

Co způsobilo poslední vzepětí doby ledové?

Úplný závěr posledního glaciálu je spojen s globálním klimatickým výkyvem zvaným mladší dryas. Toto zhruba 1200 roků dlouhé období dramatických environmentálních změn vedlo k poslednímu zamíchání karet biodiverzity před nástupem současné doby meziledové, tedy holocénu. Co však nástup mladšího dryasu vyvolalo?

text **DANIEL VONDRÁK & GÜNTHER KLETETSCHKA**

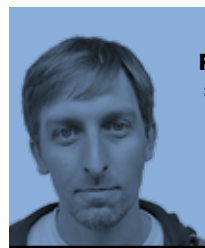
MLADŠÍ DRYAS byl původně identifikován jako chladný výkyv klimatu, který způsobil na severní polokouli nápadné změny v lokálním druhovém složení vegetace. V Eurasii, Grónsku a severní Africe jsou tyto změny dokladem posunu areálů jednotlivých rostlinných druhů, které tím reagovaly na tehdejší významný pokles průměrných ročních srážek a teplot. Teplota se tu během pouhých několika roků snížila o 2-4 °C a nad severním Atlantikem dokonce o více než 5 °C. V dalších oblastech však byly později doloženy jiné kombinace změn teploty a srážek. Třeba na jihovýchodě Severní Ameriky současně s poklesem teploty naopak srážky narostly. Na jižní polokouli zase změna teploty nebyla velká (v některých regionech i mírně rostla), ale klima se stalo výrazně vlhčím [1]. Jednoznačně však jde o různé projevy téže globální události. Ta nutně ovlivnila nejen vegetaci, ale celou biosféru včetně tehdejších lidských populací.

Počátek mladšího dryasu dosud není přesně časově stanoven. Nejčastěji je určován pro každý region zvlášť. Podkladem k tomu jsou co nejpřesněji datované sekvence čtvrtohorních sedimentů, případně záznamy v krápnících a ledovcích, a v nich doložené změny biotických a abiotických parametrů. I u těch nejpodrobnějších sedimentárních záznamů se však chyba datování pohybuje nejméně v řádu desítek roků. Jak již bylo naznačeno výše, v klasickém pojetí se mladší dryas nejsilněji projevil v severním

Atlantiku a oblastech pod jeho bezprostředním klimatickým vlivem. Třeba v Grónsku začal asi 10 900 roků př. n. l. [2], jinde jeho projevy mohly mít určité časové zpoždění.

Za možnou bezprostřední příčinu mladšího dryasu se udávají cyklické změny v režimu oceánského proudění [3], případně kolaps hrází obřích jezer nacházejících se v předpolí severoamerického Laurentinského ledového štítu a Skandinávského ledového štítu [4]. Uvolnění velkého množství sladké vody z těchto jezer mohlo mít fatální vliv na sílu a směr mořských proudů a jimi zprostředkovanou distribuci tepla právě v oblasti severního Atlantiku. Sladká voda má oproti mořské nižší hustotu a vyšší teplotu tuhnutí. Při vzájemném kontaktu se

proto sladká voda drží blízko hladiny a snadněji zamrzá. Výsledkem je vedle zmenšení vlivu teplých proudů i zvětšení plochy oceánů pokryté ledem, který odráží sluneční záření efektivněji než voda. Oba procesy společně přispívají k celkovému ochlazení. V posledních letech se však diskutuje i o dalším mechanismu, který mohl spustit změny



RNDr. DANIEL VONDRÁK, Ph.D., (*1984) vystudoval magisterský studijní program biologie a doktorský studijní program environmentální vědy na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Pracuje v Ústavu pro životní prostředí PŘF UK, kde se věnuje paleolimnologii, rekonstrukcím paleoprostředí ve čtvrtohorách a ekologii a diverzitě bezobratlých živočichů středoevropských horských jezer. Je členem České limnologické společnosti.

Doc. RNDr. GÜNTHER KLETETSCHKA, Ph.D., (*1964) vystudoval geofyziku na MFF UK a geologii a geofyziku na Univerzity of Minnesota. Třináct let působil v NASA. Na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, v Geologickém ústavu AV ČR a v Geofyzikálním ústavu na University of Alaska ve Fairbanks se zabývá magnetickými vlastnostmi impaktních kráterů, ledu a živých organismů. Dále se věnuje např. paleomagnetismu, vývoji Marsu či problematice využití uhlíkových nanotubic.



