

Metodické postupy a interpretačné možnosti štúdia ťažkých a ľahkých minerálov v pyroklastických horninách

MIROSLAV PULEC

Abstract.

Dans le travail, l'auteur présente la méthode d'utilisation des minéraux lourds et légers laquelle précise les connaissances sur les roches pyroclastiques, c'est à dire, elle permet de les caractériser au point de vue minéralogique, d'éclaircir le caractère de la sédimentation, de faire la corrélation et de préciser la stratigraphie des phases volcaniques, éventuellement celle des produits de l'activité volcanique.

Petrografické spracovanie pyroklastických hornín, ktoré sa opiera iba o mikroskopické štúdium výbrusov, vo väčšine prípadov neprináša uspokojivé výsledky. Preto v posledných rokoch sa pri štúdiu pyroklastických hornín venuje pozornosť ťažkým a ľahkým minerálom. S problémami vlastnej separácie sa v predloženej práci zaoberať nebudem, ale sa zameriam hlavne na zvláštnosti štúdia TM a LM.

Štúdiom TM a LM v pyroklastických horninách dostaneme rad dôležitých údajov, ktoré nám umožňujú presne mineralogicky charakterizovať pyroklastické horniny, objasniť charakter sedimentácie, korelovať jednotlivé horizonty, zistiť prítomnosť pyroklastických zložiek v sedimentárnych horninách a stratigraficky zaradiť vulkanické fázy, resp. prejavy vulkanizmu.

Podiel pyroklastického materiálu v sedimentoch kolíše v širokých medziach. Určenie obsahu a petrografického typu pyroklastického materiálu v sedimentoch je významným údajom paleogeografického štúdia jednotlivých sedimentačných oblastí. Keď sa pyroklastický materiál nachádza v sedimentoch vo väčšom množstve, jeho identifikácia nerobí nijaké ťažkosti. V prípade malého množstva pyroklastického materiálu v sedimentoch často jeho prítomnosť prehliadneme. Pri menšej skúsenosti popisujeme tufitické, resp. tufové horizonty ako jemnozrnné belavé pieskovce. Malé množstvo pyroklastického materiálu v sedimentoch sa prejavuje napr. nápadnou zmenou farby tenkých preplástov, laminiek. Na zmenu fyzikálno-chemických podmienok prostredia citlivo reaguje biosféra. Niektoré skupiny živočíchov vymierajú, druhé sa často prispôbujú novým podmienkam. Preto v mnohých prípadoch alebo chýbajú skameneliny, alebo sa hromadia vo vrstve bohatej na pyroklastický materiál, niekedy v jej tesnom nadloží. Na styku sedimentovaného pyroklastického materiálu s podložitým sedimentom dochádza pre chemické reakcie ku vzniku zóny obohatenia limonitom a zóny vybielenia. (KÜHNEL 1964). Často sa na takomto styku objavuje niekoľko mm mocná vybielená vrstvička a pod ňou rovnako mocná vrstvička obohatená limonitom. U piesčitých sedimentov sú obyčajne vrstvičky obohatené limonitom výraznejšie ako u pelitických sedimentov.

Okrem makroskopických kritérií môžeme v malom množstve pyrogenného

materiálu v sedimentoch identifikovať mikroskopicky štúdiom TM a EM zistením vulkanického skla, beta kremeňa, biotitu, bázičných plagioklasov (zonálnych), augitu, hypersténu a iných minerálov. Pre vulkanické minerály je charakteristický napr. ich idiomorfny vývoj, rôzne inklúzie, prípadne koncentrácie ťažkých minerálov, na báze vrstvičky (zirkón a pod.).

Objasniť charakter sedimentácie môžeme na základe štúdia sekundárnych minerálov ako napr. glaukonitu, pyritu, sideritu, magnetitu a pod. Okrem toho máme možnosť pod binokulárom lepšie posúdiť stupeň opracovania minerálov. Eolicky transportované minerály vulkanického pôvodu majú, oproti minerálom, ktoré sú transportované – splachované do panvy zo znosových oblastí, čerstvejší vzhľad a sú menej opracované.

