

Zmrzlá megafauna a její výzkum

Paleontologové mají nelehkou výzkumnou činnost – poznat život v minulosti. Organismy však fosilizují vzácně a zpravidla způsobem, který neumožňuje studovat jejich anatomii ve srovnatelném detailu jako u těch žijících. I proto si pomáhají rafinovanými analytickými metodami, s pomocí kterých dokážou vydedukovat vzhled a biologii vymřelých druhů. Biolog se u žijících druhů ke stejné informaci dostane nepoměrně snáz – vzhled nemusí rekonstruovat, způsob života může být leckdy určitelný i po nepřilíh dlouhém pozorování a anatomie se dá odhalit rutinní pitvou.

Co se týče (mega)fauny poslední doby ledové – u obratlovců obvykle o hmotnosti dospělců nad 45 kg, definice jednotlivých badatelů se však mohou lišit – pak naše znalosti o ní jsou poměrně rozsáhlé, což je dáno početností a kvalitou uchování, jakož i možností srovnávat s žijícími příbuznými druhy. Kompletnost některých nálezů je doslova úžasná a čtenář si může vybavit takřka úplné kostry řady pleistocenních savců, i když někdy mohou být tyto exponáty složené z fosilií více jedinců. U řady druhů se nám dochovaly i pozůstatky mláďat. V případě některých vhodných fosilizačních prostředí (např. asfaltových jezírek La Brea v Kalifornii) mohou paleontologové popisovat detailní anatomické struktury typu jazykových nebo penisových kostí

či sestavit celé kosterní série druhu od mláďat po dospělé až přestarlé jedince. Podobně mohou sloužit ale i jeskyně. Např. z Moravského krasu byly popsány sluchové kůstky medvědů jeskynních (*Ursus spelaeus*). Některé podmínky, jako jsou zemní vosk (ozokerit), sucho nebo mráz, však umožňují uchovat měkké části, někdy i celá těla včetně dílčích orgánů. V takových případech se do rukou paleontologů dostává mimořádně unikátní materiál s významným potenciálem nebývale rozšířit naše dosavadní znalosti.

Romantika versus realita

Nález vyhynulého druhu – třeba mamuta v sibiřském permafrostu – zní jako splnění badatelského snu, ovšem realita vyžaduje

od výzkumného týmu mimořádné logistické a odborné nasazení i dovednosti. Některé takové nálezy podmanivě ztvárnil ve svých rekonstrukcích Zdeněk Burian (1905–1981), kdy dokonale zachovaný mamut je v různé míře zanořený v křišťálově průhledném bloku ledu. Ve skutečnosti jde často o pozůstatky zvířat v různém stupni rozkladu, zašpiněné prachem, bahnem apod. Pokud je zvíře zanořené ve zmrzlém sedimentu, je třeba ho nejen vyprostit, ale v první řadě najít. Mnohé nálezy z posledních let tak byly objeveny náhodou při hledání mamutoviny, na což se většinou používá proud vody pumpovaný čerpadly, který je schopen odplavit i ztuhlý sediment. Jeho použitím ale můžete vyplavit sedimentární kontext, kusy kůže nebo třeba i obsah trávicího traktu, což se bohužel už také stalo. Další logistickou výzvou je doprava kadáveru do vědecké instituce, kde proběhne detailní výzkum. S těmito komplikacemi se potýkali i první objevitelé zmrzlých ostatků, a ačkoli bychom mohli předpokládat, že dnes mají vědci jednodušší práci, je dobré si uvědomit, že nálezy bývají často v nepřístupných místech. Komplikovaná logistika záchrany a transportu zmrzlého těla tak přetrvává do dnešních dnů. Aby toho nebylo snad málo, objevitelé a zachránci tohoto materiálu se potýkají s mračny komárů a muchniček. A protože dnes často takové exempláře nacházejí místní sběrači mamutoviny, je třeba navíc počítat s domluvou ohledně finančního vyrovnání, aby cenné nálezy skončily ve veřejné instituci. I proto jsou výzkumníci na zachráněný materiál náležitě hrdí a podobně jako u jiných výjimečných paleontologických nálezů tyto mršiny nezřídka dostávají jména (např. mamuti Dima, Máša, Goša, Saša, Ljuba, Igor nebo Juka).





