

Príspevok elektrónovomikroskopického štúdia k riešeniu genézy dolomitových pieskov

ANDREJ FÖLDES*, HELENA GERTHOFFEROVÁ**

* Západoslovenské kameňolomy a štrkopiesky, n. p., Beckovská 38, 823 61 Bratislava

** Geologický ústav UK, Zadunajská 15, 851 01 Bratislava

Doručené 17. 12. 1984

Очерк электронномикроскопического изучения для решения генезиса доломитовых песчаников

Методами электронной микроскопии определены призматические кристаллы проходящих на поверхность доломитовых зёрн идентифицировались как параморфизм кальцита по арагоните. Эти сведения поддерживали теорию о проникновении термальных вод в трещины доломита, седиментация арагонита, который рекристаллизовал в кальцит, увеличил свой объём и дезинтегрировал породы.

Contribution to the solution of dolomite sand genesis by investigations under electron microscope

Prismatic crystals protruding from the surface of dolomite grains identified by electron microscopic investigations proved to be paromorphoses of calcite after aragonite. This finding substantiates the theory on penetration of thermal water into dolomite fissures and precipitation of aragonite which subsequently recrystallized to calcite. Volume expansion due to this recrystallization leads to the desintegration of dolomite rock.

Niektoré doteraz otvorené ložiskovo-geologické otázky, hlavne hodnotenie kvality a voľba spôsobu dobývania dolomitovej suroviny v lome Chotárna dolinka, znova podnietili aj riešenie otázky, akým spôsobom vznikli ložiská dolomitových pieskov v oblasti Malé Kršteňany — Chalmová.

L. Jakucs [1950] v Budínskom pohorí okrem rozrušovania dolomitov zvetrávaním pozoroval, že dolomitová hornina sa

rozpadá na prach. Tento proces nazval rozpojenie. Jeho príčinou je premena aragonitu na kalcit, ktorá je spojená s 8,7 % zväčšením objemu kalcitu. Proces rozpojenia dolomitov v prírode vysvetľuje takto: Vystupujúce vody termálnych prameňov ohrievajú horniny svojho okolia, cirkulujúca, zohrievajúca sa voda ukladá v ich vlasovitých trhlinách a póroch aragonit. V prítomnosti iónov horčička sa už aj pri teplote nižšej ako 29 °C tvorí ara-

gonit. Poklesom teploty aragonit, ktorý vyplňa vlasovité trhlínky a dutinky v textúre horniny, rekryštalizuje na kalcit a rozpojí horninu.

D. Andrusov (1955) považuje dolomitové piesky z Malých Kršteňan za nepremiestnené neogénne elúvium. Za príčinu rozpadu považuje vzliňajúcu kapilárnu vodu, ktorá vyluhovala z dolomitov CaCO_3 , ten sa koncentroval v konkréciách a dolomity sa menili na dolomitové piesky a múčku.

Prí geologickom prieskume (Földes — Očenáš, 1967) sa zistilo, že dolomitové

piesky sa viažu na úzky pruh totožný so zlomovým pásmom, na ktorom vyvierajú aj termálne pramene pri Chalmovej. Pri vytváraní pracovnej hypotézy pre prieskum sa postupne hromadili fakty o tom, že dolomitové piesky vznikli v dôsledku pôsobenia termálnych prameňov. Nepriame dôkazy boli tieto: 1. v uvedenom pruhu súbežnom s poruchovým pásmom sa zistili zvyšky travertínov; 2. v pásme rozpečených dolomitov sa nachádzajú masy sekundárne kalcitom stmelených rozpečených dolomitov (obr. 1); 3. popri masách sekundárne spevnených partií sa vyskyto-



Obr. 1. Kopa dolomitového piesku sekundárne spevneného uhličitanom vápenatým. Odkryté dobývaním v lome ZKŠ Malé Kršteňany, výška kopy cca 8 m, pohľad z juhozápadu

Fig. 1. Heap of dolomite sand secondarily cemented by calcium bicarbonate and uncovered by exploitation in the Malé Kršteňany quarry. Heap height around 8 m, view from SW

vali petrograficky obdobné, ale izolované, koncentricky stavané konkreciálne útvary; 4. v rozpojených dolomitoch zachované vložky ílu, pôvodne výplň na zlomoch, sú vybielené, majú svetlozelenú farbu, kým obdobné íly v nerozpojených dolomitoch sú hnedočervené; 5. chemizmus rozpojených dolomitov je odlišný od dolomitov kompaktných.