Na základe štúdia TM môžeme vzájomne korelovať určité horizonty vo vrtných profiloch a odkryvoch porovnávať ich aj na väčšie vzdialenosti. Veľké plošné rozšírenie najmä kyslých tufov predstavuje jeden z najvhodnejších petrografických vedúcich horizontov.

I. KRYSTEK (1959) sa na základe štúdia TM domnieva, že tufit z Lažianok a ryolitový tuf z Hornej Štubne vznikli z vulkanických centier severne od Kremnice. Podobne, pri zložení minerálov ťažkej frakcie v spodnotortontských tufitoch v Poľsku (PAROCHŇIAK W. 1962) a z okolia Židlochovic (SLAVÍK J. 1956), nepozorujeme podstatnejšie rozdiely.

Štúdiom ťažkých a ľahkých minerálov v paleontologicky dokázaných sedimentoch môžeme významne prispieť k stratigrafickému zaraďovaniu vulkanických fáz, resp. prejavov vulkanizmu v určitej oblasti.

Niektoré zvláštnosti štúdia TM a EM v pyroklastických horninách

Na základe štúdia ťažkých a ľahkých minerálov a vulkanického skla môžeme usudzovať na petrografický charakter exportovaného materiálu. Častou sledovanou zložkou je vulkanické sklo, ktoré sa vyskytuje v ľahkej frakcii. Dôležitým údajom je zistenie indexu lomu. Pre orientáciu uvádzam tabuľku indexov lomu vulkanického skla (W. E. TRÖGER, 1952), základných typov hornín.

vulkanické sklo	index lomu	priemerný index lomu
ryolitové	1,480–1,510	1,492
dacitové	1,504–1,529	1,511
andezitové	1,489–1,529	1,512
čadičové	1,560–1,612	1,575

Z porovnania indexov lomu vulkanického skla je vidieť, že index lomu vulk. skla značne kolíše. Preto je niekedy ťažko stanoviť, či ide o andezitové alebo dacitové vulkanické sklo. Pri sledovaní indexov vulkanického skla a recentných vulkanických produktov sa zistilo, že index lomu vulkanického skla kolíše aj v rámci jednej erupcie. Napr. pri erupcii sopky Ščeveluč na Kamčatke I. I. GUŠČENKO (1964) zistil dva farebné druhy vulkanického skla s rozdielnym indexom lomu. Index lomu hnedého vulkanického skla kolísal v rozmedzí od 1,528 do 1,549 a podľa TRÖGEROVEJ klasifikácie zodpovedá

sklu čadičovému. Naproti tomu svetlé vulkanické sklo, svojim indexom lomu (1,504–1,508) patrí ku sklu ryolitovému. Rozdiely v indexe lomu vulkanického skla pri jednej erupcii nie sú vždy tak veľké. Napr. pri inej erupcii sopky Ščeveluč vo vulkanickom popole citronovožltej farby hnedé vulkanické sklo (1,508–1,511) aj svetlé vulkanické sklo (1,494–1,511) patrí ku kyslému typu.

Z toho porovnaní, ako aj podľa iných údajov v literatúre vyplýva, že hnedé, resp. tmavšie vulkanické sklo pri tej istej erupcii má v priemere vyšší index lomu ako vulkanické sklo svetlej farby. Svetlé vulkanické sklo svojim indexom lomu sa viac blíži k novému východu magmatu a jeho index nekolíše v takých dimenziách ako pri hnedom vulkanickom skle. Keď sa v zložení ľahkej frakcie vyskytujú dva druhy vulkanického skla, smerodajnejším pre určenie chemizmu magmy je svetlé vulkanické sklo.

