

Ordovický vzestup a pád

Ordovik je období geologické minulosti, které veřejnost příliš dobře nezná. Na jeho název si oproti kambriu, karbonu nebo křídě vzpomene málokdo. Ani paleontologické expozice muzeí po celém světě nevystavují mnoho ordovických zkamenělin. Mám soukromou hypotézu, že je to kvůli obecně malým rozměrům tehdejších organismů, které by šlo efektně vystavit, a absenci hroživě vypadajících predátorů. Toto období je však přehlíženo neprávem, protože bylo v určitém smyslu přelomové. Během 40 milionů let, které tato etapa starších prvohor pokrývá, došlo na jedné straně v mořích k rozmachu života, jaký nemá později obdoby. Na druhé straně byla tato etapa zakončena hromadným vymíráním, které předčí snad jen katastrofická krize globálního ekosystému na konci permu. Obě události měly zásadní vliv na podobu vývoje života na Zemi a spolu s dalšími výraznými změnami v ordovických ekosystémech tvoří součásti úchvatného evolučního představení. Jeho protagonisty byly skupiny organismů dodnes žijící i vymřelé, známé i takřka neznámé – jejich role byly výrazně určovány abiotickými faktory, v jejichž kulisách se celý příběh odehrával.

Kambrický prolog

Vyprávění musíme začít na přelomu pre-kambria a kambria. Tehdy začaly být organismy schopny vylučovat anorganické látky a z nich si tvořit pevné části těl, především pevné schránky. Objevily se všechny základní mineralizace, které používají organismy dosud (Conway Morris v Briggs a Crowther 2003). To zcela změnilo situaci na scéně globálního ekosystému. Bylo k čemu upínat svalstvo, pevné části umožnily efektivně získávat a zpracovávat potravu, ale také se bránit a nebýt potravou. Začal překotný rozvoj organismů nazývaný kambrická radiační exploze nebo jen kambrická exploze. Když se podíváme, jaká stvoření produkovala evoluce, je zřejmé, že kambrium představovalo období evolučních experimentů. V této době se objevily veškeré živočišné kmeny známé ze současnosti, ale i řada skupin, které naopak poměrně záhy vymřely. Probíhalo intenzivní porovnávání úspěšnosti morfologií a životních strategií, které se postupně sice pomaleji, ale stále objevovaly po celé kambrium. K zásadnímu zlomu došlo ve středním ordoviku. Začalo období vítězů. Skupiny, které během kambrických evolučních testů uspěly nejlépe, nastoupily cestu k širokému rozruznění a rozšíření. Zjednodušeně lze říci, že po období morfologické exploze nastalo období exploze taxonomické, tedy že nebyvalý nárůst disparity (morfologické rozruznění, tedy různorodosti znaků) byl vystřídán rychlým růstem diverzity (taxonomické rozruznění, tj. počtu taxonů). Na pozadí vybraných morfologií a životních strategií vzniklo ohromné množství taxonů.

Od tušení rozsahu ke GOBE

Že se v ordoviku udály velké změny, je patrné už na jeho vymezení a odborných diskuzích a sporech, které ho v minulosti provázely. Vynecháme-li prvotní spor

o existenci ordoviku samotného, jsou pro naše téma zajímavé právě diskuze o jeho hranicích, které následovaly. S vedením jeho svrchního omezení vůči siluru příliš potíže nebyly. Na konci ordoviku proběhlo hromadné vymírání v důsledku klimatických a paleoceanografických změn, které se projeví i na charakteru sedimentace. Takže hranice zohledňuje velkou změnu bioty po konci vymírání, doprovázenou mnohde jinými usazenými horninami. Se spodní hranicí byly větší problémy. Přechod od již zmíněných kambrických evolučních pokusů ke stabilní převaze vítězů nebyl náhlý. Nabízela se proto řada událostí. Tradičně byla báze ordoviku stanovena prvním výskytem planktonních graptolitů. Graptoliti představují významnou skupinu živočichů, které se využívá k určování stáří hornin větší části starších prvohor, takže tato volba byla logická. Vyskytl se však i velmi logický názor, že společenstva fosilií takto vymezeného spodního ordoviku se podobají více kambrickým než typickým ordovickým (např. Whittington a Williams 1964 versus Skevington 1966). I když se tento pohled neprosadil, výrazně upozornil na zřetelný a podstatný předěl uprostřed ordoviku, jehož význam byl doceněn až mnohem později. Na závěr tohoto stratigrafického exkurzu nutno podotknout, že filozofie vedení hranic v moderní stratigrafii se od tradičního přístupu trochu liší. Je to dáno snahou o co největší přesnost. Přesto současné hranice ordoviku přibližně kopírují zásadní změny ve vývoji bioty.