Na základe toho vznikla predstava, že v pásmach tektonických líní sa drvil dolomit a zvýšil sa jeho špecifický povrch. Zároveň bolo tektonické pásmo prírodnou cestou pre termálnu vodu. Tá mohla v už narušenej hornine vo zvýšenej miere cirkulovať a vnikáť aj do najjemnejších trhlín horniny a intergranulárnych dutín, kde uložila CaCO_3 , ktorý kryštalizoval na aragonit.

Zmenou prostredia aragonit rekryštalizoval na kalcit, čo malo za následok rozpojenie horniny.

K obdobným záverom o účinku vplyvu termálnej vody na rozpojenie dolomitových pieskov došiel E. Jablonský (1968).

E. Jablonský a J. Turan (1970) vysvetľujú proces mechanizmu rozpojenia ako priamy agresívny účinok termálnej vody.

Výsledky geofyzikálneho výskumu v oblasti Veľké Bielice — Chalmová (Ďuratný et al., 1964), ako aj výsledky hydrogeologického výskumu termálnych vôd v Malých a Veľkých Bieliciach a v Chalmovej (Franko, 1969) tiež dokumentujú, že dolomitové piesky mohli vzniknúť pôsobením termálnej vody za aktívnej premeny aragonitu na kalcit.

Aby sme mali exaktné dôkazy o genéze dolomitových pieskov, skúmali sme ich vzorky z oblasti Malé Kršteňany — Chalmová elektrónovou mikroskopiou a elektrónovou difrakciou.

Dosiahnuté výsledky sme konfrontovali s výsledkami získanými na kontrolných vzorkách dolomitov z lokalít Trebejov a

Malá Vieska, na ktoré nepôsobila termálna voda, a so vzorkou dolomitu z Budínskeho pohoria, na ktorom sa proces rozpojovania v dôsledku termálnych vôd pôvodne opísal.

Štúdium v elektrónovom mikroskope

Pre štúdium v elektrónovom mikroskope je najvhodnejšia frakcia pod 0,05 mm. Keďže tá nie je v skúmaných pieskoch podstatne zastúpená, použili sme špeciálnu techniku prípravy preparátov metódou replík z relatívne veľkých zŕn frakcie 0,05 — 0,3 mm. Získala sa tak možnosť štatistického, planimetrického vyhodnotenia morfológie z väčšiny zastúpených zŕn prostredníctvom elektrónových mikrofotografií.