Ямалский мамонтенок
Mammuthus primigenius



1 Tzv. berezovský mamut je ikonickým mamutím samcem kvůli míře zachování, ale i logisticky náročné přepravě z Jakutska přes celou Sibiř do Petrohradu na samém začátku 20. století.

2 až 4 Jamalský mamutek (obr. 2) a magadanský mamutek neboli Dima (3) oproti končtině staré mamutí samice z Jakutska (4) naznačují, že jejich menší velikost někdy umožňuje bezvadné zachování celého těla. Těla větších zvířat nemusela být v sedimentu uvězněna celá, takže bývají nalézána výjimečně.

Dodejme, že úskalí nekončí ani při vědecké expertize v institucích – ostatky jedinců nemusejí nést znaky či stopy, které by mohly umožnit detailnější určení druhu nebo poddruhu, pohlaví, příčiny smrti a sezony úhynu. Některé jsou navíc mrazem vysušené takovým způsobem, že neumožňují přesnou morfometrickou dokumentaci – nabízí se rozvlhčení nebo neinvazivní vyšetření počítačovou tomografií (CT). Některé kadávery patří mladým jedincům (většina celých těl jsou mláďata, obr. 2 a 3), což samozřejmě nabízí zajímavou možnost poznat vymřelý druh, ale srovnání mladých jedinců je vždy ošemetné, protože vyšší srovnávací potenciál mají dospělí jedinci kvůli somaticky ukončenému růstu (alespoň u řady obratlovčích skupin).

Práce s kadáverem

Pro objevitele je prioritou získat kadáver v co nejzachovalejším stavu, jakož i zdokumentovat sedimentární kontext. Tradičně je snaha odebrat sediment pod a nad tělem, případně v něm. I díky tomu lze zrekonstruovat okolnosti uložení nebo uvěznění těla, v případě pylových analýz patričních sedimentů vydedukovat vegetační poměry na lokalitě. Poslední dobou se čím dál více používá i výzkum sedimentární starobylé DNA (sedaDNA; DNA, resp. její fragmenty, které se zachovávají přímo v sedimentu i poté, co se tělo organismu rozpadne, dnes většinou umožňují určení na úrovni rodu), ovšem při odběru sedimentů se musí minimalizovat riziko kontaminací současnou biotou. Takový výzkum může odhalit nejen vegetaci v daném místě a čase, ale i přítomnost dalších organismů, včetně taxonů ve fosilním/palynologickém záznamu málo zastoupených až zcela chybějících. Zásadní je určení stáří sedimentu/kadáveru radiouhlíkovým datováním, což je ale

spolehlivá metoda do stáří asi jen 40 tisíc let. U samotného zachovalého těla se práce paleontologů nejvíce podobá postupům forenzních kriminalistů. Hlavní ambicí odborné expertizy je určit taxon ideálně na druhovou a poddruhovou úroveň, pohlaví, věk, příčinu smrti, sezonu, kdy došlo k úmrtí, provést parazitologické a detailní anatomické či přímo histologické šetření. V sedimentu a na těle se hledají pozůstatky dalších drobných živočichů, třeba hmyzu nebo korýšů. U býložravců vědci navíc zaměřují pozornost na pozřitou potravu – k tomu mohou posloužit fytolity, pylová zrna a makrobytky rostlin v různých částech trávicího traktu od záhybů zubů až k obsahu žaludku a střev. Palynologické analýzy ze záhybů zubů se provádějí z nálezu i mimo permafrost. Tento výzkum vypovídá o pozřené potravě a snad i potravních preferencích daného jedince či druhu a též o vegetačních poměrech v dané oblasti v posledních dnech života zvířete. Podobně užitečnou informaci může poskytnout trus býložravců, zachovaný v permafrostu nebo také v pouštních oblastech Severní Ameriky. Fosilní trus (koprolity) je vůbec unikátní mikroprostředí. Pylové analýzy se tak mohou provádět i v Evropě na trusu hyen jeskynních (*Crocota crocuta*



spelaea) – jejich trus se dobře zachovává díky velkému množství rozdrčených kostí. A např. v Jihoafrické republice se v trusu hyeny čabrakové (*Parahyaena brunnea*) z konce středního pleistocénu (před asi 200 tisíci let) zachovaly i jednotlivé chlupy zvířat z jejího jídelníčku (bylo určeno pět druhů kopytníků).