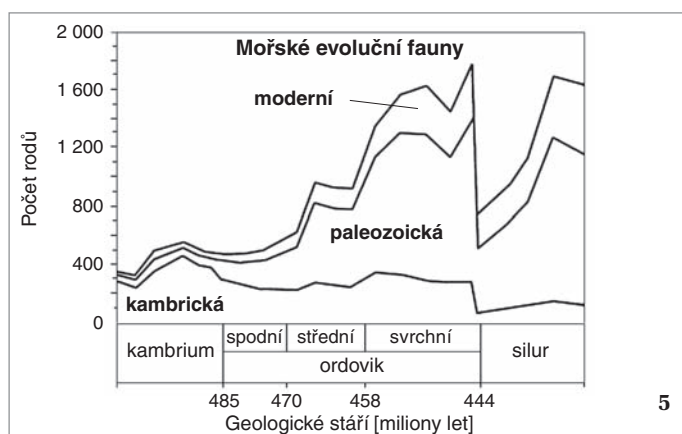
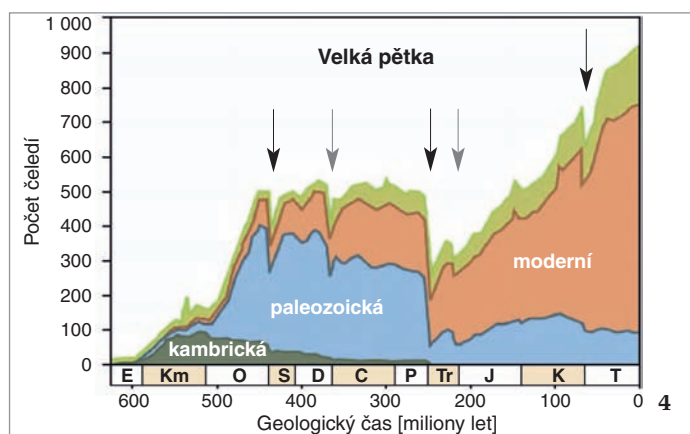
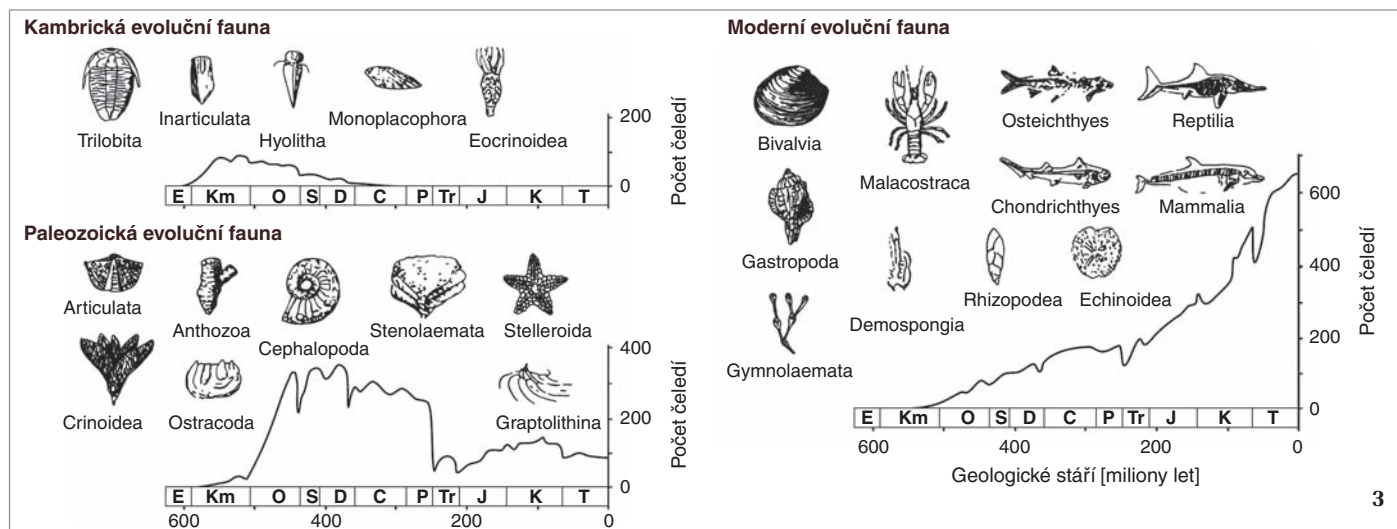
Podle dnešního pojetí je ordovik jako druhý nejstarší útvar (perioda) paleozoika neboli prvohor vymezen intervalem stáří 485–444 milionů let a dělí se na spodní (starší), střední a svrchní (mladší). Pro lepší orientaci v textu je dobré uvést, že hranice spodního a středního ordoviku je datována na 470 milionů let do minulosti