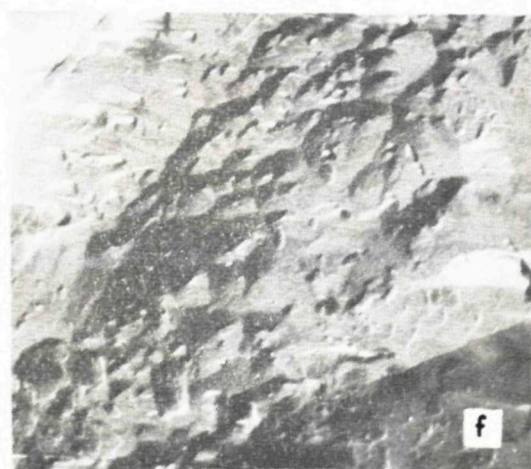
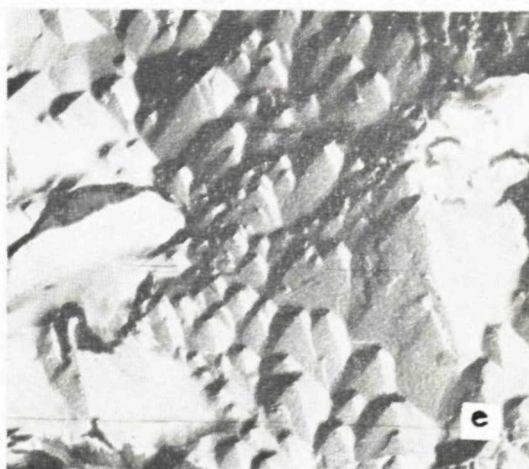
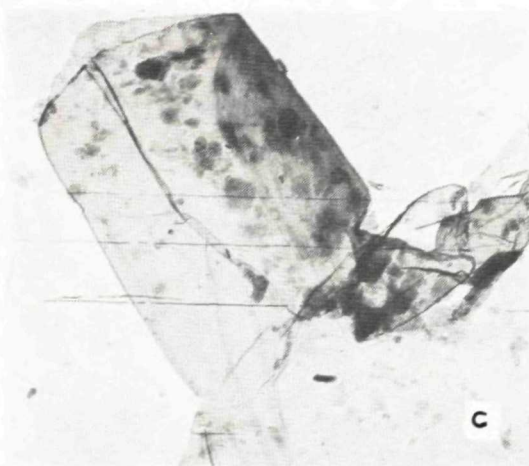
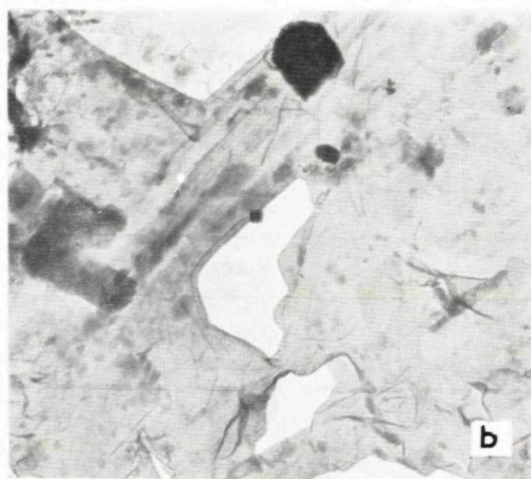
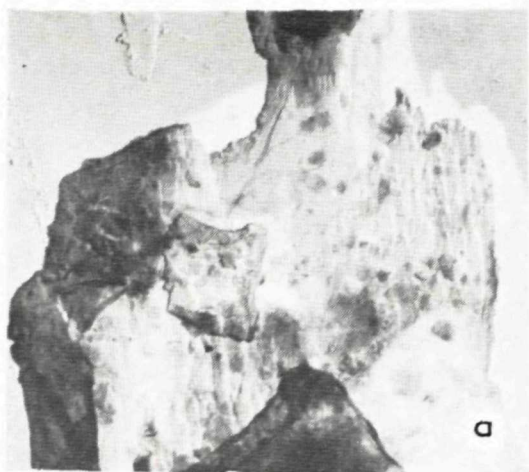
Zo suchej vzorky naprášenej na kryštál kamennej soli sme pripravili pozitívnu jedноступňovú repliku povrchu zŕn naparením uhlíkom, zlatom a paládiom a ďalej rozpúšťaním vzorky v kyseline soľnej. Použitou metódou replík sme sledovali povrchovú textúru dolomitových zŕn.

V elektrónovom mikroskope sa tvar zŕn dolomitových pieskov z Malých Krštenian javí nepravidelný, ostrohranný, povrch celistvý s hladkými lomovými plochami. Niektoré plochy majú terasovitý vzor, paralelný k hranám priehlbni. Zo zŕn nepravidelne vyčnievajú morfológicky nápadné útvary-hranoly až silne predĺžené prizmatické kryštály s odlišnou štiepatelnosťou a paralelnými ryhami v smere predĺženia.

