili epigenetskih generacija. Svoj prijedlog autor ovog članka bazira na studiji suodnosa karbonatnih minerala u karbonatnoj masi, a ne i na suodnosu (epigenetskih) karbonatnih žila. Zato izdvojenu posebnu grupu žilnih karbonata treba uslovno shvatiti kao neraščlanjenu grupu generacija koja se može podijeliti u više (sub-)generacija. Poznato je, npr. da u fazi supergene sekundarne mineralizacije u vapnencima može biti registrirano više kalcitnih žil(-ic) a različite kronostratigrafske i genetske pripadnosti što uvjetuje pojavu i više generacija kalcita (Minskij, 1975).

Nalaženje proslojaka sitnokristalastih dolomita unutar zona s krupnijekristalastim dolomitima autor pokušava povezivati ne samo za prekid rekristalizacije, već možda i za više (?) etapa dolomitizacije.

LITERATURA

- Alexandersson, T. (1969): Recent marine high — Mg calcite lithification in the Mediterranean. *Sedimentology*, 12, 47—61.
- Barić, Lj. (1973): F. Lippmann-Sedimentary Carbonate Minerals, recenzija, p. 364—365. *Geol. vjesn.*, 26. Zagreb.
- Bathurst, R. G. C. (1971): Carbonate sediments and their diagenesis. Elsevier Publishing Company, p. 620, Amsterdam, London, New York.
- Bausch, W. M. (1968): Clay content and calcite crystal size of limestones. *Sedimentology*, 10, 71—75.
- Borovikov, P. P., Petelin, V. P. et al. (1973): Geologičeskij slovar. Tom I (A—M, p. 486) i II (N—Я, p. 456), Nedra, Moskva.
- Carozzi, A. V. (1960): Microscopic sedimentary petrography. John Wiley et Sons, p. 465. New York.
- Cloud, P. E. (1962): Environment of calcium carbonate deposition west of Andros Island, Bahams. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 350, 1—138.
- Deininger, R. W. (1964): Limestone-dolomite transition in the Ordovician Plattville formation in Wisconsin. *J. Sed. Petrol.* 34, 281—288.
- Dimitrijević, M. (1961): Turonski sprud na ostrvima srednje Dalmacije. *Sedimentologija*, 1, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, 59—68, Beograd.
- Dixon, E. E. L. (1907): Dolomitization. In: *Geology of South Wales Coalfields. Geol. Surv. Great Brit.*, 8 (3), 13—20.
- Dixon, E. E. L. (1911): The Carboniferous Succession in Gower, Quart. *J. Geol. Soc. London*, 509—511, 528—530.
- Eberhard-Uzdowski, H. (1967): Die Genese von Dolomit in Sedimenten. Mineralogie und Petrographie in Einzeldarstellungen, W. v. Engelhardt und J. Zemmann, IV Band, p. 95. Springer Verlag Berlin — Heidelberg — New York.
- Epstein, S., Graf, D. i Degens, E. T. (1963): Oxygen isotope studies on the origin of dolomites. In: *Isotopic and cosmic chemistry*, North Holland Publ. Co. Amsterdam, 169—180.
- Ewamy, B. D. (1967): Dedolomitization and the development of rhombohedral pores in limestones. *J. Sed. Petrol.* 37, 1204—1215.
- Fairbridge, R. W. (1957): The dolomite question Soc. Econom. Paleontolog. Mineralog. Spec. pub., 5, 125—178. Tulsa, Oklahoma.
- Folk, R. L. (1959): Practical petrographic classification of limestones. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.* 43, 1—38.
- Folk, R. L. (1965): Some aspects of recrystallization in ancient limestones. Soc. Econom. Paleontolog. Mineralog. Spec. public., 13, 13—48. Tulsa, Oklahoma.
- Friedman, G. M. i Hall, W. E. (1963): Fractionation of O^{18}/O^{16} between coexisting calcite and dolomite *J. Geol.* 71, 238—243.
- Friedman, G. M. i Sanders, J. E. (1967): Origin and occurrence of dolostones. U: G. V. Chilingar, H. J. Bissel i R. W. Fairbridge: Carbonate rocks. Elsevier, 9 A, 267—348. Amsterdam—London—New York.
- Füchtbauer, H. (1958): Die petrographische Unterscheidung der Zechsteindolomite im Ernsland durch ihren Säurerückstand. *Erdöl u. Kohle*, 11, 689—693.
- Füchtbauer, H. i Müller, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine (II). E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1—726. Stuttgart.
- Füchtbauer, H. i Tišljarić, J. (1975): Peritidal cycles in the Lower Cretaceous of Istria (Yugoslavia). *Sedimentary Geology*, 14, 219—233.
- Fyfe, W. S. (1964): Calcite aragonite problem. A. A. P. G. Meet. Toronto. Abstr.
- Graf, D. L. i Lamar, J. E. (1950): Petrology of Fredonia oölite in southern Illinois. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, 34, 2318—2336.
- Hathaway, J. C. i Robertson, E. C. (1961): Microtexture of artificially consolidated aragonite mud. *U. S. Geol. Surv. Profess. Papers*, 424—C, 301—304.
- Javov, M. i Fayard, M. (1964): Étude structurale d'un «front de dolomitisation». *C. R. Acad. Sci. Paris*, 258, 3716—3719.
- Karcz, I. (1964): Grain growth fabrics in the Cambrian dolomites of Skye. *Nature*, 204, 4963, 1080—1081.
- Kramer, J. R. (1959): Correction of some earlier data on calcite and dolomite in sea water. *J. Sed. Petrol.* 29, 465—467.
- Lippmann, F. (1973): Sedimentary Carbonate Minerals, p. 228. Springer Verlag, Berlin — Heidelberg — New York.