1. STARÁ JÍMKKA je největší zazemněné ledovcové jezero na Šumavě. Její sedimenty se studují kvůli poznání environmentálních změn na počátku mladšího dryasu.

Snímek
Daniel Vondrák



2. PROFIL na lokalitě Murray Springs v jižní Arizoně v USA ukazuje sled pozdně glaciálních sedimentů. Nápadná černá vrstva uprostřed profilu představuje tzv. „black mat“.

Snímek
Comet Research Group

proudění v rámci oceánského termohalinního výměníku a následně zvýšit odrazivost zemského povrchu.

ALTERNATIVNÍ HYPOTÉZA PRO POČÁTEK MLADŠÍHO DRYASU

V roce 2007 publikoval autorský kolektiv pod vedením Richarda Firestona článek představující alternativní mechanismus, který mohl být primárním spouštěčem nástupu mladšího dryasu [5]. Autoři se v něm zaměřili na tzv. „black mat“ (doslovně přeloženo „černá rohož“ či „černá deka“) neboli nápadný tmavý horizont doložený zejména z početných lokalit s terestrickými kvarterními sedimenty v USA (obr. 2). Tento horizont byl do té doby znám zejména archeologům a odborníkům, kteří se věnují severoamerické pleistocenní megafauně. Představuje totiž stratigrafickou hranici, nad kterou se již nevyskytují pozůstatky většího druhu velkých savců (s výjimkou bizona zde prakticky chybějí doklady o fauně s hmotností přesahující 100 kg) ani nástrojů lovecko-sběračské kultury Clovis,



kteřá byla s tímto zdrojem potravy spjata. Geochemický průzkum odhalil na bázi „black mat“ zvýšenou koncentraci iridia, drobné částice hornin přetavené při vysoké teplotě (>2000 °C) a zjevné doklady požárů. Tyto charakteristiky připomínají jakousi menší obdobu záznamů z přelomu křídý a paleogénu, kdy se střet Země s planetkou zřejmě podílel na ukončení éry dinosaurů. Tato mediálně vděčná „impaktní hypotéza“ však měla v případě mladšího dryasu svou zásadní trhlínu - absenci impaktního kráteru, který by takovou kolizi jednoznačně doložil.

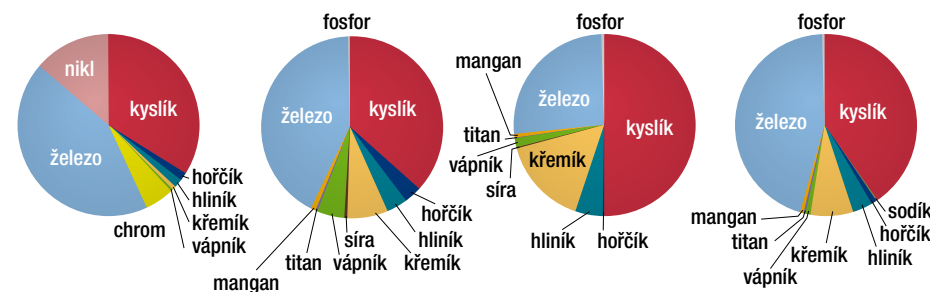
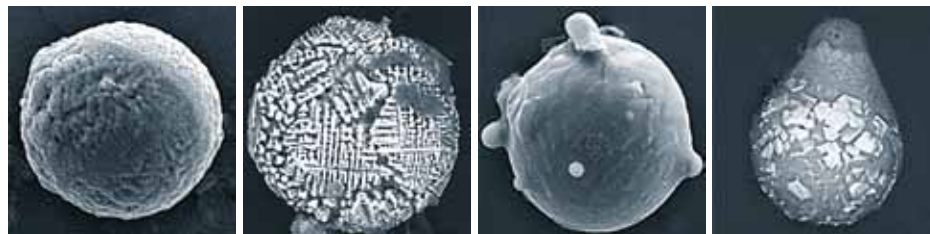
Od doby publikování zmíněného článku vyšly asi dvě stovky návazných prací, které se snažily určit, zda je daná hypotéza životaschopná, či nikoliv. Kritici přišli s alternativními interpretacemi, které by neobvyklý geochemický signál v sedimentech vysvětlily pomocí jiných přírodních procesů, případně poukazovali na skutečnost, že podobné signály se ve čtvrtohorních sedimentech možná vyskytují i v jiných obdobích. Na druhé straně narůstá počet přírodních archivů, které dokládají shodné geochemické anomálie v inkriminované době kolem 10 900 roků př. n. l. Nalezeny byly i v Jižní Americe, Evropě či na Blízkém východě [6].

