

Opálové biospeleotémy z pieskovcovej jaskyne Cueva Charles Brewer, masív Chimantá, Venezuela – petrografická analýza (predbežné výsledky)

Roman Aubrecht – Charles Brewer-Carías – Branislav Šmíd

Úvod

Pri prieskume jaskyne Cueva Charles Brewer (Šmíd et al., 2004, 2005) boli nájdené speleotémy rôznych tvarov a foriem, ktoré boli zoradené do viac než 12 typov (Brewer-Carías, 2004) a z ktorých sme podrobnejšie petrograficky skúmali zatiaľ tzv. šampiňóny (Champignones), panáčiky (Muñecos), čierne koraly (Corales negros), pavučinové stalaktity (Telerañas) a guácimos (Obr. 1). Celkovo ide o výrazné formy, pozitívne vyčnievajúce z reliéfu, pričom všetky vykazujú znaky mikrobiálnej genézy. Niektoré nátekové formy z tejto jaskyne sú ešte v štádiu skúmania, avšak tie na rozdiel od tu ďalej rozoberaných sú podľa všetkého z väčšej časti abiogénneho pôvodu. Speleotémy boli skúmané v petrografických výbrusoch, a čerstvé povrhy, naleptané kyselinou fluorovodíkovou, boli skúmané pomocou riadkového elektrónového mikroskopu (SEM).



Obr. 1 Skúmané vzorky speleotém. Lavý obrázok – A/ panáčiky, B/ guácimos, C/ šampiňón, D, F/ nátekové chalcedónové formy, E/ čierny koral. Pravý obrázok – príerez panáčikom. Vidno dve základné zóny, typické pre všetky skúmané speleotémy okrem nátekových foriem: kolumnálny stromatolit (ks) a peloidálnu kriedovitú vrstvu (p).

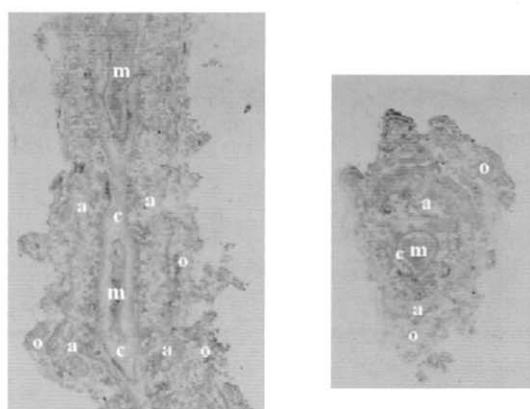
Zloženie speleotém

Napriek veľkému množstvu tvarov a foriem vykazujú skúmané výrazné rastové formy speleotém prekva-pujúco jednotnú stavbu, ktorá poukazuje na rovnakú genézu. Všetky speleotémy sú tvorené takmer čistým opálom, čiže amorfou formou SiO_2 s výraznou prímesou vody. V niektorých dutinkách bola nájdená aj polykryštalická forma v podobe chalcedónu. Rekryštalizácia na chalcedón až mikrokremeň je najpokročilejšia v plochých nátekových formách. Pozitívne formy speleotém sa skladajú z dvoch výrazných základných zón: 1. laminovaného kolumnálneho stromatolitu z nepóravitého kompaktného opálu, 2. silne póravitej zóny, tvorenej bielym práškovitým opálom podobným kriede, ktorý predstavuje akumuláciu mikrobiálnych peloidov. Niektoré speleotémy, ako napr. pavučinové stalaktity, obsahujú len prvú zónu, zatiaľ čo druhá zóna je najlepšie vyvinutá na panáčikoch a šampiňónoch. V čiernych koralloch prevláda prvá zóna, zatiaľ čo druhá

je tenká a vytvára v niektorých prípadoch medzivrstvičky v zóne č. 1. Detailný opis jednotlivých zón uvádzame na príklade opisov výbrusov z pavučinového stalaktitu a z panáčika. V elektrónovom mikroskopu bo študovaný hlavne materiál z čierneho korala, guácima a šampiňónu.

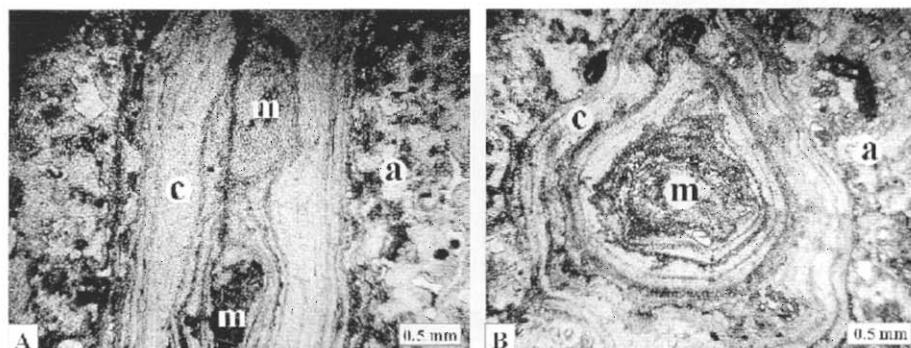
Petrografická analýza speleotém na základe štúdia výbrusov Pavučinový stalaktit (teleraňa)

Celý pavučinový stalaktit tvorí len zóna č. 1, čiže opálový laminovaný kolumnálny stromatolit. V ňom možno pri podrobnejšom skúmaní vyčleniť 4 zóny (Obr. 2). Dve vnútorné zóny sme pre lepšie rozlíšenie nazvali stredná zóna (m) a centrálna zóna (c); na ne nasadá alveolárna zóna (a) a vonkajšia zóna (o). Ako vidno na Obr. 2 (vľavo), stredná a centrálna zóna je v dvojrozmernom pohľade nesúvislá, čo môže byť spôsobené počiatocným stáčaním sa rastovej osi, ktorá neležala v jednej rovine. Stredná zóna je tvorená hnedastým, zakaleným až semiopakným silicitem, ktorý nemá výraznú lamináciu (pozn.: Farby sú udávané tak, ako sa javia pri štúdiu výbrusov, skutočné farby pri makroskopickom pozorovaní môžu byť odlišné.)



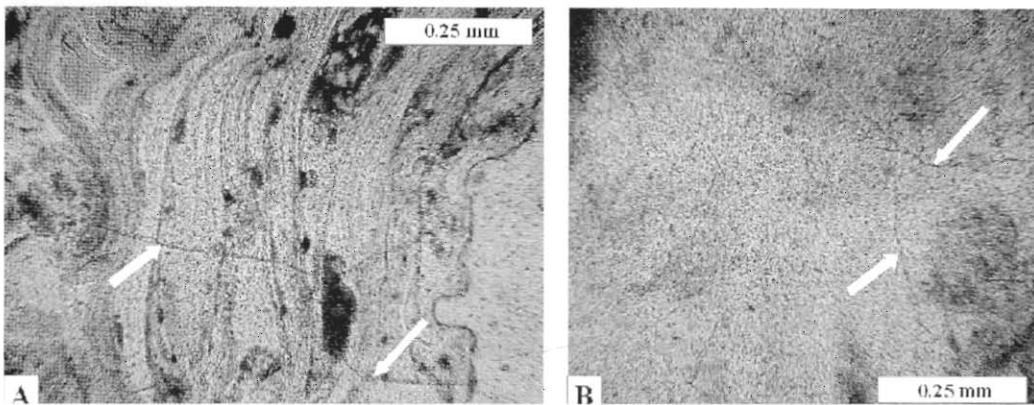
Obr. 2. Zoskenované priečne obrázky výbrusov z pavučinového stalaktitu. Vľavo – pozdĺžny prierez; vpravo – priečny prierez. Biele písmená označujú jednotlivé zóny: stredná zóna (m), centrálna zóna (c) a vonkajšia zóna (o). Dĺžka lavého výbrusu je 3,5 cm.