Ojedinele sa vyskytujú celé kostry príziem, ktoré tvoria samostatné zrno (obr. 2a).

Časť povrchu zŕn má tvar matric, ktorý svedčí o tom, že zrná boli pôvodne spojené s iným povrchom (obr. 2b).

Podľa toho, či v kontakte s pozorovaným zrnom bol externý alebo interný po-



Obr. 2. Elektrónová mikrofotografia repliky dolomitového zrna, lokalita Chotárna dolinka, replika (Au—Pd, C). a — agregát prizmatických kryštálov, b — časť povrchu zrna, c, d — prizmatický kryštál, e, f — leptový obrazec. Zv. 7000 x — obr. 2a, b, d; 8000 x — obr. 2c; 13 000 x — obr. 2e; 40 000 x — obr. 2f.
 Fig. 2. Electron micrographs of replicas from dolomite grains. Dolomite sand, Chotárna dolinka locality (Au — Pd, C replica). a — aggregate of prismatic crystals, b — detail of grain surface, c, d — prismatic grains, e, f — etching figures. Magn. fig. 2a, b, d — x7,000, 2c — x8,000, 2e — x13,000, 2f — x40,000

vrch iného zrna, prípadne inej prizmy, sa objavujú konkávne alebo konvexné odťahy.

Mineralogickú charakteristiku prizmatických kryštálov sme ďalej skúmali.

Veľkosť priziem kolíše v presných hraniciach. Nameraný priemet šírky sa pohybuje od 0,7 do 5 mikrometrov, ale prevažne je zastúpená hodnota 2,5 mikrometra. Pre malé rozmery nemožno prizmy pozorovať svetelným mikroskopom ani elektrónovými mikroskopmi s malou rozlišovacou schopnosťou.

Podľa planimetrického premeriavania elektrónových mikrofotografií je plošné zastúpenie priziem v dolomitových pieskoch z Malých Krštenian do 5 %.

Podrobne študovaný tvar priziem zodpovedá vlastnostiam aragonitu opísaným v literatúre: habitus prizmatický (často pseudohehexagonálny), ihličkovitý; plochy základného hranola [110] zvierajú uhol 63° [$63^\circ 48'$], stĺpce sú obmedzené tvarmi [110] a [010], zakončené brachyodómou [011] (obr. 2c) alebo spodovou plochou (obr. 2d). Niektoré kryštály majú miesto plôch zvislého pásma veľmi ostré dipyramídy [111], v dôsledku čoho majú kryštály hrotovitý, kopijovitý habitus (obr. 2a). Štiepatelnosť je podľa [010] a [110] nedokonalá, teda v jednom smere, a to pozdĺžnom (obr. 2d), lom je obyčajne lastúrnatý.

K mineralogickej identifikácii priziem prispeli záznamy elektrónovej mikrodifrakcie extrakčných replík. Dešifrovaním záznamov a porovnaním výsledkov s tabeľárnymi hodnotami sme dospeli k záve-

ru, že prizmy na zrnách dolomitových pieskov reprezentujú samostatný minerál kalcit. Podľa zistených výsledkov elektrónovej mikroskopie tu ide o paramorfózy kalcitu po aragonite.

Monotrópna zmena rombického aragonitu na trigonálny kalcit je viditeľná aj na leptových obrazcoch (obr. 2e, f). Po naleptaní (HCl, 1 : 3) sa na prizmách vyskytujú skalenoédrické kryštály kalcitu, zoskupené do nepravidelných, mozaikovitých rozložených zŕn. Vyčnievajúce skalenoédre (obr. 2e) považujeme za prejav väčšej odolnosti hrán kryštálov kalcitu voči rozpúšťadlu.