1 Trilobit *Ectillaenus katzeri*. Typický střednoordovický zástupce bohaté fauny šareckého souvrství po nástupu celosvětového velkého nárůstu biodiverzity v ordoviku – GOBE (blíže v textu) v pražské pánvi
2 Graptolit *Baltograptus rokycanensis*. Jeden z běžných druhů z období před GOBE, kdy v pražské pánvi dominovali graptoliti společně s ramenonožci.

a stáří hranice středního a svrchního je 458 milionů let.

Asi nejvíce se o prvotní komplexní zmapování změn bioty v ordoviku (a nejen v něm) zasloužil americký paleontolog Jack Sepkoski (celým jménem Joseph John Sepkoski Jr.). Jeho vědeckým zájmem bylo zkoumání celkové biodiverzity v minulých geologických dobách. K tomuto účelu sestavil první rozsáhlou databázi fosilních taxonů. Obsahovala záznamy asi o 30 tisících rodech a čtyřech tisících čeledích. Ve své době to byl úctyhodný počín a dočkal se širokého využití i po předčasné smrti svého zakladatele v r. 1999. Databáze se např. stala základem pro dokumentaci změn biodiverzity při vymíráních. V r. 1981 publikoval jeden z klíčových objevů, který vyhodnocením dat získal. Definoval tzv. evoluční fauny, jež jsou klíčem k pochopení významu ordoviku. Koncept evolučních faun je velmi jednoduchý. Jde o to, vysledovat, jestli existují období charakteristická společnou převahou určitých skupin živočichů. Ukázalo se, a bylo ověřeno, že pro tento účel se nejlépe hodí čeledě, případně rody, jak je pojímá klasický „linnéovský“ klasifikační systém. Sepkoski stanovil evoluční fauny pro mořské prostředí, poskytující neúplnější fosilní záznam ze všech, která na Zemi najdeme. Tento záznam je také nejdelší, protože základ pozemského života se nachází právě v mořské vodě.



Úspěšné dobývání sladkých vod a především souší je proces mladší a fosilní záznam z vynořených částí kontinentů je zároveň směrem do starých geologických období sporadičtější. V ordoviku nám to příliš nevádí, protože v tomto období byl život téměř výhradně soustředěn právě do moří a oceánů. Budeme se tedy nadále opírat o evoluční mořské fauny, i když později vznikly podobné kompilace např. pro suchozemské obratlovce a rostlinstvo.

Koncept evolučních mořských faun si lze představit také tak, že hledáme obraz podmorského života, který bychom potkali, kdybychom měli možnost se v daném období potopit pod mořskou hladinu. Rozhodující však není počet jedinců nebo druhů, ale vyšších jednotek, v tomto případě čeledí, které ukazují přítomnost větších evolučních novinek a tím odkazují k rozvoji tříd a kmenů, a tedy i k celkovému stupni vývoje globálního ekosystému. J. Sepkoski rozlišil tři mořské evoluční fauny (1981, 1984; obr. 3 a 4) – kambrickou, paleozoickou (prvohorní) a moderní (současnou). Kambrická fauna, jak už název napovídá, dominovala v kambriu. Patří do ní známí trilobiti, ale i méně známé skupiny linguliformních („inartikulátních“) ramenonožců, přílipkovic, hyolitů a eokrinoidů. Tato evoluční fauna vládla mořím jen krátce a od ordoviku byla na ústupu. Většina jejích zástupců postupně vymřela. V dnešních mořích přežívají jen v několika druzích přílipkovic a linguliformní ramenonožci. Zástupci paleozoické fauny jsou známi většinou již od kambria, ale k jejich podstatnějším rozvoji došlo později. Jde vlastně o již zmíněné vítěze evo-