Na druhej strane centrálna zóna je tvorená jemne laminovaným opálom (silicitovery stromatolit), ktorý je oveľa priezračnejší (Obr. 3). Už v týchto dvoch vnútorných zónach pod veľkým zväčšením vidno pavučinové vlákna (Obr. 4). že sa jedná o vlákna, a nie drobné puklinky v opále, je zrejmé z toho, že útvary sú veľmi tenké a nesúvislé; často prebiehajú mimo roviny výbrusu, čiže nejedná sa o planárne, ale o lineárne útvary. Opálové médium je veľmi vhodné na konzerváciu organických zvyškov. Už najstaršie organizmy na Zemi sa zachovali práve v silicitoch (Schopf, 1993, 1994, Schopf & Packer, 1987).

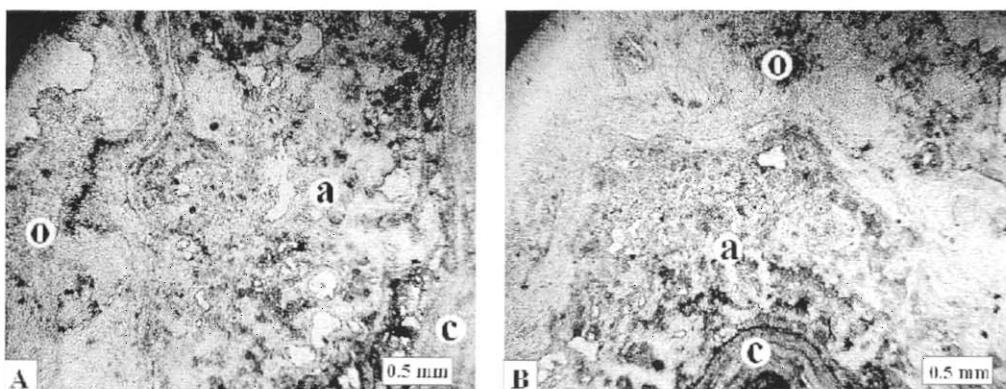


Obr. 3. Mikrofoto zo strednej a centrálnej zóny pavučinového stalaktitu. A – pozdĺžny prierez, B – priečny prierez (vysvetlivky sú vidieť na Obr. 2). Stredná zóna (m) je zakalená až semiopakná, zatiaľ čo centrálna zóna (c) je priesvitná a jemne laminovaná. Vidno tiež okraj alveolárnej zóny (a).

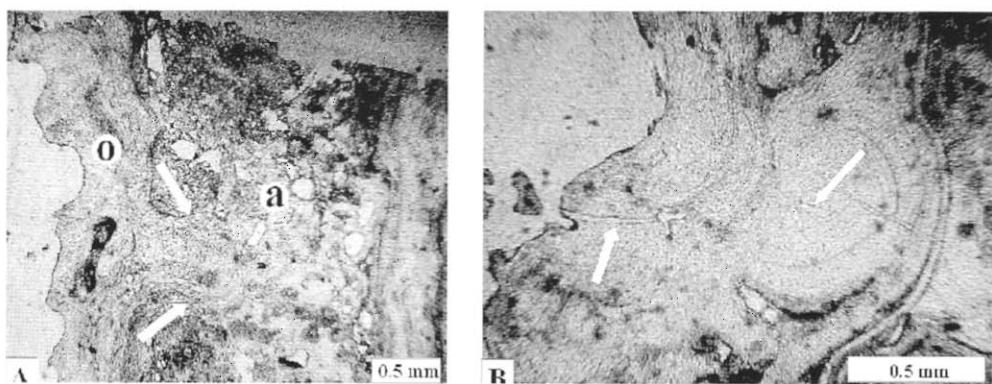
Alveolárna zóna (Obr. 5) sa skladá z bizarného až globulárneho laminovaného až zakaleného opálu, plného dutín alveolárneho tvaru (podľa petrografickej terminológie ich možno pripojiť k tzv. fenestrálnym pôrom, ktoré sú časté v plytkomorských intertidálnych stromatolitoch). Táto zóna obsahuje množstvo piesčitých kremenných zŕn, pochádzajúcich s najväčšou pravdepodobnosťou zo stropu jaskyne. Aj v tejto zóne vidno pavučinové vlákna.



Obr. 4. Pavučinové vlákna (označené šípkami) zachované v laminovanom (A) a čírom (B) opále centrálnej zóny.

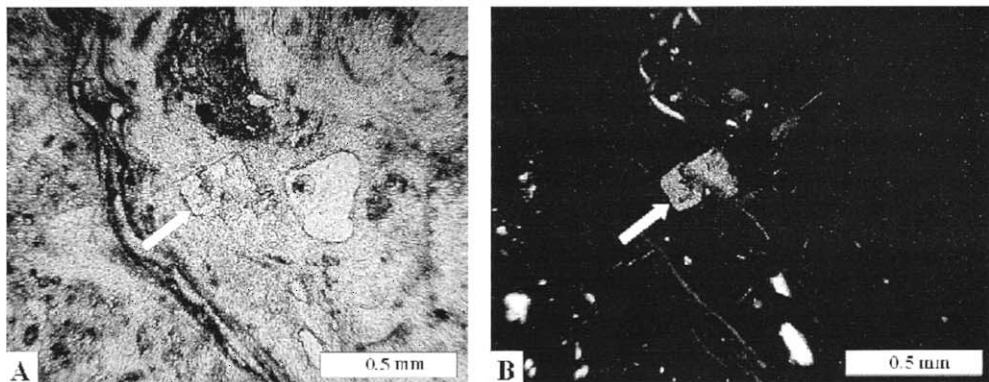


Obr. 5. Alveolárna zóna (A – pozdĺžny prierez, B – priečny prierez), ohraničená centrálnou zónou (c) a vonkajšou zónou (o). Za povšimnutie stoja bizarné fenestrálne póry a piesčité kremenné zrná, zachytené v tejto zóne pavučinového stalaktitu.



Obr. 6. A Výbežok stromatolitu vonkajšej zóny vypuklý smerom dovnútra stalaktitu (označený šípkami), naznačujúci, akoby stromatolit rástol smerom zvonku dovnútra. B – Pavučinové vlákna (šípky) v čírom laminovanom opále vonkajšej zóny.

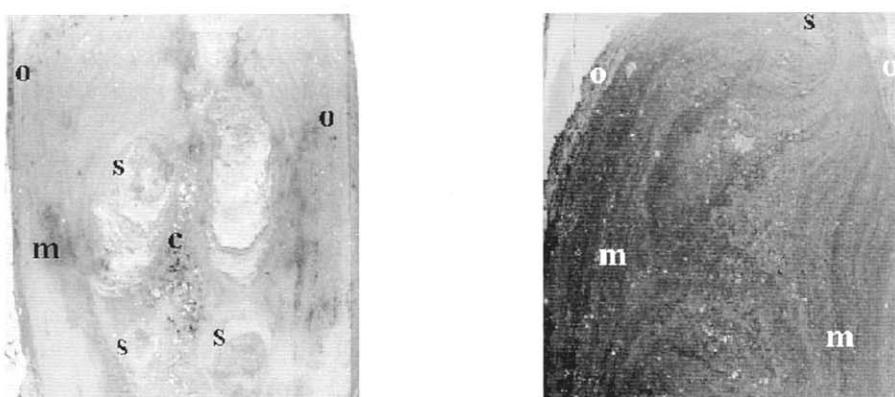
Vonkajšia zóna pozostáva prevažne z číreho (len miestami zakaleného), jemne laminovaného silicitu. Laminácia je niekedy vypuklá smerom dnu do stalaktitu (Obr. 6A), čo navodzuje dojem, akoby vrstvy stalaktitu rástli smerom zvonku dovnútra. Podobne ako v predchádzajúcich zónach, aj tu sú prítomné pavučinové vlákna (Obr. 6B). Táto zóna obsahuje oveľa menej fenestrálnych pór a piesčitých zŕn. Našli sa však aj idiomorfne zrná apatitu. (Obr. 7).



Obr. 7. Idiomorfne zrno apatitu (šípka) vo vonkajšej zóne pavučinového stalaktitu. A – polarizované svetlo, paralelné nikoly, B – to isté pri skrfzených nikoloch.