Metrické a morfologické znaky je možné porovnat s jinými známými jedinci téhož druhu nebo jeho blízkými příbuznými, což v důsledku může přispět k poznání biologie vymřelých druhů. Zvláštním bonusem jsou skutečné rozměry a proporce těla, nikoli odvozované z délky kostí, a celkový fenotyp včetně osteologicky nepodchytitelných parametrů typu délky ušních boltců a ocasů, velikosti a tvaru rohů, kopyt a hrbů ze svaloviny či tuku, celkového zbarvení a barevných vzorů těla nebo třeba počtu hmatových prstíků na chobotech chobotnatců.

Dosavadní nálezy zmrzlé fauny

Nepočítaje nálezy bezobratlých, pak mezi zamrzlými doklady pleistocenní fauny jednoznačně dominují savci. Zde jen zmíníme, že ve vědeckých časopisech byly publikovány i studie uvádějící rozmrazení a „znovuoživení“ hlístic a vířníků z poslední doby ledové. Tyto práce jsou brány vážně, ačkoli možnost kontaminace nebyla zcela vyloučena. Nálezy jiných skupin než savců jsou velmi sporadické, za zmínku ale stojí detailní analýza v permafrostu nalezeného unikátně zachovalého ptáka z r. 2020 – šlo o kadáver skřivana ouškatého (*Eremophila alpestris*) z období před 49–44 tisíci let. Nalezen byl v Jakutsku a díky genomickému šetření určen jako samice.

Jaké savce se tedy podařilo najít?

Ze zajícovců jednu pištuchu (*Ochotona* sp.), jednoho zajíce ménivého (*Lepus americanus*) a čtyři jedince pleistocenního zajíce *L. tanaiticus*, z hlodavců pět syslů rodu *Urocitellus*, pět hrabošů úzkolebých (*Stenocranius gregalis egorovi*) a jednoho lumíka rodu *Lemmus*. Ze sudokopytníků jsou doloženi pouze vyhynulí zástupci. Z jelenovitých se podařilo doposud nalézt dva mladé jedince losa rodu *Cervalces*, z turovitých jednoho mladého pižmoně druhu *Bootherium bombifrons* a pět bizonů stepních (*Bison priscus*) včetně jedince nazvaného Blue Babe, jehož objev, jakož i biologii druhu a poměry pleistocenní mamutí stepi poutavě zpopularizoval známý

americký paleontolog Russell Dale Guthrie. Vymřelého koně *Equus lenensis* (obr. 5) máme dokladované třemi dospělými a téměř dospělými jedinci, jedním embryem, mladým hříbětem starým 1–2 týdny a jedním ročkem. Částečné pozůstatky jsou k dispozici i od jednoho jedince severoamerického koně *E. lambei*.

Nosorožce srstnatého (*Coelodonta antiquitatis*) se našlo 7 jedinců, přičemž dvě samice pocházejí z ozokeritových dolů na západě dnešní Ukrajiny a jejich objev v letech 1907 a 1929 se stal evropskou senzací (obr. 6–8).

Ze šelem byli dlouhou dobu známí jen jeden rosmák (*Gulo gulo*) nalezený v r. 1970 a dva jedinci tchoře černonohého (*Mustela nigripes*) z 80. let 20. století. Od r. 2010 se spektrum druhů rozšířilo o lva jeskynního (dvě asi týdenní a dvě jedno- až dvouměsíční lvičata, vlka obecného (*Canis lupus*, čtyři vlčata ve věku 2–3 měsíců a jedna vlčice stará 2–3 roky) a nedávno dokonce i o homotérium, šavlozubou šelmu rodu *Homotherium* (jedno mládě ve věku několika týdnů).