lučních pokusů kambria, k nimž patřili rhynchonelliiformní („artikulátní“) ramenonožci, korálnatci, hlavonožci, ostrakodi (lasturnatky, skořepatci), lilijice (krinoidi), hvězdice, hadice, stenolemátní mechovky a graptoliti. Právě tyto skupiny byly hlavními tahouny neuvěřitelného růstu diverzity v ordoviku, kdy se počet čeledí během poměrně krátké doby přibližně ztrojnásobil. V rámci spravedlnosti je třeba přiznat drobný podíl na tomto růstu i moderní fauně. Na grafu celkové diverzity je v ordoviku výrazný strmý úsek, který v jiných obdobích téměř nemá obdoby. Pokud se ale dobře podíváme do staršího ordoviku, jasně uvidíme, že ustupující kambrická fauna měla v absolutních hodnotách počtu čeledí nad paleozoickou dosud převahu. Vzpomínáte si na zmíněný spor o spodní hranici ordoviku? Tady je jeho vysvětlení pomocí exaktních údajů.

Strmý nárůst diverzity v ordoviku byl zřejmý. Bylo ale stále jasnější, že je to vlastně zjednodušený obraz poměrně složitě, komplexní změny, která se neodehrála v každém časovém úseku ordoviku a ve všech mořích podle stejného scénáře. A tady přichází na scénu další zajímavý příběh. V 90. letech 20. století dostal australský paleontolog Barry D. Webby, v té době i předseda subkomise pro stratigrafii ordoviku, součásti Mezinárodní stratigrafické komise (International Commission on Stratigraphy, ICS), která má na starosti zpřesňování dělení geologického času v daném úseku, nápad detailně zmapovat změny diverzity napříč ordovikem i jednotlivými oblastmi tehdejšího glóbu. Výsledkem několikaletého úsilí byla kniha The Great

Ordovician Biodiversification Event (Webby a kol. 2004), volně přeloženo jako Velká celosvětová událost nárůstu biodiverzity v ordoviku. Její vydání mělo velký ohlas, odstartovalo řadu dalších výzkumů a název dal také vzniknout akronymu, který se pro tuto událost začal používat – GOBE. Mapu paleogeografické situace v ordoviku uvádíme na webu Živy.

Mozaika vzestupu

Výsledky detailních analýz ordovických fosilií na úrovni rodů, ale i druhů z celého světa ukázaly, že k růstu diverzity nedocházelo kontinuálně, ale skokově ve více intervalech. Víceméně se potvrdil model, ke kterému dospěl ve svých pozdních výzkumech i Sepkoski. Že totiž po velmi mírném růstu došlo ve středním ordoviku ke zlomu a diverzita začala prudce růst (obr. 5). Pak následovala krátká stagnace a poté růst pokračoval. V nejmladším ordoviku došlo ke krátkému propadu diverzity v důsledku výrazného ochlazení. Brzy se však vrátila k růstu a těsně před koncem ordoviku dosáhla svého maxima. Na samotném konci tohoto období ale přišlo hromadné vymírání a nastal velmi strmý pád. Počet čeledí se propadl asi o pětinu, u rodů asi na 60 % původního počtu. Odhady množství vymřelých druhů se šplhají až na 85 %.

Pojďme se však ještě podívat trochu detailněji na několik aspektů GOBE. Asi nejlépe dokumentují strukturu diverzifikace rhynchonelliiformní ramenonožci. Je to až neuvěřitelné, ale křivka jejich rodové diverzity má prakticky stejný průběh jako křivka celkové diverzity globálního ekosystému. Průběh křivky příbuzných linguliformních

3 Mořské evoluční fauny. Charakteristika jednotlivých faun pomocí grafického znázornění typických představitelů a zastoupení čeledí těchto skupin v geologické minulosti. E – ediakar, Km – kambrium, O – ordovik, S – silur, D – devon, C – karbon, P – perm, Tr – trias, J – jura, K – křída, T – terciér. Podle: J. Sepkoski (1981) kreslila R. Bošková