Důležitým novým argumentem, který hypotézu později podpořil, je nález časově dobře odpovídajícího zvýšení koncentrace platiny v ledu Grónského ledového štítu (vrt GISP2). Vzhledem k velmi malému zastoupení tohoto vzácného kovu v zemské kůře by jeho zdrojem opravdu mohlo být

3. TRS dryádky osmiplátečné (*Dryas octopetala*), Špicberky. Snímek Daniel Vondrák

vesmírné těleso [7]. Platinová anomálie je navíc doprovázena zvýšenou koncentrací amonných kationtů (NH_4^+), který by mohl odrážet vzdálená ohniska rozsáhlých požárů [8]. Později byla zvýšená koncentrace platiny nalezena i na některých lokalitách obsahujících „black mat“, často za současné přítomnosti nanodiamantů. Nanodiamanty mají průměr menší než jeden mikrometr a vznikají z uhlíkatých sloučenin při šokové

vlně, která se pohybuje rychleji než vlny zemětřesené. Energie potřebná k jejich vzniku je natolik velká, že přirozeně vznikají právě při impaktních událostech. Senzaci pak způsobil nedávno publikovaný nález rozsáhlého impaktního kráteru Hiawatha ukrytého pod ledovým příkrovem na severozápadě Grónska [9]. Představuje nejmladší opravdu velkou impaktní strukturu na Zemi (o průměru 31,1 km), kterou musel vytvořit



4. PŘÍKLADY sférických a kapkovitých objektů vykazujících stopy vzniku za podmínek rychlého ochlazení taveniny. Jejich relativní prvkové složení představují odpovídající koláčové grafy. Všechny nálezy pocházejí z lokality Stará jímká a čas jejich uložení se kryje se spodní hranicí mladšího dryasu. Snímky Günther Kletetschka



5. JÁDRO SEDIMENTU odebrané na místě zaniklého jezera Stará jímká. Světle šedý sediment (vpravo) odpovídá konci mladšího dryasu a tmavý sediment (vlevo) počátku holocénu. Snímek Daniel Vondrák

náraz objektu větší než 1 km. Její stáří není přesně známo, ale zatím nelze vyloučit, že mohla vzniknout těsně před začátkem mladšího dryasu. Pokud by těleso, které ji způsobilo, tvořilo více fragmentů, mohl by jejich dopad způsobit nejen výše zmíněný velký přísun sladké vody z roztaveného ledu do Severního ledového oceánu a severního Atlantiku, ale též plošně rozsáhlé požáry mimo Arktidu. To už se však pohybujeme na poli spekulací či modelů a nezbyvá než vyčkat, co přinese budoucí výzkum.

SVĚDECTVÍ ŠUMAVSKÝCH JEZERNÍCH SEDIMENTŮ

Představa velké impaktní události v tak nedávné geologické minulosti budí značnou pozornost. Pokud bychom pro ni měli spolehlivé důkazy, ovlivnilo by to nejen naše nazírání na nejmladší historii přírody, ale i na historii lidstva. Mytologie mnoha náboženství se ostatně jen hemží katastrofami spojenými s ohněm a požáry. Frekvence kolizí naší planety s většími vesmírnými objekty (velkými meteoroidy, planetkami, částmi komet) je překvapivě vysoká. Dokládají to asi dvě stovky potvrzených impaktních kráterů [10] (viz rovněž Vesmír 79, 270, 2000/5). Jde však jen o pomyslnou špičku ledovce, jelikož většina kráterů se díky intenzivním geologickým procesům na Zemi nedochovala. Pro hrubou představu toho, kolik jich bylo takto zahlazeno, se stačí podívat na detailní snímky povrchu Měsíce (Vesmír 98, 574, 2019/10). Další dochované impaktní krátery se navíc

stále nacházejí a nechybějí mezi nimi ani „mladíci“ čtvrtohorního stáří [11]. Nyní však udělejme úrok stranou a vraťme se k původnímu objevu, kterým byl geochemický „otisk prstu“ v sedimentech z úplného počátku mladšího dryasu. Pokud je skutečná a pokud je odrazem globální události, mohla by být k nalezení na velkém území. A s její pomocí by možná také šlo zpřesnit datování čtvrtohorních přírodních archivů. Tuto hypotézu nám pomohly prověřit šumavské jezerní sedimenty.

