



Geochémia prírodných vôd a ich úloha v genéze stolových hôr Guayanskej vysočiny a ich (pseudo)krasových javov

Natural waters geochemistry and its role in the genesis of the Guyana highlands' table-mountains and their (pseudo) carstic phenomena

Tomáš LÁNCZOS¹ & Roman AUBRECHT²

¹Katedra geochémie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, SR; e-mail: lanczos@fns.uniba.sk

²Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, SR

Abstract

The table mountains located in the Southeastern part of Venezuela, in the region called Gran Sabana represent remarkable geomorphological phenomenon of the area. Within those mountains are developed also extensive cave systems, although the rock material of the mountains are quartzites, very well resistant against weathering processes. Following our findings the cave systems development is connected with uneven distribution of diagenetic fluids within different sand strata, resulting in irregular lithification of the sediment. The subhorizontal cave systems are developed in less lithified strata often supported by column like units as a consequence of so-called finger flow of diagenetic fluids through strata with hydraulic conductivity. The table mountains were probably developed as original solitaires in places where pre-existent lakes, river branches, deltas, or other bigger water bodies which served as water sources for diagenetic fluid formation beneath those water bodies.

Keywords: table mountains, cave systems, diagenetic fluids, speleogenesis, finger flow

Úvod

V predložennom príspevku prezentujeme interpretáciu výsledkov terénneho geologicko-geochemického výskumu na stolových horách Guayanskej vysočiny získaných počas dvoch expedícií v r. 2007 a 2009. Stolové hory sú výrazné geomorfologické fenomény Guayanskej vysočiny ktoré taktiež disponujú rozsiahlymi jaskynnými systémami. Izolovanosť jednotlivých plateau stolových hôr ako aj existencia jaskynných systémov s podzemnými tokmi a ďalších pseudokrasových javov ako sú hlboké trhliny, priepasti (grietas), jamy (simas), skalné mestá a pod. spolu s ďalšími faktormi ako sú charakter horninového materiálu a osobité klimatické podmienky vytvárajú špecifické habitaty pre suchozemské a aj vodné živočíšne a rastlinné spoločenstvá. Existujúce teórie vzniku týchto fenoménov (napr. Martini 1979; Briceño 1991; Carreño et al. 2005; Mecchia & Piccini 2009) sa na základe pozorovaných skutočností v teréne a interpretácie našich výsledkov ukázali byť nedostačujúce a z tohto dôvodu sme vypracovali vlastné hypotézy vzniku jaskynných systémov, ako aj samotných stolových hôr.

Charakteristika záujmového územia

Stolové hory sú geomorfologické útvary ohraničené kolmými stenami vysokými stovky metrov s náhornou plošinou na vrchole. V rámci záujmového územia sa vyskytujú v oblasti Gran Sabana, ktorá sa nachádza na území štátu Bolívar v juhovýchodnom cípe Venezuely, v blízkosti hraníc s Brazíliou a Guayanou. Oblasť je budovaná horninami Guayanského štítu ktorý patrí medzi najmenej preskúmané ale zároveň aj najrozsiahlejšie paleoproterozoické entity. Samotné stolové hory sú tvorené kvarcitmi a pieskovicami súvrstvia Matauí, najvrchnejšieho člena skupiny Roraima (Reis & Yánez 2001). Na základe častého výskytu krížového zvrstvenia ktoré je znakom existencie dún a čerín v kvarcitech súvrstvia Matauí možno usudzovať že materiál týchto hornín bol deponovaný predovšetkým v terestrickom a plytkovodnom prostredí (jazerá, divočie rieky, delty, plytké more). Minimálny vek týchto hornín je podľa Schobbenhausa et al. 1994 (in Santos et al. 2003) 1.96 Ga.



Speleogenéza jaskynných systémov stolových hôr

V súčasnosti najrozšírenejším modelom vzniku krasových javov v kvarcitových horninách je model arenizácie publikovaný Martinim (1979), t.j. rozpúšťanie kremenného tmelu kvarcivov penetratívnym spôsobom medzi jednotlivými zrnami a následné mechanické uvoľňovanie kremenných zŕn infiltrovanými zrážkovými vodami. Tento model bol aplikovaný pre vysvetlenie karstogenézy v kvarcitoch stolových hôr napr. Briceňom et al. (1991) a tiež napr. genéza krasového systému Aonda na venezuelskej stolovej hore Auyán Mecchiom & Piccinim (2009). V tejto hypotéze má voda úlohu rozpúšťadla kremitého tmelu a erózne, resp. transportné médium. Podľa našich poznatkov však voda predstavuje podstatne komplexnejší faktor v uvedených procesoch, navyše je dominancia rozpúšťacích procesov za daných podmienok dosť diskutabilná.

