

■ UNIKÁTNE A NAJMLADŠIE SÚ NA SLOVENSKU

Pozornosť geológov už od 19. storočia pútajú zaujímavé útvary – mud-mounds – akési kopce z blata či kalu. Až pred štyrmi rokmi dostali slovenský odborný názov kalové kopy. O akú geologickú záhadu ide? Jej jednoznačné a úplné vysvetlenie vzniku zatiaľ chýba, a to aj napriek vyše storočnému výskumu.



Obr. 1: Dokonale zachované devónske kalové kopy na Sahare pri Azzel Matti, Alžírsko

ZÁHADNÉ KOPCE Z BLATA

Kalové kopy sú vyvýšeniny podobné útesom, aké formujú dnešné koraly, prípadne hubky a iné živočíchy, tvorí ich z podstatnej časti vápnitý kal bez podpory známych útesotvorných organizmov. Navyše kalové kopy zrejme vznikali v hlbokých moriach a oceánoch, kde sa útesotvorné organizmy už takmer nevyskytujú. Tieto vyvýšeniny pozná-

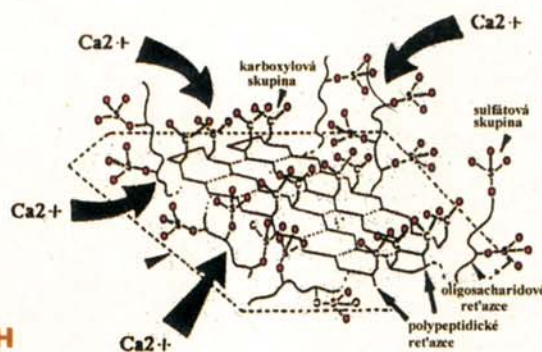
me len vo fosilnom stave; v dnešnom svete nemajú jednoznačný ekvivalent, čo sťažuje ich výskum, pretože ich nemáme s čím porovnať.

NAJVIAC V PRVHORÁCH

Kalové kopy sa na Zemi vyskytujú už od čias mladšieho proterozoika, čiže od čias, keď ešte nemáme údaje o fosilných mnohobunkových organizmoch. Najviac kalových kôp však možno nájsť v prvohorách, kde dosahujú svoje maximum v období devónu a karbónu. Najkrajšie kalové kopy sú devónskeho veku a boli objavené v Alžírsku na Sahare, kde ich veterná erózia dokonale vypreparovala z okolitých hornín (obr. 1). V období druhohôr nachádzame už len málo kalových kôp a v treťohorách a štvrtohorách takmer úplne miznú. Výskumníci sa domnievajú, že našli ich dnešných predstaviteľov pri podmorskom výskume v hlbokom oceáne v oblasti Floridského prielivu, v Mexickej zálive (obr. 2) a západne od Írska.