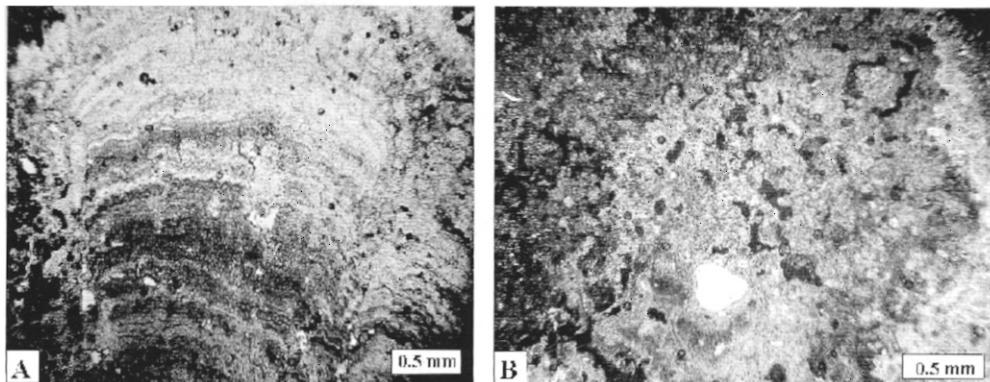
Panáčik (muñeco)

Prierez panáčikom vo výbruse ukazuje, že je tvorený tromi zónami (Obr. 8): vetveným silicitoym kolumnálnym stromatolitom (s), peloidállym mikrobialitom (m), ktorý tvorí väčšinu objemu, a tenkom vonkajšou stromatolitickou zónou (o). Medzi vtvami kolumnálneho stromatolitu sa dá ešte rozlísiť centrálna zóna (c), ktorá je podobná vrstve peloidálneho mikrobialitu, ale obsahuje aj fenestrálne póry a početné zachytené piesčité zrná kremeňa.

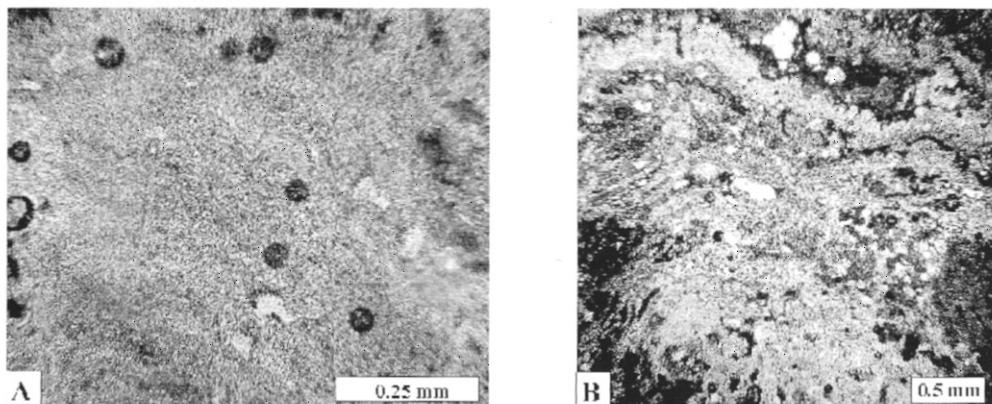


Obr. 8. Zoskenované výbrusy panáčika zobrazeného na Obr. 1 vpravo (dlhšia strana výbrusov je 3,5 cm dlhá) v pozdĺžnom (vľavo) a v priečnom priereze (vpravo). Zóny viditeľné vo výbrusoch sú: s – kolumnálny stromatolit, m – laminovaný peloidálly mikrobialit, o – vonkajšia stromatolitová zóna, a c – centrálna peloidálna zóna s fenestrálnymi pórmi a piesčitou prímesou.

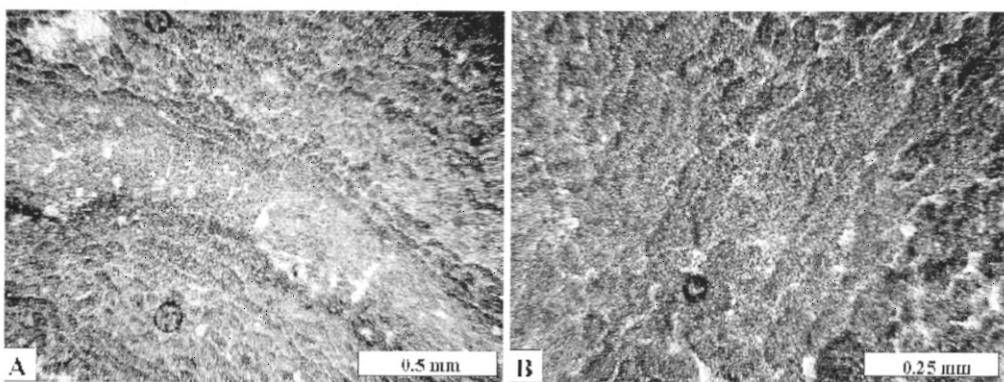
Kolumnálny stromatolit je pravidelne jemne laminovaný, so striedaním sa čírych a zakalených (hnedastých) lamín (Obr. 9A). V tangenciálnom priereze majú laminované útvary alveolárny tvar (Obr. 9B). V niektorých častiach stromatolitu vidno hustú sieť radiálnych až paralelných vláken (Obr. 10A). S najväčšou pravdepodobnosťou predstavujú vlákna mikróbov, ktoré stromatolit vytvorili. Miestami sa vyskytujú aj bublinovité uzavreniny organického pôvodu (Obr. 10B).



Obr. 9. A – pozdĺžny prierez silicitovým kolumnálnym stromatolitom. B – tangenciálny prierez kolumnálnym stromatolitom odhalujúcim jeho alveolárnu štruktúru v tomto priereze.



Obr. 10. A – zväčšená časť kolumnálneho stromatolitu s tenkými radiálnymi vláknenami mikrobiálneho pôvodu, pretínajúcimi stromatoliticú lamináciu. B – apikálna časť kolumnálneho stromatolitu s množstvom malých bublinkovitých teliesok zachytených medzi laminami.

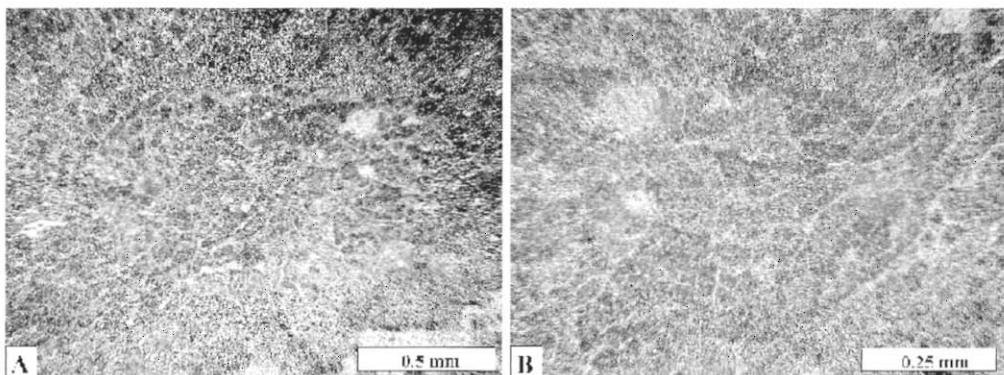


Obr. 11. (na predchádzajúcej strane) A – koncentrické laminy peloidov (pravdepodobne mikrobiálnych). B – detailný pohľad na peloidy.

Zóna peloidálneho mikrobialitu sa skladá z ovoidálnych peloidov pomerne rovnakého tvaru. Sú usporiadane

nahusto v koncentrických laminách (Obr. 11). V blízkosti kolumnálneho stromatolitu sú usporiadane menej husto, s medzirnovými pôrmi prázdnymi, alebo vyplnenými čírym opálom. Veľkosť peloidov sa pohybuje od 0,1 do 0,3 mm.

