

Jantar – okno do minulosti

Když se podíváme na kousek jantaru, uvidíme v něm statisíce, nebo dokonce miliony let starý příběh. Co se děje od chvíle, kdy je kapka pryskyřice vyloučena na povrch kůry, až po okamžik, kdy se jako fosilizovaná dostane do rukou člověka? Jaké jantary známe z území České republiky? A proč Jurský park pravděpodobně nikdy nevytvoříme? Jantar přitahoval člověka odjakživa. Přisuzoval mu nadpřirozené vlastnosti, využíval ho ve šperkařství, používal se jako platidlo a byl přidáván do směsi v kadidlech během obřadů. Jeho krásu oceňujeme i v současnosti a slouží také jako zdroj poznání. Především v posledních letech zažívá výzkum jantaru s objevem nových lokalit velký rozvoj. Může nám poskytnout mnohé informace – od složení atmosféry v období, z něhož pochází, až po detaily života živočichů a rostlin, jejichž osudem se stalo zalití do pryskyřice. Metody zkoumání hmyzu v jantaru již byly v Živě představeny (2014, 5: 198–202), v tomto příspěvku se zaměříme na vznik jantaru, jeho výskyt po světě i u nás a důležitost inkluzí, které se v něm našly, pro interpretaci života z dávných dob.

Vznik jantaru

Pokud pryskyřiči postihne příznivý osud, přemění se po čase (přibližně 2,5 milionu let) – a to i geologickém – na jantar. Pryskyřice je vytvářena specializovanými žlázami a kanálky rostlin, přičemž způsob tvorby se u každé rostliny může lišit. Některé produkují pryskyřici v listech, jiné ve stoncích, kůře nebo kořenech. Chemicky jde o směs těkavých a netěkavých sloučenin rozpustných v tucích. Mezi těkavé terpeny patří monoterpeny a seskviterpeny a právě tyto esenciální oleje pryskyřiči dodávají charakteristickou vůni. Slouží jako změkčovadla jejich viskózních složek, díky nim pryskyřice, byť pomalu, teče. Mezi netěkavé terpeny se řadí diterpeny a triterpeny. Tyto látky představují mezi produkty syntézy jiných složek důležitých pro rostliny – např. diterpen je mezičlánkem v syntéze kyseliny gibberelové, hormonu podporujícího klíčivost, a seskviterpen je prekurzorem kyseliny abscisové, hormonu zpomalujícího růst.

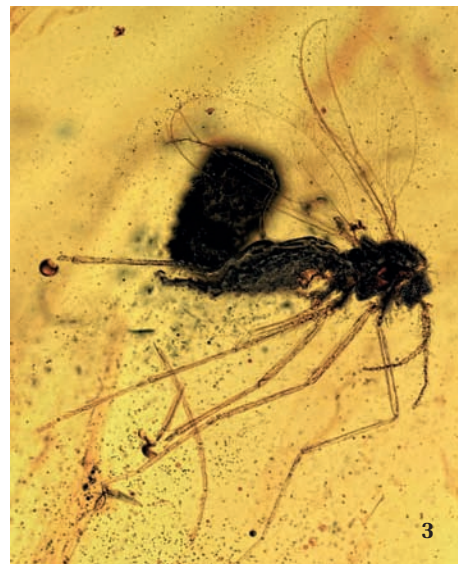
Předpokládá se, že funkce zvýšené produkce pryskyřice, která nastává po požárech, napadení houbami nebo různými škůdci, chrání rány před infekcemi a má repelentní účinek na hmyz a býložravce (Langenheim 2003). Pro vznik jantaru je klíčový proces polymerizace, tedy řetězení molekul. Zapříčiňují ji volné radikály na netěkavých terpenech (nejčastěji diterpenech). Jantary z fenolických pryskyřic se zachovávají velmi vzácně, jako součást jiných fosilizovaných částí rostlin. Jednotlivé monomery, které se na sebe vážou, a jimi tvořené polymery mohou být různé a mohou se na ně vázat i další nepolymerní molekuly, např. kyselina jantarová. Po polymerizaci následují procesy, jimiž jantar „dozrává“ – jako síťování (spojování molekul mezi sebou), izomerace (přeskupení s jiným izomerem) a cyklizace (vytváření kruhových spojení). V jantaru často pozou-

rujeme praskliny – vznikají buď při jeho dozrávání, kdy změní objem, nebo tlakem nadložních sedimentů či lokální tektonikou. Do prasklin pak mají přístup tekutiny z okolí, které nahrazují původní složeni inkluzí. Některé části bioinkluzí potom mohou být pyritizovány, silicifikovány nebo kalcifikovány (Jiang a kol. 2022).

