

**Hoci je Slovensko vnútrozemskou krajinou, pred 12 až 13 miliónmi rokov jeho územie čiastočne pokrývalo more. Podľa paleobiológa ADAMA TOMAŠOVÝCH z Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied sa u nás nachádzajú lokality, ktoré si uchovávajú stopy po udalostiach spojených s veľkým vyhynutím morských organizmov. Zameriava sa aj na vývoj morských ekosystémov a snaží sa zistiť aj to, ako sa ekosystémy vyrovnávajú so zmenami.**

**Hoci organizmy, z ktorých sa zachovali fosílie, žili pred miliónmi rokov, dnes z nich vedci dokážu vyčítať množstvo informácií. Ako je to možné?**

Počas života si niektoré organizmy vytvárajú schránky alebo kosti v určitej miere v rovnováhe s okolitými podmienkami, v akých žili. Keď sa zachovávajú ako fosílie, koncentrácia chemických prvkov a izotopov, ktoré tvoria ich schránky alebo kostru, sa tak dá použiť na to, aby sa do istej miery určili podmienky ako teplota prostredia, slanost' či pH morskej vody. Keď sa skúma zloženie pozostatkov tvorených kalcitom či aragonitom, meria sa napríklad, koľko horčíka či stroncia je v mineráloch. Nahradzujú vápnik v závislosti od meniacej teploty, čím predstavujú tzv. paleotplomery. Keď paleobiológovia merajú množstvo či veľkosť tela organizmov zachovaných ako fosílie, vedú z toho odvodiť populačnú štruktúru, úmrtnosť či rýchlosť rastu. Keď paleobiológovia chcú určiť rozmanitosť minulých ekosystémov, odoberú náhodnú vzorku celého ekosystému či spoločenstva a zráajú, koľko druhov sa v nich zachovalo ako fosílie.

#### Ako vznikajú fosílie?

Prvou podmienkou je, aby pozostatky organizmov boli čo najrýchlejšie pochované sedimentom. Čím skôr sediment prinesú do mora rieky, tým efektívnejšie a rýchlejšie to pochovanie bude. Riečne sedimenty, ich ústia či delty tak predstavujú dobré podmienky na zachovanie fosílií. Keď kostrové pozostatky zostanú exponované na morskom dne, skôr či neskôr zaniknú - aj relatívne odolné zložky z uhlíkatu vápenatého sa rozpustia. No aj ak sú pozostatky pochované, môže dôjsť k deformácii. Niekedy sa stane, že aj krehké organické pozostatky, ktoré by sa inak nemohli zachovať, sa výnimočne zachovávajú, keď sú ich tkanivá rýchlo nahradené vyžrážaním oxidu kremičitého, fosfátu alebo pyritu.

**Aký vzácny je tento proces? Na jednej strane máme veľa fosílií, no určite nie každý živočích sa takto uchová.**

Na jednej strane sú prostredia, do ktorých prichádza sediment, a tam to nie je také vzácné. Hoci, aj rýchla sedimentácia môže negatívne ovplyvniť populačnú hustotu morských organizmov žijú-

# Fosílie rozprávajú neúplný príbeh

Paleobiológ: Keď príde katastrofa, sú miesta, kde ju populácie organizmov môžu prečkáť



Paleobiológ Adam Tomašových bol minulý rok finalistom ceny Eset Science Award v kategórii Výnimočná osobnosť vedy na Slovensku. FOTO - ESET SCIENCE AWARD/LINDA KISKOVÁ BOHUŠOVÁ

cich na dne. Potom sú oblasti, kde sa sediment nedostáva, čiže tam sa nič nezachová. Podľa niektorých odhadov fosílie, ktoré nachádzame v horninovom zázname, predstavuje pravdepodobne menej ako percento živočíchov, ktoré majú nejaké tvrdé či odolné schránky. Na druhej strane, aj percento z miliárd organizmov, ktoré žili v minulosti, je obrovské množstvo. K väčšine pozostatkov organizmov, ktoré sú zachované ako fosílie, nemáme fyzický prístup, pretože sú pochované pod povrchom našej Zeme - nájdeme ich iba vtedy, keď sú horniny odkryté v prirodzených skalných odkryvoch alebo v lomoch.