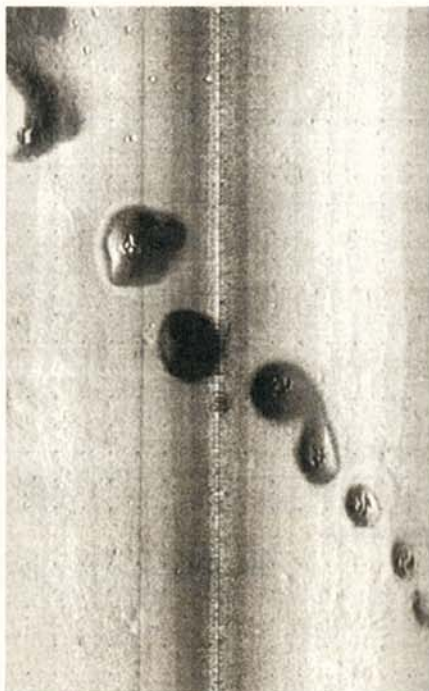
ZÁHADNÝ VÁPŇITÝ KAL

Výskumníkov už dlho zaráža, ako mohol vápnitý kal bez akejkoľvek podpory útesotvorných organizmov tvoriť kopy, hrebene, ba až celé vyvýšené plošiny dosahujúce hrúbku až vyše 1 000 m, ako napr. spodnokarbónske Waulsortian Banks v Írsku, a odolať pritom prúdeniu vody, prípadne vineniu. Niektoré kalové kopy síce obsahujú fosilné útesotvorné organizmy, ako stromatopory, hubky, koraly alebo machovky, tie sú však len rozptýlené vo vápnitej kalovej hmote a netvorí podpornú štruktúru vyvýšeniny. Právě kalové kopy dokonca obsahujú len veľmi skromný podiel takýchto organizmov. Hoci v minulosti boli pokusy vysvet-



Obr. 3: Schéma vyražavania vápenca pôsobením adsorbovanej organickej kyseliny vzniknutej rozkladom organickej hmoty odumretých živočíchov

lovať ich vznik ako mechanickú akumuláciu kalu prúdením vody alebo jeho viazaním pomocou rastlín, väčšina dnešných názorov uvažuje o tvorbe kalu na mieste, a to hlavne vplyvom mikroorganizmov, ako napr. cyanobaktérií a podobne. Preto aj táto skupina kalových kôp dostala názov *microbial mud-mounds*, čiže mikrobiálne kalové kopy. Podľa názorov väčšiny odborníkov predstavuje vlastne mikrobiálne útesy. Vápnitý kal, ktorý vo fosilnom stave predstavuje jemnozrnný vápenec, vznikol podľa všetkého činnosťou mikróbov. Ten, ktorý tvorí kalové kopy, má totiž štruktúru vločiek a veľmi drobných peletov, ktoré sú vlastne kalcifikovanými odumretými kolóniami baktérií. Výskum kalových kôp preto podmienil vznik nového moderného odvetvia v sedimentológii vápenčov, zvaného organomineralizácia. Zistilo sa totiž, že rozkladom organickej hmoty dochádza v morskom prostredí k zvyšovaniu alkality (zásaditosti). Voľné karboxylové skupiny niektorých organických kyselín, vznikajúcich pri rozklade organickej hmoty dokonca z morskej vody vychytávajú ióny vápnika a prispievajú k vyražaniu uhličitanu vápenatého (obr. 3), ktorý či už v podobe minerálu kalcitu



Obr. 2: Skupina chemosyntetických kalových kôp vzniknutých nad vývermi metánu v Mexickej zálive. Počítačový obrázok zhotovený z údajov sonaru

alebo aragonitu je základom väčšiny vápnných schránok živočíchov alebo dokonca aj niektorých rias. Živočíchy a rastliny sú tak schopné na svojich telách vyzrážať pevnú schránku, ale aj po uhynutí môžu spôsobovať ďalšie vyzrážanie uhličitanu vápenatého. Takto môžu k tvorbe vápenca prispievať aj tie organizmy, ktoré si za života netvorili schránky, napr. baktérie, sinice a podobne. Spomínané dnešné hlbkomorské kalové kopy objavené pri podmorskom výskume sú takmer všetky viazané na vývery metánu a predstavujú zvláštnu skupinu, tzv. chemosyntetických kalových kôp, na stavbe ktorých sa pravdepodobne zúčastňujú baktérie živiace sa metánom. Vo fosilnom stave možno vápenec vzniknutý týmto procesom ľahko rozoznať na základe analýzy izotopov uhlíka. Vo vápenci vzniknutom za prítomnosti metánu sa vyskytuje uhlík veľmi obohatený o ľahký izotop ^{12}C . Podobné fosilne chemosyntetické kopy sa napríklad našli vo vrchnokriedových sedimentoch v USA. Väčšina fosilných kalových kôp však takéto hodnoty izotopov nedosahujú.