Druhy jantarů

Nejstarší jantar známe z prvohor, a to z časného pennsylvanu (období karbonu). Malé kousky se však zachovaly velmi vzácně a neobsahují žádné bioinkluzi. Byly produktem kapradosemenných a primitivních nahosemenných stromů (Labandeira 2014). Dochoval se v uhelných slojích karbonu v Illinois ve Spojených státech amerických a sestává z asi půlcentimetrových kousků. Nevíme ale, z jakého druhu rostliny pocházejí. Prvohorní výskyty mají také podobu tyčinek – ze žilek, v nichž se koncentrovala pryskyřice. Další prvohorní výskyt pochází z Apalačského pohoří v Severní Americe jako produkt kordaitů, které byly dominantními stromovitými rostlinami v permokarbonu. Produktem kapradosemenné rostliny z řádu *Medullosales* byl o něco mladší jantar ze svrchního karbonu Anglie.

V důsledku velkých změn v evoluci rostlin na konci prvohor nalézáme druhohorní jantar z jehličnatých stromů. Od triasu až po střední křídou existují jantary, které vznikly jako produkt stromů z nyní vyhynulé čeledi *Cheirelepidiaceae*, zahrnující suchomilné a halofilní jehličnaté stromy, a z rodu *Agathoxylon* (blahočetovitě – *Araucariaceae*). Tyto jantary pocházejí ze Španělska, Švýcarska, Itálie, Rakouska, Maďarska, USA a Jihoafrické republiky. V italských Dolomitech je nejbohatší výskyt z období triasu a pocházejí odtud i nejstarší zachované bioinkluzi – členovci (roztoci a hmyz jako trásněnky a pisivky),



- 1 Přírodní pryskyřice vytékající z jedle v Krkonoších je příkladem zdroje jantaru. Stromy produkují pryskyřici v reakci na zranění nebo infekci. Ta pak vytéká a postupně tvrdne, což za příznivých podmínek v procesu fosilizace vytvoří jantar.
- 2 Fosilní list nahosemenné rostliny, kterou se mohli žít býložraví dinosauři. V době, z níž je list, většina jantaru stále pocházela z jehličnanů. Terestrické ekosystémy procházely velkými změnami v důsledku rozvoje krytosemenných.
- 3 Fosilie mouchy z donnes žijící čeledi bejlomorkovití (Cecidomyiidae), která žila v době dinosauřů. Vajíčka kladou do listů a následně vznikají struktury zvané háčky.

houby a řasy. Zvýšené množství jantaru se vysvětluje karnskou fluviální epizodou, která měla velký vliv na vznik nových terestrických ekosystémů. Z jury byly zaznamenány jantary velmi ojediněle, konkrétně z Thajska a Libanonu.

Třetí období se zvýšeným výskytem jantaru začíná kenofytikem (částí druhohor, v níž se objevily krytosemenné rostliny). V produkci jantaru dominují stále jehličnaté stromy čeledi *Cheirolepidiaceae* a blahočetovitých, k nim se přidává čeleď borovicovitých (*Pinaceae*) a cypřišovitých (*Cupressaceae*). Odtud známe jantary ze spodní křídy Libanonu, střední křídy Španělska, Myanmaru, Francie a svrchní křídy New Jersey a Kanady. Velký objem jantaru vznikl v souvislosti s křídovou suchozemskou revolucí, jejímž nejdůležitějším momentem se stal rozvoj opylovačů, kteří měli klíčový význam pro vznik kvetoucích rostlin.

Z kenozoika se jantaru zachovalo nejvíc. Kromě pryskyřice z jehličnatých stromů existuje také jantar produkovaný krytosemennými rostlinami – v paleogénu ještě v omezeném rozsahu. Stále převažovaly blahočetovité, cypřišovitě, a hlavně borovicovité stromy. V menší míře vylučovaly pryskyřici krytosemenné z čeledi dvojkřídláčovitých (*Dipterocarpaceae*), *Combretaceae* a vilínovitých (*Hamamelidaceae*). Z této doby pocházejí mimo jiné baltský, fušunský a sachalinský jantar. V neogénu se však dominantními producenty pryskyřice staly krytosemenné rostliny především z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Posledním obdobím je pozdní oligocén až miocén. Hmyz zachovaný v těchto jantarech je téměř identický se současnými žijícími druhy (Seyfullah a kol. 2018).

Od křídy máme na světě zdokumentováno okolo 170 lokalit, na nichž se jantar vyskytuje. Na 20 místech se nachází v takovém množství, že je jeho těžba ekonomicky výhodná. Nejintenzivněji probíhá v Kaliningradě, a to v objemu, který představuje riziko znečištění životního prostředí.