Ďalším diskutovaným faktorom je úloha mikroorganizmov v procese rozpúšťania kvarcivov. Korózia kremeňa a vytváranie plytkých panvovitých nádrží o polomere do cca 1 m (kamenica, opferkessel) pôsobením siníc a lišajníkov bioalkalizáciou boli popísané Brehm et al. (2005). Tieto procesy však prebiehajú najmä na povrchu, na speleogenézu zjavne nemajú podstatný vplyv. Barton et al. (2009) sa snažia vysvetliť aj speleogenézu jaskynných systémov na príklade vzniku jaskyne Roraima Sur (Cueva Ojos de Cristal) na hore Roraima. Nedostatkem tejto hypotézy je že popisované mikroorganizmy boli síce v jaskynnom prostredí identifikované, ale ich úloha v speleogenéze bola definovaná nejednoznačne, navyše sa jedná o extrémofilné organizmy, ktoré prežívajú za existujúcich špecifických podmienok, ich úloha, resp. existencia počas iniciácie tvorby jaskynných priestorov je málo pravdepodobná.

Voda má svoju špecifickú funkciu vytváraním predispozície tvorby pseudokrasových fenoménov v kvarcitoch už v procese ich diagenézy (spevňovania). Už na povrchu stolových hôr masívu Chimantá a Monte Roraima, ako aj vo vnútri jaskynných systémov, je zjavná rôzna odolnosť jednotlivých polôh kvarcivov voči erózii. V polohách s najmenšou odolnosťou je typická prítomnosť odolných stĺpovitých útvarov

vyvetrávajúcich zo stien. V jaskyniach tieto stĺpovité útvary často podopierajú stropy jaskýň, vytvárajúcich tak vnútorný skelet jaskynných priestorov. Slabo spevnený až nespevnený piesočnatý materiál spomedzi stĺpovitých útvarov bol podrobený skúmaniu v SEM na základe čoho sme zistili, že tento materiál nenesie stopy prítomnosti kremitého tmelu ktorý by bol v procese arenizácie rozpúšťaný a ani samotné kremenné zrná nevykazujú žiadne známky naleptávania, či rozpúšťania. Na základe tohto pozorovania usudzujeme, že tieto polohy boli najviac spevnené iba v rámci spomínaných stĺpovitých útvarov. Vznik takýchto útvarov môže byť dôsledkom tzv. prstového prúdenia, resp. prúdenia lievikom (Liu et al. 1994), ktoré vzniká počas presakovania diagenetických roztokov z nadložnej vrstvy piesku s nižšou hydraulickou vodivosťou do vrstvy ktorej hydraulická vodivosť je vyššia. Nadložná vrstva je v dôsledku nižšej rýchlosti prúdenia nasýtená roztokmi v celom objeme, avšak pri prestupe do vrstvy pod ňou sa prúdenie zrýchli, ale už nevyplní celý medzizrnový priestor polohy, ale postupuje v podobe prstovitých prúdov. Roztoky prednostne postupujú v prúdoch, kde už bol piesok raz zmáčaný (Liu et al. 1994), a tým pádom dochádza k diagenéze iba v priestore týchto postupových ciest ktoré sú spevnené vo forme stĺpov.

Napriek tomu, že chemické zloženie kvarcivov je reprezentované z vyše 95 % SiO_2 , je pôvod kremenného tmelu za daných podmienok nejasný. Rozpustnosť SiO_2 ako kremeňa je za podmienok bežného rozsahu pH prírodných vôd nízka, čo sa prejavuje aj v súčasnosti relatívne nízkymi koncentraciami kremíka v analyzovaných vzorkách vôd (koncentračný rozsah 0,02–1,36 mg.l⁻¹ SiO_2 vo vzorkách vôd povrchových a podzemných tokov), teda kremeň, ako zdroj tmelu, je málo pravdepodobný. Odpoveďou na túto otázku môže byť pomerne hojný výskyt tzv. „barro rojo“ – červeného blata, čiže bahnotokov hrdzavočervenej farby. V materiáli týchto bahnotokov boli pomocou RTG difrakčnej analýzy potvrdené obsahy minerálov ako sú kaolinit, pyrofilit, illit, kremeň a goethit. „Barro rojo“ teda možno považovať za produkt zvetrávania polôh pieskovecov s vyšším podielom aluminosilikátov, v dôsledku intenzívneho rozpúšťania/



zvetrávaní alumosilikátov (v podstate lateritizácie) v prostredí kyslých vôd stolových hôr. Okrem týchto reliktovej však tieto polohy nezostali zachované, pravdepodobne boli z nadložia kvarcítov oderodované. V procese lateritizácie okrem vzniku horeuvedených sekundárnych minerálov prebieha prechod časti katiónov a kremíka vo forme kyseliny kremičitej do roztoku. Touto reakciou sa môže dostať do roztoku až desať a viacnásobné množstvo kremíka ako rozpúšťaním kremeňa, teda zdrojovým materiálom kremenného tmelu môže byť zvetrávanie alumosilikátových minerálov dnes už neexistujúcich piesčitých polôh.