4 Kumulativní graf počtu čeledí a podíl mořských evolučních faun na celkovém obrazu paleobiodiverzity v geologické minulosti. Podle: J. Sepkoski (1984)

5 Kumulativní graf počtu rodů znázorňující detailní vývoj biodiverzity v ordoviku. Na kontrastu s přilehlými periodami (útvary) je dobře vidět vzestup během GOBE i pád paleobiodiverzity způsobený hromadným vymíráním. Podle: B. D. Webby a kol. (2004)

6 Ramenonožec *Euorthisina moesta*. Velmi hojný druh šáreckého souvrství z období GOBE v pražské pánvi

7 a 8 Dvojice jedinců druhu *Placoparia cambriensis* (obr. 7) a trilobit *Ormathops atavus* (8). Další z trilobitů, kteří jsou typičtí pro GOBE v pražské pánvi. Realistický prostorový vzhled těchto, a stejně i dalších vyobrazených zkamenělin ze šáreckého souvrství umožnilo jejich zachování ve sběratelsky populárních rokycanských kuličkách.

ramenonožců má opačnou tendenci a postupně mírně klesá. Je to dáno tím, jak již bylo zmíněno, že každá ze skupin ramenonožců patří do jiné evoluční mořské fauny. Proto rhynchonelliformní ramenonožci, jedna z dominantních skupin paleozoické fauny a jedna z těch určujících její diverzitu, mají průběh diverzity celkově shodný s paleozoickou faunou. A ta zároveň určuje průběh křivky celkové diverzity. Linguliformní ramenonožci jako typičtí a společně s trilobity hlavní zástupci kambrické fauny jsou na ústupu. Svou roli určitě sehrál i rozdílný chemismus schránek obou skupin – linguliformní ramenonožci si je staví z fosforečnanu vápenatého, rhynchonelliformní je mají z uhlíčitanu vápenatého. A vnějších fosfatických schránek od kambria postupně ubývá.

Asi nepřekvapí, že populární trilobiti, zástupci kambrické evoluční fauny, se během ordoviku žádného většího rozmachu nedočkali. Z hlediska počtu druhů i četnosti jedinců je to stále významná skupina. Její diverzita však ve spodním ordoviku stagnuje a s výjimkou krátkodobého zvýšení množství rodů ve středním ordoviku má následně spíše klesající tendenci.

Velmi zajímavý je vzestup pestrosti druhů mechovek a korálnatců a jeho důsledek. Nejstarší fosilie mechovek pocházejí z nejspodnějšího ordoviku. Jejich původ v kambriu sice lze očekávat, ale nikoli zatím prokázat. Diverzita mechovek je po celý starší ordovik velice nízká, začíná růst počátkem středního ordoviku a vrcholu dosahuje počátkem mladšího ordoviku. Korálnatci se poprvé objevili až na začátku středního ordoviku. Křivka jejich diverzity od počátku v podstatě kopíruje křivku mechovek. To by samo o sobě nebylo tak zajímavé, kdyby to nemělo dopad na tvorbu útesů. Útesy jsou velice důležitými mořskými ekosystémy. Jednak výrazně



zvýšují biodiverzitu a jednak díky své citlivosti na změny prostředí velmi dobře indikují kondici globálního ekosystému. V ordoviku proběhl zásadní vývoj útesových typů. Ve starším ordoviku útesy tvořily živočišné houby (houbovci, spongie). Od středního ordoviku, kdy se zvýšila diverzita mechovek a objevily se formy schopné tvorby útesů, vytlačují předchozí spongiový typ mechovkové útesy. Tato úloha však mechovkám dlouho nevydržela, protože byly brzy nahrazeny korálnatci (Scrutton v Briggs a Crowther 1990, Wood v Briggs a Crowther 2003). Toto zpoždění zásadních útesových stavitelů bylo dáno zpožděním evolučním. K výše uvedené charakteristice útesů je nutno dodat několik poznámek. Útesy jakožto biosedimentární útvary vznikající přerůstáním schránek odumlých organismů, se mohou vyskytovat prakticky kdekoli v mořském prostředí. Dominantní a nejdůležitější jsou však útesy mělkých, teplých moří. A o ty v tomto odstavci jde. Korálnatci tvořící dnešní útesy nejsou totožní s těmi ordovickými, kdy šlo o tabulární a rugózní korálnatce, kteří koncem paleozoika vyhynuli.