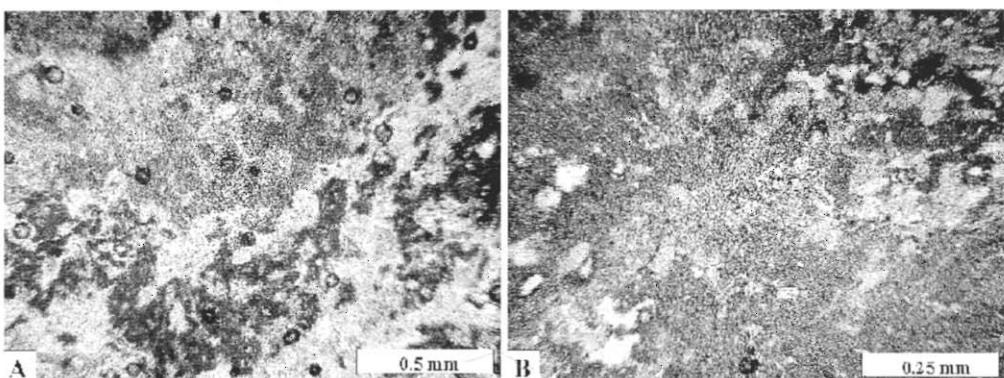
Miestami peloidy s dobre definovaným tvarom prechádzajú do ostrovčekov, kde sa peloidálna štruktúra mení a masa nadobúda štruktúru v priereze pripomínajúcu trhliny vysychania (Obr. 12).



Obr. 12. A – pohľad na časť peloidálnej zóny so štruktúrou pripomínajúcou trhliny vysychania. B – detail z predošlého.

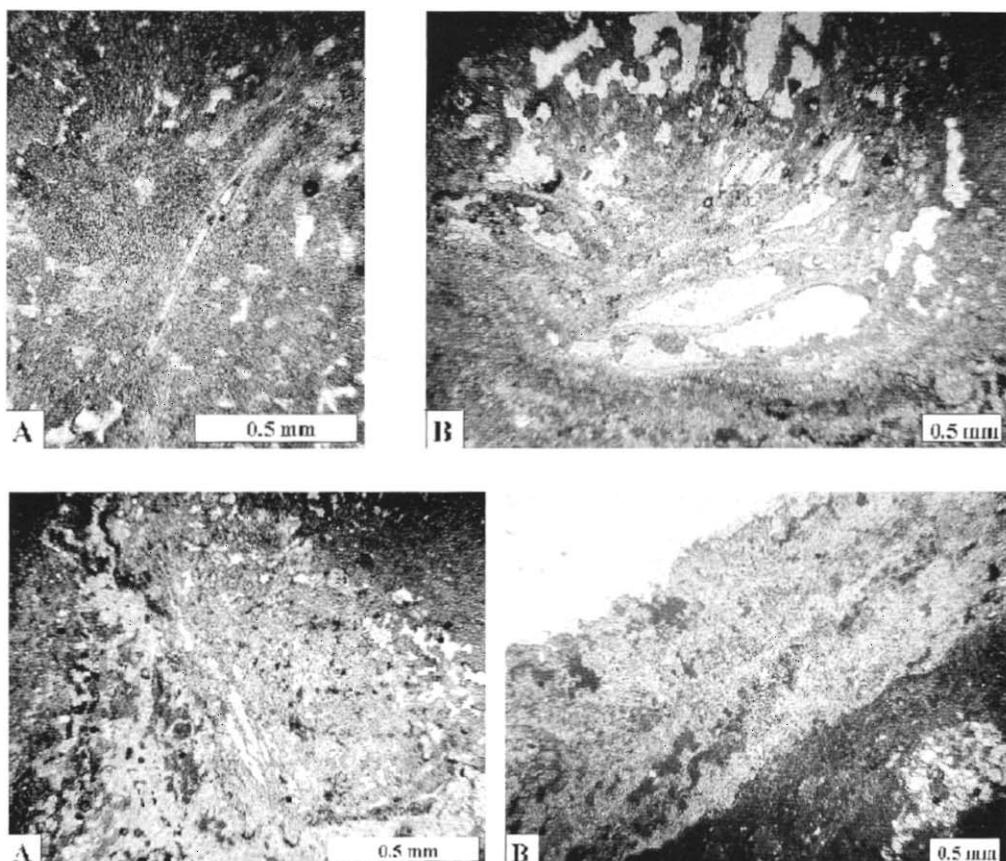
V centrálnej zóne speleotémy je peloidálna štruktúra tiež porušená fenestrálnymi pôrmi a zachytenými piesčitými zrnami kremeňa (Obr. 13). V tejto zóne sa ojedinele vyskytujú aj silicifikované organické zvyšky, ktoré môžu pochádzať zo zvyškov hmyzu, pavúkov, alebo rastlín. Vo výbruse sa javia ako tenké rúrkovité prierezy (Obr. 14A) a zhluky priečradok a rúrok (Obr. 14B, 15A).

Tenká vonkajšia zóna je opäť tvorená laminovaným silicitovým stromatolitom, so striedajúcimi sa čírymi a zakalenými laminami (Obr. 15B). Miestami sa v tejto zóne tiež vyskytujú vlákna pripomínajúce pavučiny, podobne ako v pavučinovom stalaktite.



Obr. 13. Dva pohľady na centrálnu zónu, tvorenú peloidmi, fenestrálnymi pôrmi a zachytenými kremennými piesčitými zrnami.

Obr. 14. (Na nasledujúcej strane) Silicifikované zvyšky organických štruktúr, pravdepodobne pochádzajúci z hmyzu, pavúkov alebo rastlín, zachytených v centrálnej zóne (pozdĺžny prierez panáčikom).

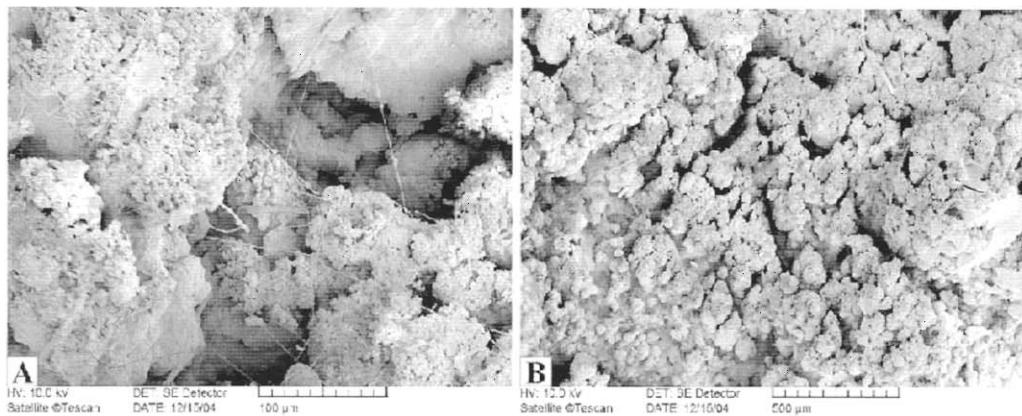


Obr. 15. A – Zhluk silicifikovaných organických štruktúr v centrálnej zóne (prierez priečny na priebeh speleotém). B – Okrajový povlak panáčika tvorený laminovaným silicítovým stromatolitom.

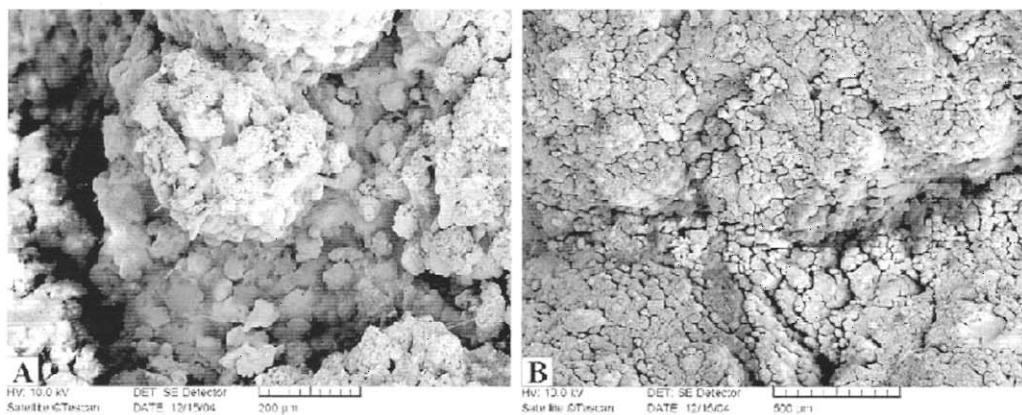
Štúdium speleotém pomocou SEM

Pomocou SEM sme študovali kúsky speleotém, ktoré predstavovali zvyšky pri výrobe výbrusov. Mäkké časti kriedovitej peloidálnej vrstvy, ako aj povrch apikálnej časti speleotém v rastovej pozícii (guácimo, čierny korál) boli študované v čerstvom stave alebo na lomovej ploche, zatiaľ čo laminovaný kompaktný opálový stromatolit bol študovaný po naleptaní zriadenou kyselinou fluorovodíkovou (čas leptania: 1 deň). Leptania kriedovitej peloidálnej vrstvy neboli úspešné, napäťko leptaním došlo k rýchlemu rozpusteniu materiálu, ktorý je menej odolný než kompaktný silicít. Štúdium SEM snímok potvrdilo a v niektorých prípadoch objasnilo fenomény, pozorované vo výbrusoch.