Opísané leptové obrazce majú osobitú morfológiu a súmernosť, ktorá nesúvisí s morfológiou a súmernosťou pôvodných priziem. Podľa J. Petránka (1963) rekryštalizáciou aragonitu vzniká anhedrál-na mozaika. Kalcit nemá svoj vlastný kryštálový tvar, ale tvar staršieho minerálu. Teda vplyvom rekryštalizačných pochodov máva kalcit nepravidelne zrnitú podobu (obr. 2f). Ani svojou morfológiou, ani veľkosťou sa dolomitové zrná z porovnávacích vzoriek z lokalít Trebejov a Malá Vieska nepodobajú dolomitovým zrnám vzorky Malé Kršteňany. Majú síce obdobný tvar, ale na ich povrchu sa nevyskytujú opísané prizmatické kryštály.

Naproti tomu zrná dolomitových pieskov z lokality v Budínskom pohorí nesú prizmatické kryštály podobné opísaným kryštálom z Malých Krštenian. Sú väčšie a morfologicky dokonalejšie. Priemet šírky sa pohybuje od 2 do 15 mikrometrov, najčastejšie okolo 6 mikrometrov.

Diskusia výsledkov elektrónovej mikroskopie

Z vyššie uvedeného vyplýva, že elektrónové mikrofotografie zŕn dolomitových pieskov z Malých Krštenian poukazujú na ostrohranné ohraničenie, hladký povrch a chaoticky vyčnievajúce prizmatické kryštály s paralelným ryhovaním v smere predĺženia.

Zachované prizmatické kryštály patria svojou morfológiou aragonitu, zatiaľ čo výsledky elektrónovej difrakcie stanovili kalcit.

Identifikáciu paramorfóz kalcitu po aragonite podporujú aj výsledky naleptávania v podobe osobitej morfológie leptových obrazcov.

Elektrónovomikroskopické štúdium povrchovej textúry zŕn dolomitových pieskov a morfológie častíc vôbec ukázalo, že táto metóda je užitočnou súčasťou výskumu sedimentárno-petrografických problémov. Poznatky o textúre zŕn slúžili ako indikátor prostredia a podmienok vzniku dolomitových pieskov.

Povrchová textúra sa tu interpretuje vo svetle genetických dejov celej horniny. Výsledky elektrónovej mikroskopie dopĺňajú a potvrdzujú ostatné nepriame dôkazy o pôsobení termálnej vody na dolomitovú horninu a upresňujú predstavy o priebehu procesu rozpadania dolomitov, premeny kompaktnnej horniny na sypké piesky.

Záver

Výsledný produkt procesu rozpojenia — sypká dolomitová hornina s vysokou chemickou čistotou — je cennou nerastnou

surovinou. Objasnenie vzniku dolomitových pieskov má rozhodujúci význam pri ich vyhľadávaní a dobývaní. Okrem ložiskovo-geologického významu majú znalosti o genéze dolomitových pieskov, na základe ktorých je možné robiť závery o mieste a charaktere výskytu, aj význam inžiniersko-geologický a hydrogeologický.

Literatúra

- Andrews, K. W. — Dyson, D. J. — Keown, S. R. 1968: Interpretation of Elektron Diffraction Patterns. *London, Adam Hilger, LTD.* 188 p.
- Andrusov, D. 1955: O pôvode slovenských dolomitových „pieskov“. *Geol. Sbor. VI, 3 — 4, (Bratislava), s. 184 — 198.*
- Brown, G. 1961: The x-ray identification and crystal structure of clay minerals. *London, Mineralogical Society (Clay minerals Group).* 544 p.
- Ďuratný, S. — Plančár, J. — Zbořil, L. 1964: Geofyzikálny výskum v oblasti Veľké Bielice — Chalmová. *Manuskript — Geofond Bratislava.* 40 s.
- Földes, A. — Očenáš, D. 1967: Chotárna dolinka — dolomit. [Záverečná správa s výpočtom zásob z etapy vyhľadávacieho prieskumu]. *Manuskript — Geofond Bratislava.* 101 s.
- Franko, O. 1969: Základný hydrogeologický výskum termálnych vôd v Malých a Veľkých Bieliciach a v Chalmovej. *Manuskript — Geofond Bratislava.* 81 s.
- Jablonský, E. 1968: Genéza a chemizmus dolomitových pieskov v oblasti Malých Krštenian a Chalmovej. [Diplomová práca.] *Manuskript — archív PF UK Bratislava.* 54 s.
- Jablonský, E. — Turan, J. 1970: Príspevok ku genéze dolomitových pieskov v oblasti Chalmovej a Malých Krštenian. *Miner. slov., 2, s. 109 — 117.*
- Jakucs, L. 1950: A dolomit porlódas kérdése a Budai-hegységben. *Földtani közlöny, zv. 80 (Budapest), s. 361 — 380.*
- Petránek, J. 1963: Usazené horniny, jejich složení, vznik a ložiska. *Praha, ČSAV.* 718 s.