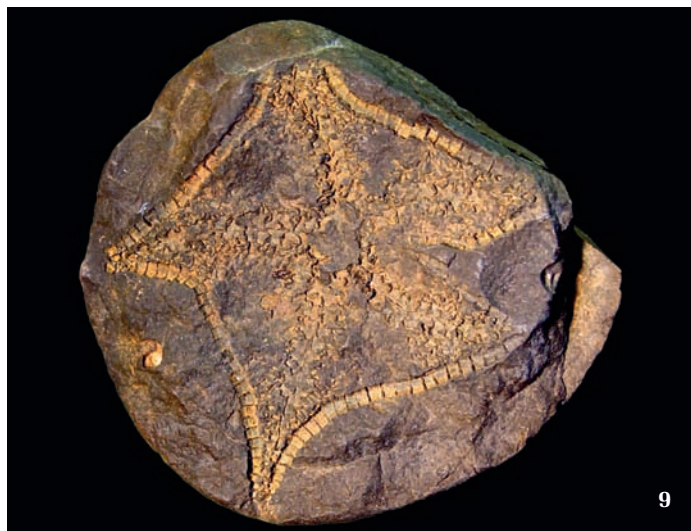
Poslední poznámka má přesah do našich časů a do budoucna. Sukcese útesových typů z ordoviku (spongiové – mechovkové – korálové) hraje v mořských ekosystémech důležitou roli, protože nejde jen o prostá vývojová stadia, ale zároveň roste složitost a specializace, a také citlivost k různým změnám prostředí. Proto když se v geologické historii zhoršily podmínky, např. po svrchnodevonském vymírání v kombinaci s karbonským ochlazením korálové útesy prakticky vymizely a během

mladších prvohor útesy tvořily hlavně mechovky. Po permském vymírání bylo ještě hůře a objevily se útesy spongiové. Takže se můžeme zamyslet, co se stane, pokud budou nadále mizet současné korálové útesy.

Starší paleozoikum bylo obdobím velkých změn. Často se nazývají revolucemi. Jedna taková událost proběhla i v ordoviku. Jde o prudký rozvoj planktonu, který dostal označení ordovická planktonní revoluce (Servais a kol. 2008). Analýzou několika skupin mikrop planktonu, a především fytoplanktonu jako klíčového primárního producenta společně s některými geochemickými ukazateli (organický uhlík, izotopy uhlíku), byl zjištěn významný nárůst diverzity fytoplanktonu počátkem ordoviku. Předpokládá se i zvýšení bioprodukce, které mělo za následek rozvoj zooplanktonu. Do období přelomu kambria a ordoviku se také klade vznik planktotrofních larev, které jsou typické pro mnoho skupin mořských živočichů. Tato událost, která umožnila rozvoj filtrátorů či přinesla novou strategii ovlivňující šíření raných ontogenetických stadií, je pak považována za jednu z možných příčin následného rozvoje bezobratlých v ordoviku a jednu z možných klíčových příčin GOBE.

Několikrát zde bylo konstatováno, že k prvnímu skokovému nárůstu biodiverzity došlo během středního ordoviku. Trendy u jednotlivých skupin ukazují spíše na mozaikovitý charakter jejího následného zvyšování. Proto poslední velká studie GOBE (Stigall a kol. 2019) doporučila takto označovat pouze iniciální střednoordovickou událost, která určila kapacitu globálního ekosystému na další dlouhé období, a pro zbytek ordoviku používat označení ordovická radiace. Ale to je jen detail, který nemění nic na významu celé události, již lze jako celek řadit mezi mezníky globálního ekosystému Země.

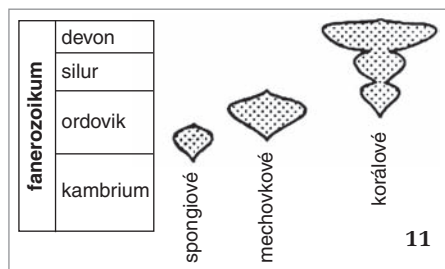
U nás v ordoviku barrandienu je nástup GOBE představován bohatou faunou šáreckého souvrství, která se objevila během středního ordoviku v tzv. pražské pánvi a nahradila předchozí, daleko chudší faunu, v níž chybělo zastoupení mnoha skupin. Fauna šáreckého souvrství je všeobecně velmi dobře známa, protože se vyskytuje v tzv. šáreckých či rokycanských kuličkách, které jsou již více než 150 let sběratelským fenoménem (obr. 1, 6–9).