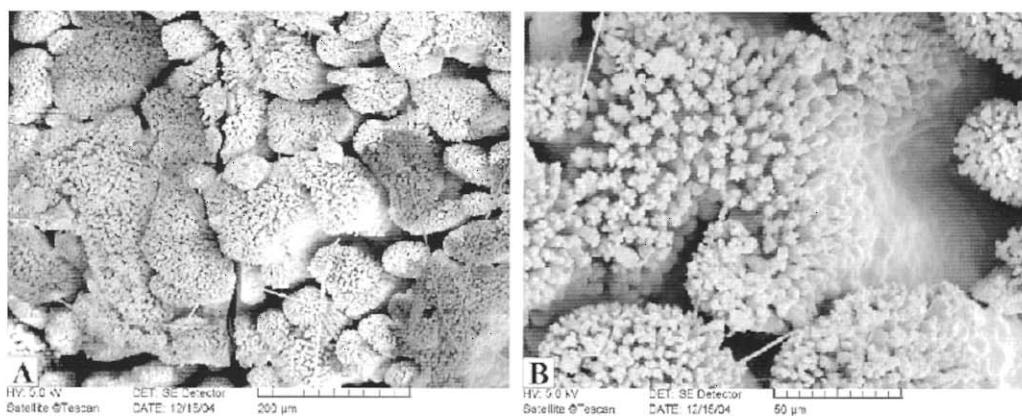
Pozorovania povrchov apikálnych častí čierneho korálu a guáciam sa ukázali, že aj na ich vzniku sa podieľali pavúky, napäťko na povrchu sú jasne zreteľné vlákna pavučin, zachádzajúcich do speleotém (Obr. 16). Aj z pozorovaní v práci Brewer-Carías (2004) vyplýva, že aj na stalagmitových formách, nielen na pavučinových stalaktitech, bola zaznamenaná prítomnosť a aktívita pavúkov. Samotné rastové povrchy týchto speleotém sa v SEM java často ako aglutinované z detritického materiálu (Obr. 17A), alebo sú tvorené bizarnými alveolárnymi mikrobiálnymi útvarami (Obr. 17B), ktoré vo výbrusoch potom v cementovanom stave vidno v centrálnom stromatolite v častiach tvorených vláknitými mikróbmi (Obr. 9). Jednotlivé povrchové mikrobiálne útvary pri veľkom zväčšení pripomínajú koraly (Obr. 18) a sú vlastne zmenšenou kópiou makroskopicky viditeľného povrchu, čiže sú rastené podľa matematického zákona mandelbrotovej rovnice. Tento fakt si všimol už Brewer-Carías (2004). Podľa všetkého ide o zakončenia, z ktorých vybiehajú živé vlákna mikróbov, ktoré tvoria aktívnu, živú časť stromatolitu.



Obr. 16. A – povrch rastovej časti čierneho koralu s vláknami pavučín, vybiehajúcich zo silicitu. B – alveolárny povrch rastovej časti s tenkými vláknami pavučín.

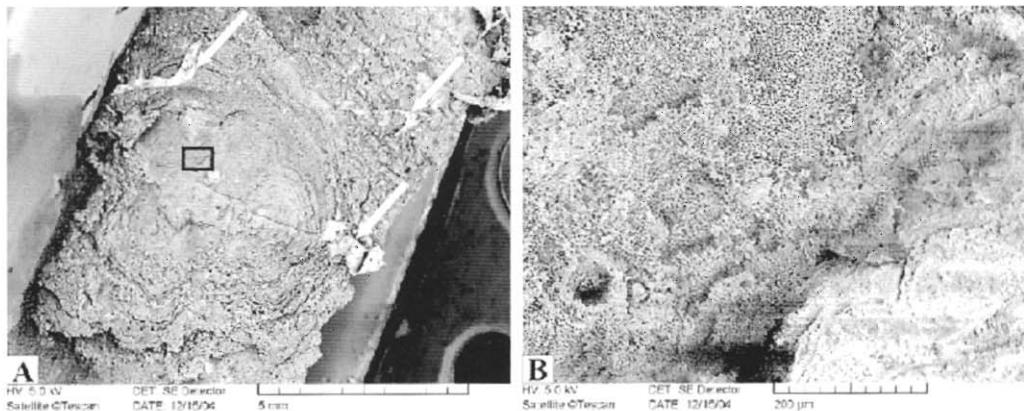


Obr. 17. A – povrch rastovej časti speleotémy, tvorený aglutinovaným detritickým materiálom. B – iná časť povrchu, tvorená alveolárnymi bizarnými mikrobiálnymi útvarami, predstavujúcimi pravdepodobne povrch stromatolitu, tvoreného vláknotími mikróbmi.

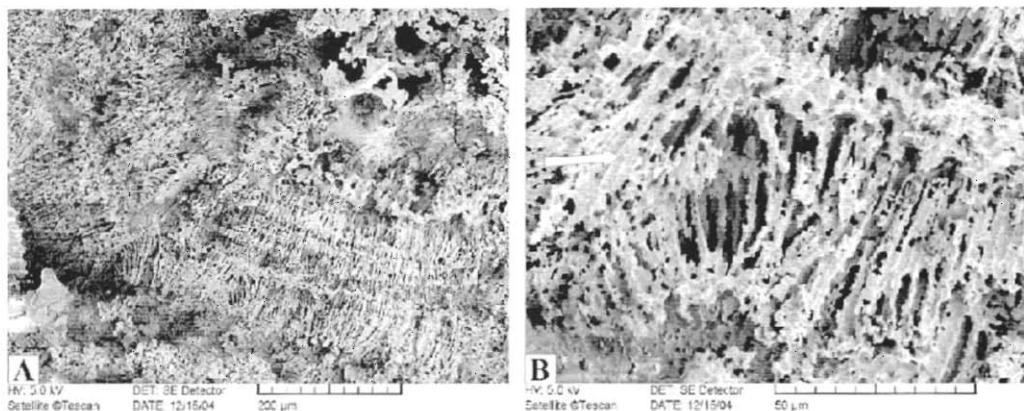


Obr. 18. Zväčšený mikrobiálny alveolárny povrch z obr. 17B, pripomínajúci drobné koralovité útvary. Vidno aj pavučinové vlákna vybiehajúce z povrchu speleotémy.

Štúdium naleptaných povrchov centrálnego opálového stromatolitu ukázalo, že je z väčšej časti tvorený tenkými koncentrickými laminami, ktoré môžu byť aj abiogénneho pôvodu (Obr. 19A), vyzrážané priamo z vodných roztokov. Hojne sa však vyskytujú husté tenké paralelné rúrky (Obr. 19B, 20), ktoré patria vláknitým mikróbom, ktoré boli zaznamenané už pri výbrusovom štúdiu. Ide s najväčšou pravdepodobnosťou o tie isté mikróby, ktoré tvoria na povrchu alveolárne útvary (viď vyššie). Mikróby najviac pripomínajú vláknité cyanobaktérie z radu *Oscillatoriales* (Golubic, 1976a, str. 135).