Okrem rozdielnosti indexu lomu vulkanického skla treba mať na zreteli aj zmeny chemického zloženia vulkanických popolov, ktoré vznikajú eolickým transportom. KEMMERLING (1921) R. W. Van BEMMELEN (1949) udáva zmenu percentuálneho zastúpenia SiO_2 vo vulkanickom popole v závislosti od vzdialenosti od centra erupcie sopky Kelud.

vzdialenosť v km	pri centre	20	100	230	320
obsah SiO_2 v %	51,8	52,5	55,0	62,5	67,0

Podobnú závislosť zvyšovania obsahu SiO_2 vo vulkanických popoloch so zväčšovaním vzdialenosti od centra erupcie udáva W. LARSON (1937).

Vplyvom eolickej gravitačnej diferenciácie dochádza v blízkosti sopky k vy-padávaniu minerálov s najväčšou špecifickou váhou. Preto vulkanický popol v blízkosti sopky (I. I. GUŠČENKO 1964) obsahuje viac ako 30 % tmavých a rudných minerálov. Z tmavých minerálov sú to najmä pyroxény a amfiboly. Z tohoto dôvodu v chemických analýzach pozorujeme zvýšený obsah Fe a znížený obsah Si, Ca, Al. Vo vzdialenosti 10–20 km obyčajne prevláda vulkanické sklo a plagioklasy, ktoré často dosahujú až 98 %. V chemických analýzach vtedy pozorujeme zvýšenie obsahu Si, Ca, a Al. Okrem eolickej gravitačnej diferenciácie na zmenu chemizmu vulkanických popolov vplyva podľa I. I. GUŠČENKA (l. c.) aj sorbcia rôznych látok vulkanickým popolom a to v priebehu transportu.

Následkom sorbcie, vo vzdialenosti 10–20 km od sopky sa pozorovalo čiastočné zvýšenie obsahu Mg, Na, K, Mn a niekedy aj Ti.

Medzi ľahkými minerálmi veľmi často nachádzame beta kremeň. Vyskytuje sa najmä v kryštaloklastických a vitroklastických kyslých tufoch a tufitoch. Beta kremeň nachádzame vždy v podobe typických bipyramidálnych kryštálikov. Pri štúdiu ľahkej frakcie častejšie sa vyskytuje beta kremeň v podobe ostrohranných úlomkov. Rozpad idiomorfného beta kremeňa nastáva podľa KÜHNELA (1964) silným vnútorným napätím, ktoré je spôsobené rýchlym schladzovaním buď ihneď po jeho utužení, alebo po dopade do sedimentačného prostredia a možno až po jeho usadení. Pri rozpade idiomorfných bipyramidálnych kryštálikov beta kremeňa dochádza k postupnému odštiepovaniu koncentrických vrstvičiek, pričom vonkajšia vrstvička produkuje hypidiomorfné obmedzené úlomky. Je nutné pripomenúť, že forma ostrohranného obmedzenia s miskovitými priehlbínami na povrchu môže v niektorých prípadoch vznikáť aj koróziou v priebehu diagenetických pochodov najmä vtedy, keď hornina obsahuje karbonátový tmel. Tieto druhotné premeny, ktoré vznikajú

kajú pri diagenézii, sa dajú odlišiť od prvotného tvaru, ktorý vznikol rozpadom pre vnútorné napätie tým, že zálivy na zrnách, ktoré vznikli koróziou nemajú rovné obmedzenie a ostrohranné konce úlomkov. V niektorých prípadoch väčšie koncentrácie beta kremeňa sú vo frakcii nad 0,25 mm (I. KRYSTEK 1959).

V ťažkej frakcii niekedy je dosť ťažké odlišiť napr. pyroxén, amfibol, biotit, granát, ilmenit a pod. vulkanického pôvodu od tých istých minerálov nevulkanického pôvodu. Jedným z odlišovacích znakov sú trhliny, ktoré vznikajú vnútorným napätím podobne ako pri beta kremeň prípadne vo vulkanickom skle. Tieto trhlinky vznikajú vtedy, keď vnútorné napätie nie je také silné, aby nastal rozpad minerálov na ostrohranné úlomky. Tieto trhlinky sú pri neštiepných mineráloch nepravidelné, ale u minerálov s výraznou štiepatelnosťou sú pravidelné. Pri posudzovaní tohoto znaku musíme mať na zreteli, či skúmaná hornina nepodľahla tektonickej deformácii. Preto túto metódu nie je možné použiť pri metamorfovaných tufoch, alebo tufitoch.