Strmý pád na závěr

Až dosud jsme si popisovali ordovický vzestup. Na samotném konci ordoviku však proběhlo hromadné vymírání, které je řazeno do tzv. Velké pětky největších extinkcí v geologické historii. Pádům diverzity bývá obvykle věnována značná pozornost v odborné i popularizační rovině. Odborné aspekty hromadných vymírání jsou nezpochybnitelné, jde o jeden z nejdůležitějších evolučních mechanismů. Mají i praktickou výhodu – dají se poměrně dobře sledovat ve fosilním záznamu. A články o nich jsou v odborném tisku žádané, protože mívají velký ohlas. V popularizační rovině mají vymírání tak trochu nádech senzace. Ale to se týká hlavně dinosaurů. Vymírání na konci ordoviku bylo poměrně prozaické. Podle nejnovějších modelů se po celý ordovik postupně ochlazovalo (Scotese a kol. 2021). V mladším ordoviku se ale začalo ochlazovat prudce a výrazně. V nejmladším ordoviku pak tato změna klimatu vyvrcholila rozsáhlým zaledněním. Předpokládá se, že teplota oproti začátku ordoviku klesla o 8–10 °C a dosáhla hodnoty kvartérních (čtvrtohorních) glaciálů. V důsledku vytvoření polárních čepiček výrazně poklesla hladina oceánů, protože voda byla vázána v ledovcích. Nutno ale poznamenat, že máme důkazy pouze o zalednění jižního pólu, přes který se v ordoviku rozkládala Gondwana. A na kontinentální kůře se mohly zachovat zbytky ledovcových usazenin. Oblast severního pólu byla součástí rozsáhlého oceánu Panthalassa, jehož dno tvořené oceánským typem kůry bylo prakticky beze zbytku pohlceno v subdukčních zónách a roztaveno v zemském plášti. Přesto je k dispozici dostatek poznatků, abychom mohli pokles hladiny rekonstruovat a odhadnout na 100 m.

Hromadné vymírání proběhlo koncem ordoviku ve dvou pulzech. První byl spojen s prudkým ochlazením a vznikem zalednění, druhý naopak s rychlým oteplením a vzestupem hladiny oceánů následkem tání ledovců. Rozsah vymírání byl mimo jiné důsledkem toho, že oba pulzy, které působily protisměrně, následovaly rychle za sebou. Druhý přišel necelý milion let po prvním (obr. 10). Vymíráním byly ovlivněny všechny tehdy žijící skupiny organismů. Mezi nejpostiženější patří bětíctí trilobiti, korálnatci, ostnokožci a ramenonožci, ale i planktonní graptoliti. Odhaduje



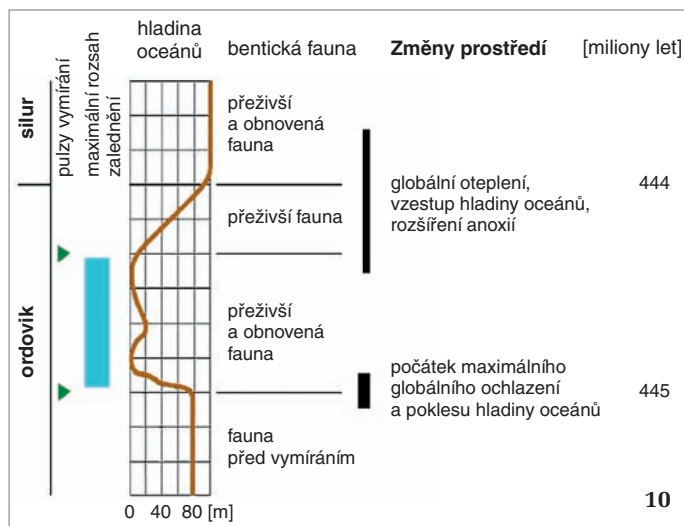
9 Ostnokožec, kterého lze označit jako prahvězdici *Archegonaster pentagonus*. V kontrastu se staršími vrstvami v pražské pánvi se v šáreckém souvrství začínají hromadně vyskytovat různí ostnokožci indikující, že se zde v období GOBE ustálilo mořské prostředí s normální salinitou. Vyobrazení zkameněliny pocházejí ze sbírek Západočeského muzea v Plzni a Muzea dr. B. Horáka v Rokycanech. Snímky P. Krafa