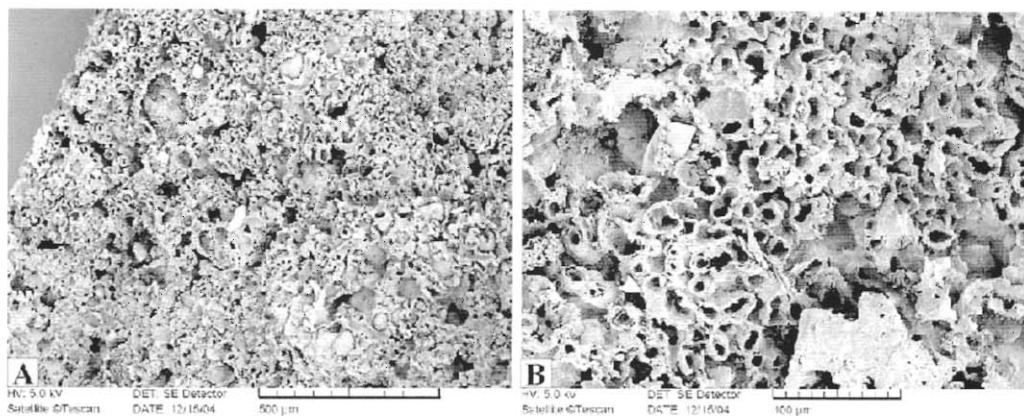


Obr. 19. A – Naleptaný priečny prierez vetvou čierneho korala pri menšom zväčšení. Je tvorený z väčšej časti koncentrickými laminami opálu. Na naleptanom povrchu vidno lístkovité štruktúry (šípky), ktoré pripomínajú artefakty, ale vybiehajú priamo zo speleotémy. Pravdepodobne ide o organické štruktúry (možno zvyšky rastlinného pletiva), zachytené v stromatolite. Čierny obdĺžnik označuje oblasť zväčšenú na obr. 19B. B – Pôry predstavujúce priečne prierezy rúrkovitými útvarami, ktoré sú pravdepodobne výliatkami po vláknitých mikróboch (pravdepodobne cyanobaktérií z radu *Oscillatoriales*).

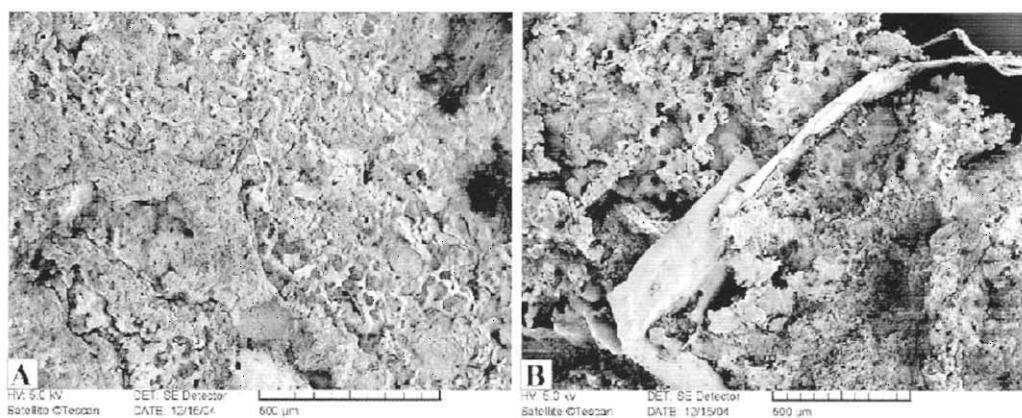


Obr. 20. A – Pozdĺžne prierezy rúrok po vláknitých mikróboch na naleptanom povrchu centrálneho stromatolitu. B – to isté pri väčšom zväčšení. Na vnútorenej strane niektorých rúrok vidno odtlačky pravidelných rebierok, naznačujúcich, že vlákna, z ktorých sa mikróby skladajú, sú mierne článkovane.

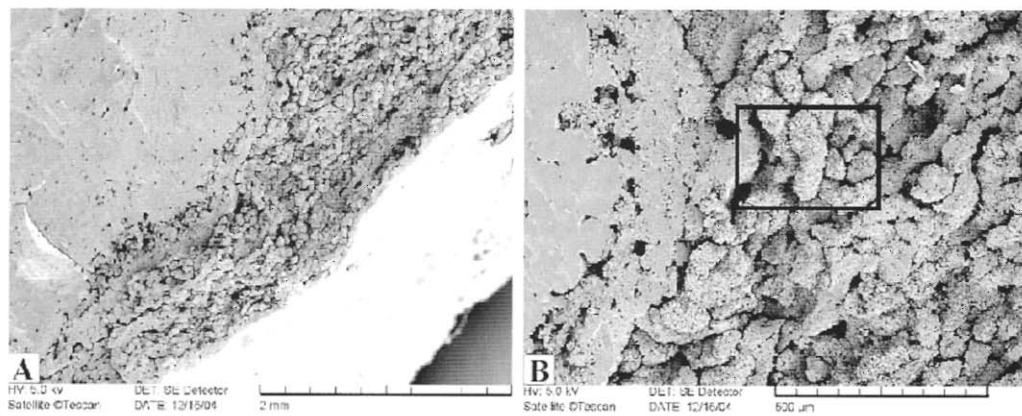
Miestami sa vyskytujú aj nepravidelné dvojvrstvové prierezy rúrok mikróbov väčších rozmerov (Obr. 21), pripomínajúce výliatky stielok cyanobaktérií *Cyanostylon* (viď Golubic, 1976, Pl.I, obr. 5). Na iných miestach po naleptaní vidno nepravidelné útvary, vytvárajúce sieťovitú štruktúru (Obr. 22A). Tieto pravdepodobne tiež súvisia s mikrobiálnou činnosťou a spolu vytvárajú alveolárnu zónu kolumnálneho stromatolitu. Iné lístkovité útvary, vybiehajúce po naleptaní z opálu (Obr. 19A, 22B), sú pravdepodobne zvyšky rastlinných pletív, alebo chitínové zvyšky hmyzu.



Obr. 21. Nepravidelné dvojvrstvové prierezy rúrok, predstavujúcich výliatky vláknitých mikróbov podobných cyanobaktériám rodu *Cyanostylon*. Naleptaný povrch priečneho prierezu čierneho korala.



Obr. 22. A – Nepravidelné útvary vytvárajúce sietovitú štruktúru, spoluvytvárajúce alveolárnu zónu kolumnálneho stromatolitu. B – Lístkovité útvary zasadené v opále. Pravdepodobne ide o zvyšky rastlinných pletív, alebo chitínové zvyšky hmyzu.

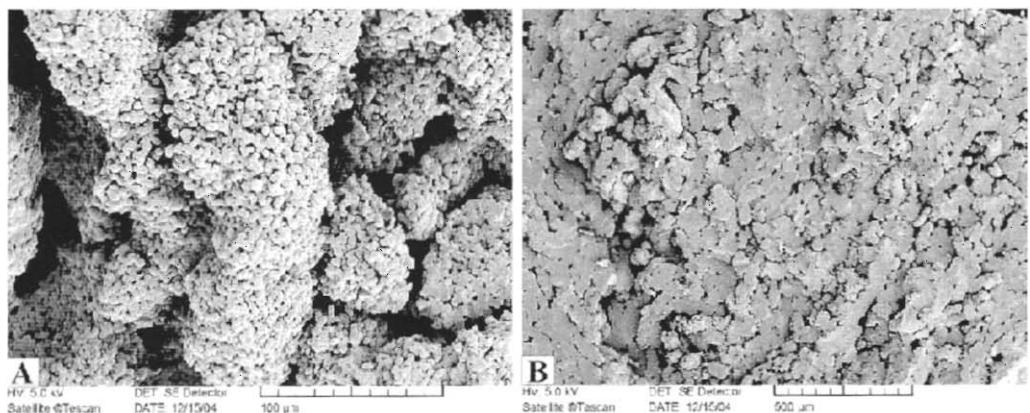


Obr. 23. A – Povrch lomovej vrstvy čierneho korala, odhalujúci peloidálnu vrstvu umiestnenú medzi dve cementované vrstvy kompaktného stromatolitu. Peloidálna vrstva je okrem vnútorného okraja tejto vrstvy

(vrchná ľavá strana peloidálnej polohy) slabo postihnutá cementáciou. B – detail z predošlého. (Obdĺžnik označuje časť zväčšenú na Obr. 24A.)