Každé rýchle chladnutie magmy a s ňou spojená rýchla kryštalizácia, je sprevádzaná vznikom početných štruktúrnych nepravidelností. Napríklad vznikajú inklúzie, ktoré môžu byť kvapalné, plynné, pevné, alebo kombinované. Minerály pyroklastického pôvodu sú charakteristické prítomnosťou väčšieho množstva inklúzií. Je treba poznamenať, že inklúzie vznikajú nielen pri rýchlej kryštalizácii, ale aj druhotne, rekryštalizáciou, devitrifikáciou, metamorfózou a pod. Je preto potrebné uvážiť, o aký typ inklúzií ide. Špecifické vlastnosti inklúzií možno využiť pri korelácii rôznych tufových a tufitických horizontov, pretože každý typ erupcie má svoje typické zvláštnosti. V biotite najčastejšie inklúzie tvorí apatit a zirkón. Obyčajne v jednom type erupcie – v biotite – inklúzie tvorí len apatit, alebo zirkón.

Pri separácii v ťažkých kvapalinách, alebo už priamo v sedimentačnom priestore, z biotitu inklúzie vypadávajú a obohacujú ťažkú frakciu o niektorý z vyššie uvedených minerálov.

Záverom je nutné poznamenať, že samotná metóda štúdia ťažkých a ľahkých minerálov k charakteristike pyroklastických hornín v mnohých prípadoch nestačí, ale je treba použiť aj iné metódy štúdia, ako napr. vápnitosť, zrnitosť, stanovenie fyzikálneho ílu, DTA, výbrusy, a pod. Najlepšie výsledky pri zhodnotení pyroklastických hornín dostávame komplexným štúdiom s použitím najvhodnejších metód.

Doručené: 30. 9. 1969

Lektoroval: dr. Vlastimil Konečný

Geologický ústav Dionýza Štúra,
Bratislava

Literatúra

- Bemmelen R. W., 1949: The geology of Indonesia. Vol. IA general geology of Indonesia.
- Březina J. 1958: Předběžní zpráva o nových nálezech pyroklastického materiálu v miocenních sedimentech na Moravě a na západním Slovensku. Zprávy o geol. výsk. v r. 1957 ÚÚG, Praha.
- Březina J. – Buday T. 1957: Rhyolitové tufity ve vrchním helvetu a sarmatu Dolnomoravského úvalu. Věstník ÚÚG XXXII, č. 3, Praha.