10 Znárodnění průběhu hromadného vymírání na konci ordoviku, jeho fáze, časové vymezení, příčiny a dopady. Podle: D. A. Harper a kol. (2014)

11 Evoluční sukcese typů útesů mělkých tropických moří ve starším paleozoiku. Je patrné, že k hlavním změnám došlo v ordoviku, kdy se postupně objevily všechny základní typy. Šířka grafů znázorňuje kumulativní mocnost útesů známých z celého světa v exponenciální škále. Podle: C. T. Scrutton v D. E. G. Briggs a P. R. Crowther (1990)

se, že počet rodů korálnatců se snížil asi na třetinu. Odhady u trilobitů se sice liší, ale redukce bude podobná jako u korálnatců. Ramenonožci dopadli o něco lépe se 40 % přeživších rodů. Graptoliti přežilo necelých 10 druhů (Brenchley v Briggs a Crowther 2003, Harper a kol. 2014). Uvedené odhady jsou konečným účtem za celou událost. Struktura poklesu diverzity však odráží ony dva pulzy.

Na příčiny vymírání neexistuje zcela jednotný názor. Kontroverzní je zvláště první pulz. Naopak vysvětlení druhého je logičtější, a proto zde mezi odborníky panuje lepší shoda. Obecně lze říci, že první pulz rychlého ochlazení destabilizoval společenstva rychlým tepelným šokem a změnou rozsahu a hloubky šelfových moří. Ovlivnil tak výrazně především bentos (obyvatele dna) mělkých moří i pelagické organismy



(žijící ve vodním sloupci). Druhá vlna vymírání byla důsledkem výrazného a rychlého oteplení, následně rychlé transgrese a vzestupu hladiny oceánu do úrovně před zaledněním. Zdálo by se, že je to nelogické, protože podmínky se vracely do stavu, který umožnil maximální růst diverzity. Je ale důležité si uvědomit, že druhý pulz měl dvojí efekt. Jednak změnil proudění v oceánech a díky oteplení ho výrazně zpomalil. To způsobilo hromadění a plošné rozšiřování anoxických, tedy odkysličených vod na dně šelfových moří a na okraji kontinentálního svahu. Vliv na ztrátu biotopů a jejich potenciální obyvatele je zřejmý. Druhým dopadem bylo narušení rovnováhy, která se začala ustavovat po prvním pulzu. V reakci na nový stav prostředí se po prvním pulzu rychle rozšiřovala tzv. hirnantiová fauna a stala se téměř kosmopolitní. Jde o chladnomilná společenstva pojmenovaná po široce rozšířeném ramenonožci *Hirnantia sagittifera*. Kdyby nedošlo k oteplení, patrně by se hirnantiová fauna stala základem pro další stabilizaci mořských ekosystémů. Během druhého pulzu však v důsledku jeho opačného působení vymřela.

I v ordoviku barrandienu najdeme stopy zalednění. Oblast středních Čech ležela v ordoviku hluboko na jižní polokouli. Máme tu zachované sedimenty, jež vznikly z materiálu, který na dno napadal z plovoucích ledových ker. Pouze fosilií je tu málo. Ale ty, které zde najdeme, patří právě k hirnantiové fauně.

Epilog

Ordovik byl obdobím velké globální diverzifikační události (GOBE), planktonní revoluce, rozvoje útesů mělkých tropických moří a jednoho z největších hromadných vymírání. S koncem vymírání se od počátku siluru nastartovala rychlá obnova ekosystémů, diverzita se začala vracet k původní úrovni. Nastal úsvit nového období, které vyvrcholilo během devonu. Chystá se bouřlivý rozvoj rybovitých obratlovců, s nimi spojená nektonní revoluce a také dobytí souše. Ale to už je jiné představení a jiné kulisy.

Podpořeno projektem Univerzity Karlovy Progres Q45.

Použitá literatura uvedena na webu Živý.