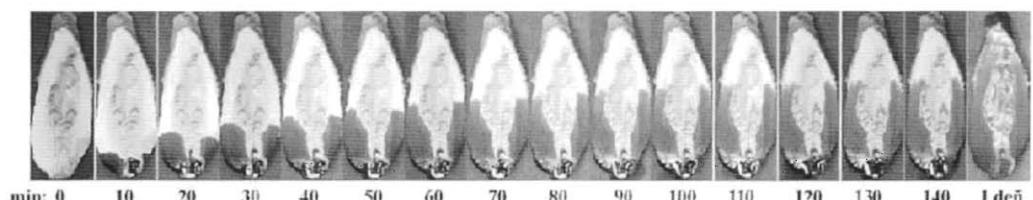
Štúdium lomových plôch čierneho korala a šampiňónu odhalilo štruktúru peloidálnej vrstvy (Obr. 23, 24). Peloidy sú s najväčšou pravdepodobnosťou produkty kokálnych baktérií, avšak ich zvyšky sa ani pri veľkom zväčšení nedajú dobre rozoznať (Obr. 24A).

Na povrchu peloidov vidno len drobné silicitové sférulky nie veľmi pravidelného tvaru. Na rozdiel od ostatných mikrobiálnych útvarov v kompaktnom stromatolite si peloidálna vrstva zachováva len mierne dia-geneticky spevnený charakter. Peloidy sú prevažne voľne uložené, s voľnými pôrmi medzi nimi. V prípade cementácie sa hranice peloidov stierajú, ale porozita ostáva ešte značná (Obr. 24B).



Obr. 24. A – Zväčšený peloid z Obr. 23B, na jeho povrchu vidno drobné nepravidelné silicitové sférulky. B – Časť peloidálnej vrstvy, ktorá podľahla rozsiahlejšej cementácií opálom. Napriek tomu si ešte zachováva značnú pôrovitost.

Na rozsiahlu pôrovitosť zachovanú v peloidálnej vrstve poukazuje aj experiment, pri ktorom bol rozrezaný panáčik (viď Obr. 1 vpravo), namočený na 1 deň spodnou časťou do atramentu. Už po niekoľkých hodinách atrament vystúpil až do samotných apikálnych častí speleotémy a vytvoril na jej povrchu vlhký povrch (Obr. 25). Toto laboratórne pozorovanie sa dobre zhoduje s pozorovaním, ktoré urobil Brewer-Carias (2004) priamo v jaskyni, kde bo povrch speleotém vlhký a dokonca na vrchole vztýčených speleotém sa vyskytovali kvapky vody.



Obr. 25. Výsledky experimentu s farbením rozrezaného panáčika atramentom. Vidno, že kvapalina sa kapilárnymi silami dokáže cez peloidálnu vrstvu už po niekoľkých hodinách dostať až do apikálnych častí tejto speleotémy. Menej sfarbený ostal len centrálny kolumnálny stromatolit, ktorý je zväčša tvorený kompaktným silicitem.

Diskusia

Študovaný materiál poukazuje na to, že vztýčené speleotémy v jaskyni Cueva Charles Brewer sú z veľkej časti vytvorené súčinnosťou mikróbov a čiastočne aj mnohobunkovcov (pavúkov) a zaslúži si názov "biospeleotémy", ktorý navrhuje Brewer (2004). Silicitové speleotémy sú známe z viacerých silikátových jaskýň po celom svete (Webb & Finlayson, 1984, Wray, 1999, Léveillé et al., 2000, Gradziński & Jach, 2001, Willems et al., 2002), ale priamo aj

z pieskovcových jaskýň vo Venezuela (Urbani, 1976, 1996). Väčšina výskumníkov rozoznala aj ich mikrobiálny pôvod. Vo všetkých doterajších prípadoch však ide o malé výskyty, väčšinou len niekoľko milimetrové náteky. Hill & Forti (1986, str. 105) uvádzajú ako najväčší 28 cm veľký opálový stalagnát z lávovej jaskyne Bilemat Kul v Kórei. Najpodobnejšie nami skúmaným speleotémam sú tzv. koraloidy (Swartzlow & Keller, 1937), ktorých veľkosť však podľa literatúry dosahuje maximálne 2 cm (Hill & Forti, 1986, str. 104). Nami skúmané speleotemy často dosahujú veľkosť vyše 10 cm. Oveľa rozsiahlejšie opálové sintre sú známe z horúcich prameňov a gejzírov; aj tieto obsahujú hojné mikrobiálne asociácie, v ktorých dominujú cyanobaktérie, čiže fototrofné organizmy (napr. Jones et al., 2001, Konhauser et al., 2001, Konhauser et al., 2003 a i.). Fototrofné organizmy v podobe rozsieievok (Diatomaceae) boli zistené aj ako súčasť koraloidných speleotém v Japonsku (Kashima et al., 1987, Kashima & Ogawa, 1995). Tieto speleotemy sa však nachádzali blízko vchodu, zatial čo nami skúmané speleotemy pochádzajú z hlbokých častí jaskyne. Práve preto prekvapuje, že na zložení centrálneho kompaktného stromatolitu sa podielajú pravdepodobne cyanobaktérie radu *Oscillatoriales*, ktoré pripomínajú rody *Phormidium* (alebo *Calothrix*?) a *Cyanostylon*. Presné určenie mikróbov en na základe silicifikovaných zvyškov a odtačkov je takmer nemožné (Konhauser et al., 2003), nakoľko na identifikáciu cyanobaktérií je potrebné určiť asi 37 charakteristík, ktoré zahŕňajú napr. morfológiu bunky, ultraštruktúru, morfológiu kolónií alebo filamentov, genetické charakteristiky (DNA), podmienky kultivovania a podmienky života (Castenholz, Waterbury, 1989). My máme k dispozícii len morfológiu kolónií. Biologickým výskumom mikróbov z opálových speleotém z podobnej pieskovcovej jaskyne na mesete Sarisariñama (Cueva de los Guácharos) sa zaoberala Kunicka-Goldfinger (1976), ktorá v kultivovaných vzorkách zistila prítomnosť heterotrofných baktérií *Atrhrobacter*, *Corynebacterium*, *Bacillus* a *Pseudomonas*. Okrem toho objavila aj *Azotobacter*, ktorý fixuje dusík a nejaké *Cytophaga*, živiacie sa rozkladom rastlinných pletív. Z autotrofných baktérií zistila nitrifikačné baktérie a *Thiobacillus ferrooxidans*. Ako vidno, v skúmanom spoločenstve nie je ani zmienky o cyanobaktériach. Väčšina mikrobiálnej flóry v Cueva de los Guácharos je zameraná na rozklad výlučkov netopierov a vtákov guácharos, ako aj nimi prinesených zvyškov rastlinných plodov. Na akom základe je založená ekológia mikróbov v Cueva Charles Brewer, je zatial otázne. Peloidálna vrstva skúmaných speleotém môže byť tvorená heterotrofnými (možno chemotrofnými) baktériami. Ako však vysvetliť zrejmú prítomnosť cyanobaktérií v centrálnom stromatolite? Prítomnosť inak fototrofných cyanobaktérií nie je až taká prekvapujúca, ako by sa mohlo zdáť. Cyanobaktérie neznášajú priame slnečné svetlo, ktoré môže poškodiť ich bunky (Vincent & Roy, 1993, Quesada & Vincent, 1997). Niektoré sa dokonca pred priamym svetlom chránia zavŕtaním sa do podkladu až do hĺbok so zníženým osvetlením. U rodov *Fisherella* a *Calothrix* bolo dokonca zistené, že sú schopné pomalého chemo-heterotrofného rastu aj v úplnej tme (Whitton, 1987). Je zrejmé, že aj v jaskyni Cueva Charles Brewer došlo k ich adaptácii na heterotrofný spôsob života. Na objasnenie mikrobiálnej ekológie jaskyne sú nevyhnutné potrebné mikrobiologické výskumy, ako aj výskum presakujúcej a tečúcej vody v jaskyni, ktorá by mala dať odpoveď na otázku, čo je hlavným zdrojom energie a výživy v tomto miniekosystéme. Zrejme nejde len o látky rozpustené vo vode, ale môže ísť aj o zvyšky rastlín a živočíchov, prinesených vodou, ako tomu nasvedčujú prinesené rastlinné pletivá zachytené v stromatolitoch. Nejasná a v literatúre zatial neopísaná je úloha pavúkov na tvorbe speleotém. Nevedno, či speleotemy len pasívne využívajú pavučiny ako podpornú konštrukciu pri raste (Brewer-Carías, 2004 dokonca spomína stalaktity vyhnuté v smere prieavanu, čo prisudzuje rastu speleotém pozdĺž pavučinových vláken), alebo či majú pavúky priamu účasť na mikroekosystéme speleotém. Ich aktívita bola totiž naznamenaná na väčšine speleotém, čomu nasvedčujú aj pavučinové vlákna, nájdené na ich povrchu. Nejasné je tiež, čím sa pavúky v hlbkach jaskyne živia. Je možné, že mikroekosystém založený na mikróboch využíva aj drobnejší hmyz (vzorky prinesené do laboratória sa ešte stále hemžili veľmi drobným hmyzom!), ktorým sa môžu živiť pavúky. Podobný ekosystém by bol nesporne unikátnym príkladom ekologickej adaptácie.