#### Aké podmienky sú potrebné pre ich zachovanie?

To, ako dobre sú fosílie zachované, sa môže líšiť v plytkomorskom či hlbokomorskom prostredí, alebo medzi prostrediami, ktoré sa líšia rýchlosťou sedimentácie. Niekedy máme usadené horniny, ktoré sú výlučne tvorené týmito fosíliami, ale tieto zvyšky sú rekrytalizované alebo zle zachované. Takže vieme, že ich primárna produktivita asi bola vysoká, ale nemôžeme ich identifikovať na úrovni biologického druhu, pretože si nezachovali potrebné črty. Za špecifických podmienok, často v morskom prostredí bez rozpusteného

“Hoci bolo vždy známe, že fosílie a geologické záznamy sú neúplné alebo zmiešané, aj vedcom sa stáva, že na to zabudnú a berú ich tak, ako ich vidíme teraz.

kyslíka, môže dôjsť k výnimočnému zachovaniu, a to aj organizmov s mäkkými schránkami - pretože iné organizmy, ktoré sa prehrabávajú sedimentmi a oxidujú ho, tu nenarúšajú zvyšky iných organizmov. Takéto podmienky sú však výnimočné. **Existuje odhad, koľko druhov bolo nájdených zo všetkých, ktoré kedy existovali na planéte?**

Paleontológovia majú globálne databázy, ktoré sa používajú aj na odhad toho, ako sa počet druhov menil. Sú časové intervaly, keď vzniklo mnoho nových druhov počas tzv. adaptívnych radiácií, rovnako ako sú intervaly, keď mnoho druhov relatívne náhle vyhynulo počas tzv. masových vymieraní. Odhady diverzity sa vzťahujú na organizmy, ktoré mali tvrdé, odolné schránky či kosti, nie na všetky organizmy. Napri-

klad pre mäkkýše, ktoré si schránky vytvárajú z kalcitu alebo aragonitu, je odhad možný, pretože majú dobrý potenciál zachovať sa. Mäkkýše ako lastúrniky zahrňajú niekoľko tisíc morských a sladkovodných druhov na celom svete. Keď sa vrátíme v čase do paleozoika, paleobiológovia opísali niekoľko desiatok tisíc druhov lastúrnikov. Čím bližšie sa dostávame k nášmu obdobiu, tým viac druhov existuje, ale toto číslo je čiastočne skreslené, pretože fosílie z týchto mladších časových intervalov sú lepšie zachované. Niektorí vedci sa snažia odhadnúť, koľko druhov sme ešte nenašli, ale tu už často dochádza k špekuláciám.

**Často sa nájde časť organizmu, ale to vedcom nebráni v tom, aby ju - ak nie zrekonštruovali - tak aspoň odhadli jej vzhľad. Ako to funguje?**

Prvý model je často založený na súčasných organizmoch, pretože vieme, aká je ich anatomia alebo ako rýchlo kosti rastú voči sebe navzájom počas ontogenézy - takéto vzťahy sa dajú určiť aj z kompletných fosilných kostier a potom extrapolovať na neúplné. Týmto spôsobom často vieme povedať aj z jednej kosti alebo z jednej časti schránky, aký veľký bol organizmus. Existujú aj predpo-

klady, a to napríklad, že to, čo je charakteristické pre jeden druh, je podobné aj u príbuzných druhov. Pokiaľ ide o skupiny organizmov, ktoré nemajú príbuzných, pretože vyhynuli a veľa o nich nevieme, tak rekonštrukcia ich kostier na základe izolovaných zvyškov je špekulatívna.

#### Čo robíte vo výskume?

Snažíme sa zrekonštruovať pôvodné zloženie spoločenstiev alebo ekosystémov, ktoré sú zachované vo fosilnom zázname. Tento prístup nám umožňuje sledovať, ako sa ekosystém v priebehu času menil. Napríklad, hoci sa sedimentárne horniny ukládajú vo vrstvách, ktoré sú chronologicky usporiadané, to, čo sa v nich nachádza, je často zmiešané alebo skreslené.

#### Ako sa to dá predstaviť?

Predstavte si knihu so stranami 1 až 100, 101 až 200 atď., ale nemáme čísla strán a poradie niektorých je pomiešané, niektoré strany chýbajú, niektoré majú zachovanú každú druhú vetu, a niektoré majú písmená náhodne usporiadané alebo sú zachované iba niektoré písmená, či neúplné vety. Pri vzniku usadenín s fosíliami k takejto situácii často dochádza, keď sa il prinášaný riekami hromadí a netvorí vrstvy postupne, ale iba počas veľkých povodní - takže niektoré strany sú prázdne. Niektoré organizmy sa zahrabávajú do morského alebo jazerného dna a svojou činnosťou všetko premiešajú. Veľká časť práce spočíva v snahe zrekonštruovať, ako ekosystém vyzeral predtým, než bol zmiešaný alebo skreslený. Hoci bolo vždy známe, že fosílie a geologické záznamy sú neúplné alebo zmiešané, aj vedcom sa stáva, že na to zabudnú a berú ich tak, ako ich vidíme teraz.