Hypotéza vzniku stolových hôr

Podľa všeobecne akceptovaných predstáv stolové hory predstavujú relikty kedysi súvislého kvarcitého súvrstvia. Tejto predstave však protirečí fakt, že na Gran Sabane sa nikde nezachovali menšie skalné útvary a balvany okrem blízkeho okolia stolových hôr. Popritom sa však zachovali relikty diabázových telies ktoré sú voči zvetrávaniu v tropických podmienkach menej rezistentné ako sú kvarcity. Tento fakt nás priviedol k myšlienke, že stolové hory predstavujú pôvodné solitéry ktoré vznikli litifikáciou diagenetickými roztokmi presakujúcich cez piesčité polohy s väčším zastúpením primárnych alumosilikátov (živcov, slúď, prípadne iných) v miestach, kde existoval zdroj vody v pôvodne arídnych, resp. semiarídnych podmienkach. Tento zdroj mohli predstavovať jazerá, slepé ramená, delty alebo iné väčšie telesá povrchových vôd.

Záver

Primárnou úlohou vody v genéze stolových hôr a ich jaskynných systémov je tvorba diagenetických roztokov. V dôsledku rôznych hodnôt hydraulickej vodivosti v jednotlivých polohách pieskov došlo k nerovnakej distribúcii týchto roztokov a tým aj k nerovnomernej litifikácii jednotlivých polôh, čo vytvorilo predispozíciu k tvorbe jaskynných systémov v slabšie litifikovaných polohách. Zdrojom SiO_2 kremitého tmelu bola kyselina kremičitá uvoľnená do roztokov v procese zvetrávania primárnych alumosilikátov.

Miesta vzniku stolových hôr ako pôvodných solitérnych útvarov sú pravdepodobne viazané na miesta, kde boli pôvodne väčšie telesá povrchových vôd, ktoré boli zdrojom vody diagenetických roztokov v arídnych alebo semiarídnych podmienkach.

Pod'akovanie

Práca bola financovaná z grantov agentúr APVV (grant APVV 0251-07) a VEGA (grant č. 1/0246/08).

Literatúra

- Barton H., Suarez P., Muench B., Giarrizzo J., Broering M., Banks E. & Venkateswaran K. 2009. The alkali speleogenesis of Roraima Sur Cave, Venezuela, pp. 802-807. ICS 2009 – The 15th International Congress of Speleology Proceedings, Kerville, Texas, July 19–26, 2009.
- Brehm U., Gorbushina A. & Mottershead D. 2005. The role of microorganisms and biofilms in the breakdown and dissolution of quartz and glass. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 219: 117-129.
- Brieco H.O., Schubert C. & Paolini, J. 1991. Table-mountain Geology and Surficial Geochemistry: Chimantá massif, Venezuelan Guyana Shield. *Journal of South American Earth Sciences* 3: 179-194.
- Carreño R., Pérez W., Galán C., Herrera F., Astort J., Blanco F., Villareal O., Cura I. del, Pérez M.A. & García G. 2000. Los 6,1 km de la Cueva Roraima sur, Estado Bolívar: La cueva de mayor desarrollo en rocas cuarcífitas. *Bolletín informativo de la comisión de geospeleología, Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe – FEALC* 55: 27-28.
- Liu Y., Steenhuis T.S. & Parlange J.-Y. 1994. Formation and persistence of fingered flow fields in coarse grained soils under different characteristics in sands. *Journal of Hydrology* 159: 187-195.
- Martini J.E.J. 1979. Karst in Black Reef Quartzite near Kapsehoop, Eastern Transvaal. *Ann. South Afr. Geol. Surv.* 13: 115-128.
- Piccini L. & Mecchia M. 2009. Solution weathering rate and origin of karst landforms and caves in the quartzite of Auyan-tepui (Gran Sabana, Venezuela). *Geomorphology* 106: 15-25.
- Reis N.J. & Yanez G. 2001. O Supergrupo Roraima ao longo da faixa fronteirica entre Brasil-Venezuela (Sana Elena del Uairen – Roraima Mountain), pp. 113-145. In: Reis N.J. & Monteiro M.A.S. (eds.), *Contribuição a geologia da Amazonia, Volume 2: Manaus, Brazil, Sociedade Brasileira de Geologia*.
- Santos J.O.S., Potter P.E., Reis N.J., Hartmann L.A., Fletcher I.R. & McNaughton N.J. 2003. Age, Source, and Regional Stratigraphy of the Roraima Supergroup and Roraima-like Outliers in Northern South America Based on U-Pb geochronology, *GSA Bulletin* 115: 331-348.