Na Šumavě se nachází osm stále existujících ledovcových jezer a několik jezer zamezenných. Část z nich je dostatečně stará na to, abychom v nich mohli studovat sedimenty uložené před počátkem mladšího dryasu i po něm [12]. Pro potřeby našeho výzkumu jsme zvolili Starou jímkou, největší zamezenné šumavské jezero ležící nedaleko od jezera Prášílského (obr. 1). Správné stáří odebraných sedimentů se podařilo ověřit nejen klasickou metodou založenou na rozpadu radioaktivního uhlíku ^{14}C obsaženého v organické hmotě, ale také nálezem vrstvy sopečného popela z erupce, která mladší dryas předcházela asi o jedno století (Vesmír 98, 434, 2019/7-8). Výsledkem je překvapivý nález drobných sférických a kapkovitých objektů, které nesou známky roztavení zdrojové horniny a následného rychlého utuhnutí (obr. 4) [13]. Nacházejí se v úzkém rozmezí hloubek (méně než 1 cm) a jejich prvkové složení i morfologie dobře odpovídají nálezům z báze „black mat“ na

lokalitách v USA. Jsou velmi drobné - 10 až 40 μm . Nelze proto vyloučit, že se do povodí bývalého jezera dostaly dálkovým transportem atmosférickou cestou.

Informace získané při studiu Staré jímkou jsou nejen dalším kamínkem do mozaiky poznání mladšího dryasu a příčin jeho nástupu, ale přinášejí též nové výzvy. „Black mat“ je obvykle součástí terestrických sedimentů, které se ukládají epizodicky, kdežto jezerní sedimenty bývají ukládány kontinuálně. Lépe se v nich proto studují náhlé environmentální změny, nemluví o tom, že odrážejí i soudobé procesy probíhající ve vodním prostředí. V takovém kontextu nebyla ona „impaktní hypotéza“ dosud studována. Budoucí výzkum šumavských jezerních sedimentů bude třeba doplnit i o hledání dalších anomálií, které jsou známy ze severoamerických lokalit. V případě jejich doložení to změni minimálně náš pohled na metodické možnosti datování středoevropských sedimentů z konce poslední doby ledové. ●

Výzkum výše představené problematiky je podpořen projektem MŠMT „Paleoekologická rekonstrukce globálních environmentálních změn na počátku mladšího dryasu“ (LTAUSA19141).

K dalšímu čtení...

- [1] Renssen M. et al.: Quat. Sci. Rev. 193, 84–97, 2018, DOI: 10.1016/j.quascirev.2018.05.033.
- [2] Rasmussen S. O. et al.: Quat. Sci. Rev. 106, 14–28, 2014, DOI: 10.1016/j.quascirev.2014.09.007.
- [3] Bradley R. S., England J. H.: Quat. Res. 70, 1–10, 2008, DOI: 10.1016/j.yqres.2008.03.002.
- [4] Murton J. B. et al.: Nature 464, 740–743, 2010, DOI: 10.1038/nature08954.
- [5] Firestone R. B. et al.: PNAS 104, 16016–16021, 2007, DOI: 10.1073/pnas.0706977104.
- [6] Wolbach W. S. et al.: J. Geol. 126, 185–205, 2018, DOI: 10.1086/695704.
- [7] Petaev M. I. et al.: PNAS 110, 12917–12920, 2013, DOI: 10.1073/pnas.1303924110.
- [8] Wolbach W. S. et al.: J. Geol. 126, 165–184, 2018, DOI: 10.1086/695703.
- [9] Kjær K. H. et al.: Sci. Adv. 4, eaar8173, 2018, DOI: 10.1126/sciadv.aar8173.
- [10] http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html.
- [11] Klokočník J. et al.: Tectonophysics 780, 228396, 2020, DOI: 10.1016/j.tecto.2020.228396.
- [12] Vondrák D. et al.: Geosci. Res. Rep. 52, 75–83, 2019, DOI: 10.3140/zpravy.geol.2019.13.
- [13] Kletetschka G. et al.: J. Geol. 126, 561–575, 2018, DOI: 10.1086/699869.
- [14] Hartz N., Milthers V.: Medd. Dansk Geol. Foren. 8, 31–60, 1901.

podrobné literární odkazy na www.vesmir.cz