Záver

Skúmané speleotemy z jaskyne Cueva Charles Brewer sú z väčšej časti mikrobiálneho pôvodu a môžu byť nazvané ako *biospeleotemy*. Napriek ich veľmi rôznorodému tvaru je ich základná stavba a genéza rovnaká. Speleotemy sa skladajú z centrálneho laminovaného stromatolitu, ktorý je kompaktný a kompletnie silicifikovaný. Na jeho stavbe sa podielajú najmä vláknité cyanobaktérie. Centrálny stromatolit je na niektorých speleotémach pokrytý ďalšou vrstvou z mikrobiálnych peloidov, ktoré sú pravdepodobne vytvorené heterotrofnými kokálnymi baktériami. Táto vrstva je pôrovitá a dokáže kapilárnymi silami viesť vodu až do výšky viac než 10 cm, tak, že sa voda dostáva až na povrch speleotém do miest, kde pravdepodobne aktívne žijú mikróby. Týmito sa môže živiť drobný hmyz, ktorý je zase potravou pre pavúky. Pavučinové vlákna boli nájdené na väčšine skúmaných speleotém a môžu slúžiť aj ako podporná konštrukcia pri raste speleotém.

Podakovanie: Niektoré výbrusy a SEM analýzy boli hradené z grantu VEGA č. 1/2027/05, ďalšie zo súkromných prostriedkov.

Použitá literatúra

- Brewer-Carías, Ch. (2004): Las espeleotemas de la Cueva Charles Brewer. Manuscript, 37.
- Castenholz, R. W. & Waterbury, J. B. (1989): Group I. Cyanobacteria. In: Stanley, J. T., Bryant, M. P., Pfennig, N. & Holt, J. G. (eds.): Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams and Williams, Baltimore, 3, 1710–1727.
- Gubic, S. (1976): Organisms that build stromatoites. In: Walter, M. R. (ed.): Stromatolites. Developments in Sedimentology 20, Elsevier, 113–126.
- Gubic, S. (1976a): Taxonomy of extant stromatolite-building cyanophytes. In: Walter, M. R. (ed.): Stromatolites. Developments in Sedimentology 20, Elsevier, 127–140.
- Gradziński, M. & Jach, R. (2001): Jaskinie lawowe – zarys problematyki. Przegl Geol., 49, 12, 1191–1196.
- Jones, B., Renault, R. W. & Rosen, M. R. (2001): Microbial Construction of Siliceous Stalactites at Geysers and Hot Springs: Examples from the Whakarewarewa Geothermal Area, North Island, New Zealand. Palaeo, 16, 73–94.
- Kashima, N., Teruo, I. & Kinoshita, N. (1987): Diatom, contributors of coraloid speleothems, from Togawa-Sakaidani-do Cave in Miyasaaki prefecture, Central Kyushu. Japan Int. J. Spel., 16, 95–100.
- Kashima, N. & Ogawa, T. (1995): A note on biogenic effect of coraloid speleothems in Round Mountain Lava Cave, Oregon, U.S.A. J. Spel. Soc. Japan, 19, 8–12.
- Konhauser, K. O., Phoenix, V. R., Bottrel, S. H., Adams, D. G. & Head, I. M. (2001): Microbial-silica interactions in Icelandic hot spring sinter: possible analogues for some Precambrian siliceous stromatolites. Sedimentology, 48, 2, 415–433.
- Konhauser, K. O., Jones, B., Reisenbach, A.-L. & Renault, R. W. (2003): Hot spring sinters: keys to understanding Earth's earliest life forms. Can. J. Earth Sci., 40, 1713–1724.
- Kunicka-Goldfinger, W. (1982): Preliminary observations on the microbiology of karst caves of the Sarisariñama plateau in Venezuela. Bol. Soc. Venezolana Espeleol., 19, 10, 133–136.
- Léveillé, R. J., Fyfe, W. S. & Longstaffe, F. J. (2000): Geomicrobiology of carbonate-silicate microbialites from Hawaiian basaltic sea caves. Chemical Geology, 169, 339–355.
- Schopf, J. W. (1993): Microfossils of the early Archean Apex chert: New evidence of the antiquity of life. Science, 260, 640–646.
- Schopf, J. W. (1994): The oldest known records of life: Early Archean stromatolites, microfossils, and organic matter. In: Bengtson, S. (ed.): Early life on Earth. Columbia University Press, New York, 270–286.
- Schopf, J. W. & Packer, B. M. (1987): Early Archean (3.3-billion-year-old) microfossils from Warrawoona Group, Australia. Science, 237, 70–72.
- Swartzlow, C. R. & Keller, W. D. (1937): Coralloidal opal. J. Geol., 45, 101–108.
- Šmídá, B., Audy, M., Mayoral, F. & Carnicer, L. A. (2004): Expedícia Chimantá 2004, alebo objavovanie Cueva Charles Brewer – najväčšej kvarcitojnej jaskyne sveta. Spravodaj SSS, 35, 2 (Slovenská speleologická spoločnosť), Liptovský Mikuláš, 3–14.
- Šmídá, B., Audy, M. & Mayoral, F. (2005): Cueva Charles Brewer: largest quartzite cave in the world. NSS News, January 2005, 13–31.
- Urbani, F. (1976): Opalo, calcedonia y calcita en la cueva del Cerro Autana (Am.11), Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Bol. Soc. Venezolana Espeleol., 7, 14, 129–145.
- Urbani, F. (1996): Venezuelan cave minerals: a review. Bol. Soc. Venezolana Espeleol., 30, 1–13.
- Webb, J. A. & Finlayson, B. L. (1984): Allophane and opal speleothems from granite caves in south-east Queensland. Australian J. Earth. Sci., 31, 341–349.
- Whitton, B. A. (1987): The biology of *Rivulariaceae*. In: Fay, P. & van Baalen, C. (eds.): The cyanobacteria – a comparative review. Elsevier, Amsterdam, 513–534.
- Willems, L., Compere, Ph., Hatert, F., Puclet, A., Vicat, J. P., Ek, C. & Boulvain, F. (2002): Karst in granitic rocks, South Cameron: cave genesis and silica and taranakite speleothems. Terra Nova, 14, 355–362.
- Wray, R. A. L. (1999): Opal and chalcedony speleothems on quartz sandstones in the Sydney region, southeastern Australia. Australian J. Earth Sci., 46, 4, 623–632.

Roman Aubrecht

Katedra geológie a paleontológie,
Prírodovedecká fakulta
Univerzity Komenského,
Mlynská dolina, pav. G, 842 15
Bratislava, Slovensko.
E-mail: Aubrecht@fns.uniba.sk

Charles Brewer-Carías

Edif Torre America PH-B, Ave.
Venezuela, Bello Monte, Caracas,
Venezuela.
E-mail: charlesbrewer@cantv.net

Branislav Šmídá

Speleoklub Univerzity
Komenského,
Katedra geológie a paleontológie,
Mlynská dolina, pav. G, 842 15
Bratislava, Slovensko.
E-mail: sandia@nextra.sk