#### Čo myslíte pod skreslením?

Väčšinou študujeme usadeniny, v ktorých sú zachované zvyšky mäkkýšov, ostatokozcov alebo tvrdé zvyšky rýb. Niektoré majú hrubšie ulity, zatiaľ čo iné ich majú tenšie alebo menšie. Keďže menšie a tenšie schránky sa rozpúšťajú rýchlejšie, tie odolnejšie sa hromadia. To je jeden druh skreslenia; teda rozdiel v pravdepodobnosti, že sa rôzne druhy zachovávajú. Ďalším druhom skreslenia je časové rozlíšenie vrstiev, z ktorých extrahujeme fosílie. Ak sa sediment hromadí na morskom dne rýchlo, napríklad jeden centimeter za rok, potom naša centimeter hrubá vrstva bude mať rozlíšenie rok. Keď sa sediment hromadí pomaly, centimeter hrubá vrstva sa môže tvoriť aj tisíc rokov. Táto strata časového rozlíšenia má tendenciu zvyšovať biodiverzitu druhov, ktoré sa v usadenine zachovali. Existujú aj iné druhy skreslenia, napríklad keď búrka transportuje organizmy z plytšej časti mora a zmieša ich niekde inde.

**Sponenuli ste, že čím ďalej v čase idete, tým väčšie je určit dátum, počas ktorého dané horniny vznikali. Čo potom robíte?**

Hoci niekedy nemôžeme s istotou povedať, že sa niečo

stalo pred 400 alebo 401 miliónmi rokov, stále môžeme zistiť, či usadeniny zachované na iných kontinentoch vznikali takmer v totožnom čase na základe tzv. korelačných metód. Používame na to rôzne metódy. Keď zisťujeme, ako sa prostredie či ekosystém zmenili, musíme dať skutočnosť do globálneho kontextu a byť schopní porovnať ju s tým, čo sa dialo inde.

**S tým, ako nové metódy posúvajú výskum vpred, aplikujú sa retrospektívne na staršie objavy a tie sa prípadne prehodnocujú?**

Naše zistenia a výsledky sa spresňujú. Napríklad pred 20 - 30 rokmi sa predpokladalo, že časový interval, počas ktorého došlo k masovým vymieraniam, ako napríklad veľké permské vymieranie (približne pred 250 miliónmi rokov, pozn. red.), bol približne milión rokov. S postupným zdokonaľovaním metód sa zdá, že sa interval zužuje a že k vymieraniu mohlo dôjsť za približne -10-tisíc rokov.

**Porovnávate dnešné ekosystémy s ekosystémami z minulosti?**

Áno. Problémom pri porovnaní je časové rozlíšenie. V geologickej histórii Zeme často pozorujeme globálne narušenia uhlíkového cyklu, ku ktorým došlo pred stovkami alebo desiatkami miliónov rokov. V minulosti boli narušenia spôsobené najmä intenzívnou sopečnou činnosťou, ktorá viedla k uvoľneniu veľkého množstva CO<sub>2</sub> do atmosféry. Dôsledky narušenia možno pozorovať vo fosilnom zázname. Niekedy sú narušenia spojené aj s masovými vymieraniami. Nachádzame sa v situácii, keď narušenie v istom zmysle opakujeme. Hoci celkové množstvo CO<sub>2</sub> uvoľneného počas minulých udalostí je oveľa väčšie ako množstvo, ktoré bolo uvoľnené spaľovaním fosilných palív za posledných 150 rokov, toto množstvo bolo pravdepodobne uvoľňované počas oveľa dlhšieho obdobia tisícov rokov. Nemôžeme presne určiť trvanie intervalu, počas ktorého došlo pred miliónmi rokmi, a tak je porovnanie so súčasnosťou sťažené.

#### Čo si myslíte, že sa stane?

Ekosystémy sa pravdepodobne nedokážu vyrovnáť s nezmeneným nárastom emisií, pretože všetky mechanizmy, ktoré odstraňujú CO<sub>2</sub> z ekosystému, sú pomalé. Asi bude potrebné vyvinúť technológie na sekvestráciu uhlíka, ktoré neprispievajú k emisiám. Geografická heterogenita ekosystémov je veľká a v minulosti, keď došlo k narušeniu uhlíkového cyklu, existovali oblasti, tzv. refúgiá, ktoré stále mohli podporovať populácie niektorých druhov. Mnohé prostredia boli však počas takýchto období asi často dost toxické. Niektoré druhy sú na takéto podmienky prispôsobené, ale v takom prostredí by ste asi nechceli žiť.

Matúš Beňo © SME

Tento článok vznikol s podporou ESET Foundation, ktorá každý rok udeľuje ocenenie ESET Science Award výnimočným vedcom a vedkyňam.