- Minskij, N. A. (1975): Formirovanie neftenosnih porod i migracija нефти. Nedra, p. 285, Moskva.
- Müller, G. (1952): Vorkommen und Entstehung der Karbonate insbesondere der Eisenkarbonate in den Steinkohlenflözen des Ruhrgebietes. Diss. Univ. Bonn, 92 p. p.
- Pustovalov, L. V. (1940): Petrografija osadočnih porod. I—III Gostopitehizdat.
- Ragnhild-Neumann, E. (1969): Experimental recrystallization of dolomite and comparison of preferred orientations of calcite and dolomite in deformed rocks. *Journ. of Geol.*, 77, 4, Chicago.
- Robertson, E. C. (1965): Experimental consolidation of carbonate mud. Soc. Econom. Paleontolog. Mineralog. Spec. public., 13, p. 170, Tulsa.
- Schmidt, V. (1965): Facies, diagenesis, and related reservoir properties in the Gigas beds (Upper Jurassic) northwestern Germany. Soc. Econom. Paleontolog. Mineralog. Spec. public, 13, 124—168, Tulsa, Oklahoma.
- Shinn, E. A. (1969): Submarine lithification of Holocene carbonate sediments in the Persian Gulf. *Sedimentology*, 12, 109—144.
- Simmons, G. i Bell, P. (1963): Calcite-aragonite equilibrium. *Science*, 139, 1197—1198.
- Stehli, F. G. (1956): Shell mineralogy in Paleozoic invertebrates. *Science*, 123, 1031—1032.
- Šebečić, B. (1973): Litostratografske osobine proučavanih karbonatnih naslaga otoka Hvara, Korčule, Mljeta, Lastova te poluotoka Pelješca sa prijedlogom klasifikacije rekristaliziranih karbonatnih naslaga. Doktorska disertacija, 210. Zagreb.
- Šebečić, B. (1976a): Sedimentološke osobine karbonatnih naslaga otoka i poluotoka južnog i srednjeg Jadrana. *II skup sedimentologa Jugoslavije*. Rudarsko-geološki fakultet Beograd, posebno izdanje, 101—114. Beograd.
- Šebečić, B. (1976b): Osobine karbonatnih naslaga Vanjskih Dinarida u kojima se pojavljuje bitumen (Tipovi bituminoznih karbonatnih stijena). 8. *jugoslavenski geološki kongres*, 5, 203—215. Ljubljana.
- Šebečić, B. (1978a): Bituminozne pojave Dinarida. I Jugoslavenski simpozij o bitumenu. *Zbornik radova Znanstvenog savjeta za naftu JAZU*, C, 4, 274—294. Zagreb.
- Šebečić, B. (1978b): Classification of recrystallized, dolomitized and bituminous carbonate rocks. *Geol. vjesn.*, 30, Zagreb.
- Šimunić, Al. (1976): Dijagenetske promjene u krednim karbonatnim sedimentima nekih područja jugozapadne Hrvatske. 8. *jugoslavenski geološki kongres*, 2, 291—301. Ljubljana.
- Taylor, Y. C. M. i Illing, L. W. (1969): Holocene intertidal calcium carbonate cementation at Qatar Persian Gulf. *Sedimentology*, 12, 69—108.
- Tišljar, J. (1976): Lagunarni, podplimatski, međuplimatski i nadplimatski karbonatni sedimenti valendis-otriva zapadne Istre. *II skup sedimentologa Jugoslavije*. Rudarsko-geološki fakultet Beograd, posebno izdanje, 115—124. Beograd.
- Tučan, F. (1911): Die Kalksteine und Dolomite des kroatischen Karstgebietes. *Geol. anali Balk. poluostrva*, 6, 609—813. Beograd.
- Tučan, F. (1933): Pogledi na geokemiju dinarskog krša. *Rad*, 246, JAZU 37—108. Zagreb.
- Yanat'eva, O. K. (1957): About polytherm of solubility of $(CaCO_3 + MgSO_4 \rightleftharpoons CaSO_4 + MgCO_3) - H_2O$ system. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 12, 6.
- Zapfe, H. (1936): Die Erhaltungsmöglichkeit des Aragonit im Fossilisationsprozess untersucht mit Hilfe des Reagens von Feigl und Leitmeier — *Arch. Akad. Wiss. Wien*, 73, 11, 110—111.
- Zogović, D. (1966): Hidrogeološka uloga dolomitita u dinaridskom karstu. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, Inženjerska geologija i hidrogeologija*, VI, B, 5—112. Beograd.

Hypothesis of carbonate generations in carbonate beds of Dinarides

B. SEBECIC

The study of interrelationship of carbonate minerals in the sequence of processes of lithogenesis with a special stress on dolomitization and recrystallization, was the basis of the author's hypothesis. The metasomatic dolomites belonging to the first generation had in most cases developed through the dolomitization of micrite of the Ist generation, and much less through the dolomitization of the recrystallized calcite, pseudo(-micro)-spar, and of the cemented calcite (micro) spar. In case, the primary (syngenetic) dolomite have not been recrystallized, they are taken as dolomites of the Ist generation, as well. Those dolomites which developed through the recrystallization of the dolomites belonging to the Ist generation are dolomites of the IInd generation.

According to different opinions about the duration of the process of syngensis or epygenesis the above spoken dolomites and other carbonate rocks may be genetically classified (Fig. 1).

The fact that within a zon intercalations of fine-crystalline and coarse-crystalline dolomites occur, induces the author to bring the conclusion that not only the interruptions in the recrystalization took place, but that there had been also several stages of dolomitization.