Contribution to the solution of dolomite sand genesis by investigations under electron microscope

Samples coming from dolomite sand deposit at Malé Kršteňany — Chalmová have been investigated under electron microscope with the aim yield exact proofs on the genesis of the rock. A method of replicas was used to follow surficial structures of dolomite grains. Prismatic crystals of 2.5 μm average size and chaotically protruding over dolomite surface (fig. c, d) bear morphological features of aragonite: parallel groovings along the sense of prolongation and basic prism $\{110\}$ surfaces at 63° angle as well as the prisms terminating by brachydome $\{011\}$ etc. Such mineralogical identification of prisms is supported by electron microdiffraction records of exaction replicas from dolomite grains. The check of records and their comparison with labelled data point to calcite.

The presumed monotropic change from rhombic aragonite into trigonal calcite is observable also on etching figures (fig. 2e, f). The scalenohedric calcite crystals mentioned have peculiar morphology and symmetry which does not reflect the morphology and symmetry of original prisms.

Achieved results have been confronted with data obtained on control samples of dolomite sand from Trebejov and Malá Vieska localities where dolomite was presumably not affected by thermal waters. Dolomite grain surfaces in these samples do not display crystals. Further samples of dolomite sand from the Buda Mts., where the process of desintegration was originally described as developing due to the action of thermal water on dolomite, reveal the same features. These dolomite grains also bear the prismatic crystals similar to ones found at the Malé Kršteňany locality.

Electron microscopic investigation into surficial structures of dolomite sand grains and the identification of calcite paramorphoses after aragonite are hence interpreted in the light of genetic events affecting the entire rock. New data complement and confirm the indirect further proofs on the action of thermal water on dolomite rock and accurate views on the course of dolomite desintegration process which changed the original massive rock into loose sand.

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

Milan Mišík: **Zloženie a zdrojové oblasti jablonických zlepcov — oblasť Malých Karpát** (Bratislava 10. 4. 1986)

Odvodil sa deduktívny postup rekonštruovania znosových oblastí zlepcov: 1. prídanie eróziou odstráneného stĺpca hornín, 2. pravidlo starších erózných zrezov, 3. možnosti redeponovania zo starších zlepcov, 4. pravidlo asociácie zdrojových hornín a korekcie na ich východiskový pomer. V jablonických zlepcoch karpát dominujú horniny triasu vyšších príkrovov, hlavne wettersteinské vápence. Pre transport od JZ slúžia

tieto indexové horniny: metamorfované vápence harmónskej a borinskej skupiny, vápenec s autigénnym živcom a kremeňom, krinoidový vápenec z Crassicolaria pochádzajúci z vysokej jednotky, ojedinelý granatiko-staurolitový svor atď. Dokladom menej zastúpenej zdrojovej oblasti na SV sú vápence plytkomorského malmu s Conicospirillina a Clypeina, vápence morského senónu s úlomkami rudistov a Nummofallotia cretacea, sladkovodné vápence vrchnej kriedy, vápence pelagického noriku s konodontmi a ryolity pochádzajúce z preplavenia kriedových zlepcov.