- Guščenko I. I. 1964: Osadkonakoplenije kontinentalnych vulkaničeských tolšč i eksplozivnyje procesy v rajone severnoj Kamčatki. Sborník AN SSSR Moskva.
- Jurková A. Tomšík J. 1959: Tufitické horniny v tortónu ostravsko-karvinského revíru. Čas. min. geol. roč. 1 č. 4.
- Jansa L. 1965: Vulkanická činnosť v karbonu hornoslezské kamenouhelné pánve. Sbor. geol. věd řada G, sv. 7 Praha.
- Králik J. 1964: Korelácie medzi československou a poľskou časťou hornoslezské pánve pomocou tufitických proplásků uhelných slojí v hrušovských a jakloveckých vrstvách. Sborník věd. prací Vys. školy baňské v Ostravě. Roč. X. č. 1–2.
- Krystek I. 1959: Petrografia tufitických hornín z oblasti vídeňské vnitrokarpatské a vnekarpatsské panve. Geol. práce, Zoš. 54 Bratislava.
- Krystek I. 1960: Závěrečná zpráva o sedimentárně petrografickém výskumu Malé dunajské nížiny. Geofond Bratislava.
- Krystek I. 1963: Kyselý tufity v burdigalu Banovské kotliny. Geol. práce Zprávy 30 Bratislava.
- Krystek I. 1965: Detailní srovnání vulkanitů a vulkanogenních sedimentů v oblasti východoslovenského neogénu. Geofond Bratislava.
- Kühnel R. 1964: Kritéria pro určování pyrogenních složek v usazených horninách. Sbor. věd. prací VŠB v Ostravě. Roč. X. č. 1–2.
- Marková M. 1959: Petrografický výskum sedimentárných hornín juhoslovanského terciéru (Lučenec–Šafárikovo). Archiv GÚDŠ Bratislava.
- Marková M. 1963: Litológia vulkanogenno-sedimentárných hornín z okolia Štúrova. Geol. práce, Zprávy 30, Bratislava.
- Mišík M. 1954: I. Použitie ťažkých minerálov pre paleografický a stratigrafický výskum so zreteľom na neogén a kvartér. II. Sedimentárno-petrografické štúdium Poltárskej formácie. Geol. práce, Zoš. 43, Bratislava.
- Parochniak W. 1954: Tortonska facija tufitova miezdy Bochnia a Tarnovem. Acta geol. pol., Vo. IV. č. 1. geol. Varšava
- Parochniak W. 1962: Miocene utvory piroklastyczne przedgorza Karpat Polskich. Prace geol. č. 11 Varšava.
- Tröger W. E. 1952: Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart.
- Slavík J. 1956: Zpráva o dacitových tufitech v mořském tortónu vnekarpatsské pánve na Moravě. Vest. ÚÚG. 31, č. 1.
- Wieseneder H. — Zirkel E. J. 1957: Glastufit von Lieneberg bei Zisterdorf (Nieder-Österreich). Vr. d. Geol. Bund., heft 1–3 Viedeň.

Methods and Interpretation Possibilities of the Study of Heavy and Light Minerals in Pyroclastic Rocks.

MIROSLAV PULEC

R é s u m é

By the study of heavy and light minerals in pyroclastic rocks some important data are offered which serve for precise mineralogical characteristics of pyroclastic rocks, of the nature of sedimentation, for the correlation of separate horizons and for finding of pyroclastic components in sediments as well as for stratification of volcanic phases or volcanic activity.

A small amount of pyrogenic material in sedimentary rocks may be identified according to volcanic glass, β -quartz, biotite, basic plagioclases (zonar), augite, hypersthene and other minerals. Percentual composition of volcanic minerals enables mutual correlation of certain horizons in bore-hole profiles and exposure, and their comparison in greater distances. Volcanic glass may, though, indicate petrographical nature of material erupted, it has been, however, found that the refraction indices

of light and brown volcanic glass may considerably fluctuate from rhyolite to basalt at the same eruption.

For the determination of chemism of the initial magma the light volcanic glass is decisive. Eolic transport of pyroclastic material caused the increase of percentual SiO_2 amount with the growing distance from eruption. Near the volcano the first dark and ore minerals fall out from atmosphere. In the distance of 10–20 km from the volcano, usually volcanic glass and plagioclases predominate in tuffs. The majority of volcanic minerals desintegrate into angular fragments, due to strong tension caused by rapid cooling or immediately after cooling or following their descent to sedimentation environment. In case the inner tension is not so strong as to cause desintegration of minerals, in non-cleavable minerals irregular cracks – and in cleavable minerals – regular cracks arise. According to the cracks, the volcanic origin minerals may be distinguished from nonvolcanic. Inclusions, too, may help to distinguish volcanic and non-volcanic minerals. Each type of eruption has its typical characteristic features which may be observed also in the typical characteristics of inclusions.

Pyroclastic rocks were not estimated only by the method of heavy and light minerals, they were, however, evaluated complexely with the appliance of the most suitable methods of investigation.