STROMATACTIS – ĎALŠIA ZÁHADA

Vápnitý kal však nie je jedinou záhadou kalových kôp. Vo väčšine kalových kôp sa vyskytujú aj záhadné štruktúry, ktoré sa nazývajú stromatactis. Prvý raz ich opísal belgický bádateľ Dupont v roku 1881 a odvtedy sa im venovalo vyše sto vedeckých prác. Čo tieto štruktúry predstavujú a ako vznikli, je však stále záhadou. Dostiaľ panuje veľká rôznorodosť názorov na ich pôvod. *Stromatactis* sú nepravidelné útvary s pomerne plochým dnom a nepravidelne prstovite vybiehajúcim stropom (obr. 4, 5). Dupont ich pôvodne považoval za rekryštalizáciu zmenených schránky prvohorných živočíchov zvaných stromatopory. Neskôr vedci prišli na to, že vlastne ide o nepravidelné dutiny, vyplnené rôznymi druhmi kalcitových tmeľov a prípadne aj mladším sedimentom. Napriek zisteniu, že ide o dutiny, ich vznik sa zatiaľ nepodarilo rozlíšiť. Dnes jestvujú dve skupiny názorov na tento problém. Prvá uprednostňuje čisto fyzikálny alebo chemický model ich vzniku, ako napr. vnútornú eróziu a prepracovanie malých dutiniek v sedimente, únik vody, rekryštalizácia vápnného kalu, premena horniny zvýšenou teplotou a tlakom, sklzávanie sedimentu alebo sladkovodné rozpúšťanie počas vynorenia vápenca (išlo by o malé krasové dutiny). Podľa najnovšej teórie z roku



Obr. 4: Útvary typu stromatactis objavené vo vápencoch strednej jury v lokalite Priboržavskoje na Zakarpatskej Ukrajine

2001 stromatactisové dutiny ostali vo vápnnitom kale po tuhých uhľovodíkových hydrátoch (zamrznutá voda nasýtená metánom a inými plynými uhľovodíkmi). Tie, ako vedci zistili, sa vyskytujú v usadeninách kontinentálnych šelfov a sú potenciálne významným zdrojom uhľovodíkov pre budúce obdobie.

Druhá skupina názorov na vznik stromatactisových dutín, ktorá je v súčasnosti dominantnejšia, presadzuje biologický pôvod týchto dutín. Podľa týchto názorov dutiny vznikli či už po rozložení živočíchov alebo rastlín, ktoré nemali pevné schránky, alebo išlo o neskoršiu rekryštalizáciu vápnných schránok neznámych organizmov. Zástancovia týchto názorov považujú za možného pôvodcu stromatactisových dutín širokú škálu živočíšnych alebo rastlinných zástupcov, ako sú stromatopory, hubky, machovky, riasy alebo mikrobiálne kolónie. V roku 1969 dokonca americký geológ Shinn uviedol teóriu, podľa ktorej dutiny vznikli hrabavou činnosťou niektorých druhov kôrovcov. Niektorí autori uvádzajú aj možnosť kombinácie niekoľkých faktorov vzniku

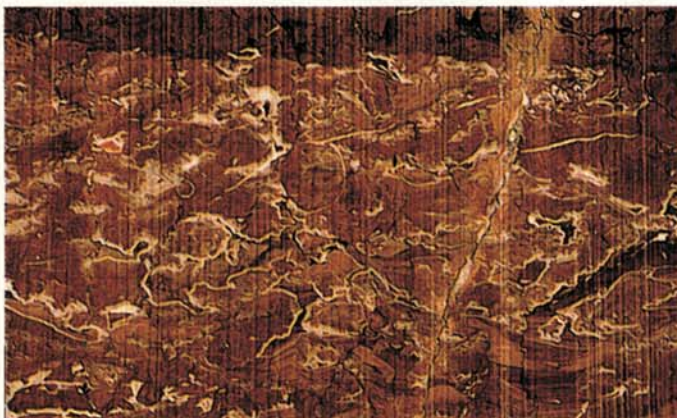
dutín, ako napr. mikrobiálnu cementáciu (spevnenie) sedimentu a neskoršiu vnútornú eróziu nespevneného kalu, alebo spolupôsobenie hubiek a mikrobiálnych kolónií.