Extrakce DNA z jantaru

V 80. a 90. letech 20. století začala s vývojem sekvenovačích zařízení narůstat také snaha o rekonstrukci DNA. Předpokládalo se, že rychlé zalití živočicha pryskyřicí tělo mumifikuje, čímž se zachová i jeho DNA. Všechny snahy o rekonstrukci ale byly neúspěšné, nebo s falešně pozitivním výsledkem. Až postupem času se zjistilo, jaká omezení pro zachování DNA ve fosilním záznamu znamená křehká struktura ribonukleových kyselin. Tlak a teplota z geologických procesů působících na sediment, v němž se jantar nachází, má také negativní vliv na zachování struktur DNA. V posledních 10 letech se ke studiu DNA z jantaru přistupuje velmi konzervativně. Dbá se na to, aby nedošlo ke znečištění vzorků DNA z prostředí (často se stane, že je amplifikována DNA z prachových částic nebo předcházecích laboratorních experimentů). Mezi největší úspěchy vědců věnujících se této problematice patří detekování aminokyselin z pera ptáka žijícího před 100 miliony let (McCoy a kol. 2019). Tento objev by se ale dal přirovnat k odhalení několika slabik z knihy. Nález celých struktur DNA je ve skutečnosti



omezen na subfosilní pryskyřice, staré řádově tisíce let (Peris a kol. 2020).

Zajímavé nálezy

Druhové složení inkluzí v jantaru se podobá složení, které najdeme na lepivých pastech položených na kůře stromů. Jak lze předpokládat, nejčastěji se v jantaru zachová hmyz a další členovci. Jde o druhy žijící přímo na kůře nebo v její blízkosti, případně v půdě okolo stromu, z něhož vytékala pryskyřice. Někdy se však uchovají i části drobných obratlovců. Tak byly nalezeny např. fosilie obojživelníků, hada nebo ještěřů. Snad největšímu zájmu veřejnosti se těší nálezy dinosaurů a ptáků v podobě celých částí těl nebo izolovaných per.

Pokud les, který produkoval pryskyřici, rostl v příbřežních zónách, mohlo se vzácně stát, že se do pryskyřice dostali moštití živočichové. Taková situace mohla nastat při monzunových deštích, silných větrech či vysokém přílivu, když se mořská voda spolu se vším, co v ní bylo, dostala do kontaktu s pryskyřicí. Alternativní hypotéza říká, že neztrvdlá pryskyřice byla splavena do mořské vody, kde na sebe tyto živočichy nalepila. Proto existují vzácné nálezy mořských lasturnatek (*Ostracoda*), lilijic, a dokonce jedinečný nález schránky amonita.

Jantar v Čechách a na Moravě

Jantar známe i z našeho území. Jde o drobné výskyty na více lokalitách. Většina českého jantaru pochází z druhohor – konkrétně z křídy, kdy se zde nacházelo teplé mělké moře a do jeho okrajových zón byly splavovány kousky ztvrdlé pryskyřice z lesů na vynořených ostrovech. Tak vznikly jantary, které můžeme najít v Novém Strašecí, Moravské Třebové (označovány jako muckit), Nové Vsi u Třebové (neudorfit), Skutíčku, Pekelci, Křižanech a Valchově (valchovit). Kusy valchovitu jsou pro veřejnost k vidění také v Národ-

4 Hlava švába z čeledi Corydiidae. Co asi viděl před zalitím pryskyřicí? Myanmarý jantar, stáří zhruba 99 milionů let (obr. 2–4). Výzkumem fosilních švábů z jantaru se zabývá autorka článku. Snímky L. Šmídové

ním muzeu v Praze. Mladší jsou jantary ze Študlova, Bíliny (duxit) a Proboštova (pyroretin, Havelcová a kol. 2014). Z nich je nejznámější študlovit z okolí Študlova na jihovýchodní Moravě – jeho stáří se odhaduje na eocenní, kdy panovalo teplé a vlhké klima. V tomto jantaru se zachoval hmyz pro nás předtím neznámý. Zajímavý je nález lupice *Microphorites moravicus*, která je typická hlavně pro období křídy, ale před několika lety byla objevena i na eocenním nalezišti Oise ve Francii. Dalším hmyzem popsaným z tohoto jantaru je parazitická vosička *Moravoscelio bednariki*, jež parazitovala na vajíčkách hmyzu a pavouků, a pamuchnice *Paraectætia ruckai*, jejíž larvy se živily exkrementy primitivních savců. Obě nesou jména po sběratelích študlovského jantaru.

Důkazy o využívání českého jantaru pravěkými lidmi chybějí. Valchovit, který se zachovává ve velkých kusech, se opracováním rozpadá, což vylučuje jeho další využití. Ze študlovitu se ozdoby zhotovít dají, ale výzkum zatím jeho použití pravěkými lidmi k tomuto účelu vyvrací (Antonín Přichystal, Masarykova univerzita, ústní sdělení; Havelcová a kol. 2016).

Závěrem lze říci, že jantar je nejen krásným drahokamem, ale také cenným zdrojem informací pro paleontology a další vědce. Studium fosilního hmyzu a jiných organismů v jantaru poskytuje důležité informace o ekosystémech Země v pradávých časech.

Podrobný seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živý.