Napriek nespornej príťažlivosti niektorých čisto fyzikálnych teórií, druhá skupina názorov o biologickom pôvode stromatactisov je v súčasnosti uznávanejšia, a to z jednoduchého dôvodu. Výskyt stromatactisových dutín sa totiž viaže takmer výhradne na výskyt kalových kôp a tie, ako už vieme, sa vyskytovali na Zemi len počas obmedzenej doby. Výskyt stromatactisov sú teda závislé od času. Fyzikálne procesy, ktoré by ich mohli vytvoriť, však od času závislé nie sú a fungujú stále rovnako. Naopak, život na Zemi sa ustavične vyvíja a mení, čoho následkom môže byť aj to, že stromatactisy sú v niektorých obdobiach veľmi hojné (napr. v prvohorách), v niekde sú zriedkavé (druho-hory) a inde úplne chýbajú (štvrtohory).

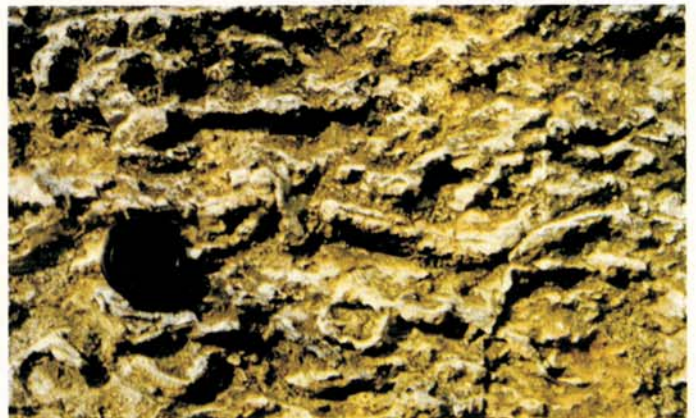
AJ U NÁS

Stromatactisové kalové kopy sa v poslednom období našli aj na Slovensku a v pokračovaní aj vo Východných Karpatoch na Zakarpatskej Ukrajine. Ich výskyt sú unikátne, keďže pochádzajú z obdobia druhohôr, jury, čiže z obdobia, keď sa kalové kopy so stromatactismi vyskytovali už len zriedkavo. Z o niečo staršieho obdobia triasu ich takmer nepoznáme a jura je posledným obdobím ich výskytu. V literatúre sa spomínajú aj niektoré mladšie výskyt, zo strednej kriedy Španielska a Tuniska, dokonca aj z vrchnej kriedy USA, avšak prítomnosť stromatactisových dutín je v nich problematická. Aj v jure dominujú kalové kopce s množstvom hubiek, v ktorých stromatactisy často chýbajú. Právě stromatactisové kalové kopy sú zriedkavé, čo dodáva nálezom zo Slovenska na unikátnosti. Niektoré z týchto novo objavených kalových kôp pochádzajú až z vrchnej jury, čiže patria k najmladším výskytom tohto fenoménu na svete. Ich výskum je zatiaľ len v počiatkoch. Komplexne bola zatiaľ spracovaná len lokalita pri Slavnickom Podhorí na Považí, ostatné lokality na Slovensku sú v štádiu výskumu. Výskum prebieha na Katedre geológie a paleontológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave a zahŕňa medzinárodnú spoluprácu s pracovníkmi z Poľska, Rakúska, Nemecka a Kanady.

■ ROMAN AUBRECHT



Obr. 5: Stromatactisové dutiny objavené v zachovalej kalovej kope na lokalite Velyky Kamenec na Zakarpatskej Ukrajine



Obr. 6: Kalcitový tmeľ stromatactisových dutín vypreparovaný vplyvom zvetrávania. Lokalita Slavnické Podhorie na Považí