Vůbec nejpočetněji zastoupeným druhem je ovšem mamut srstnatý (*Mammuthus primigenius*) s 18 jedinci, polovinu tvoří dospělá zvířata, z nich se však zachovávají většinou jen torza (obr. 4).

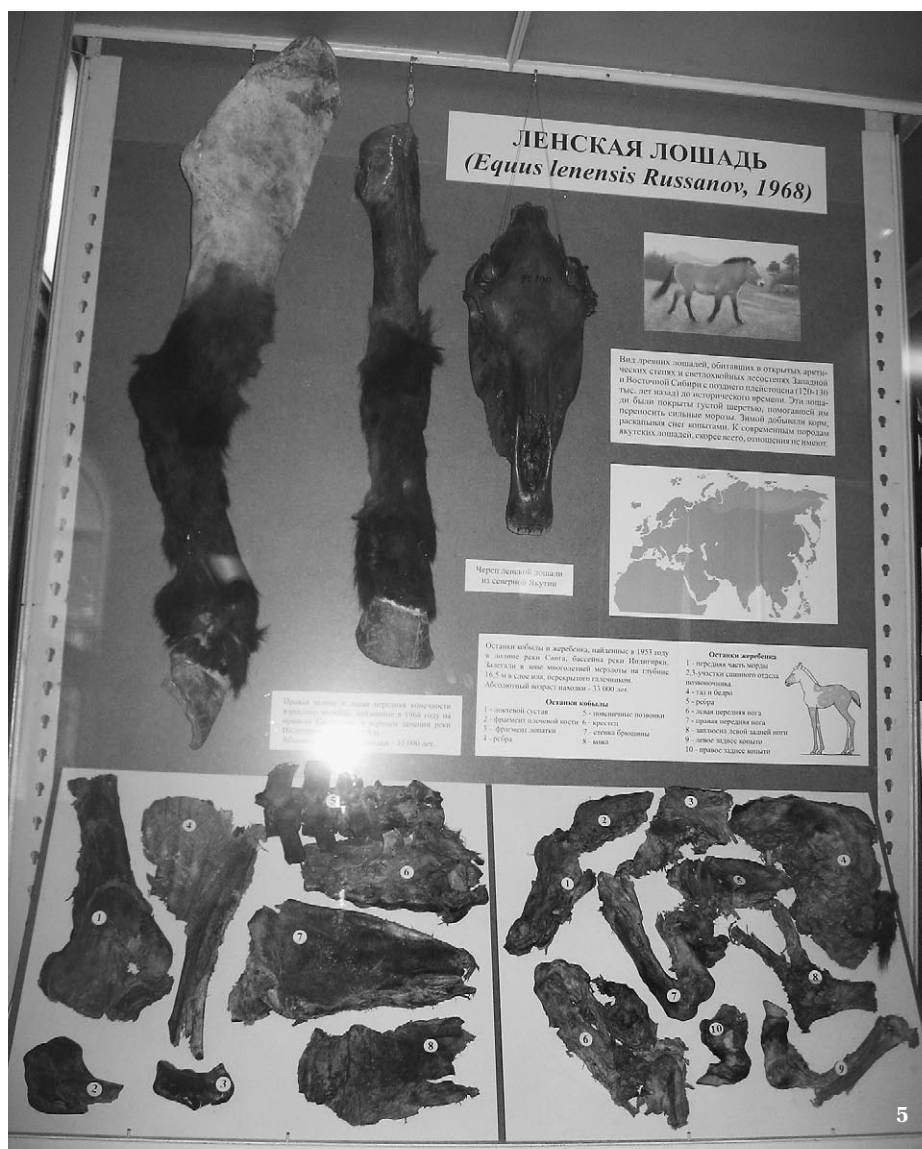
Dodejme, že řada čtenářů mohla zachytit i další nálezy, např. medvěda, který byl prezentován jako medvěd jeskynní. Šlo však o nedorozumění. Následné studie ukázaly, že jde o medvěda hnědé (*U. arctos*), a to navíc z poměrně nedávné doby zhruba 3 500 let před současností.

Při celkové bilanci musíme konstatovat, že výše zmíněné nálezy představují pouhý zlomek pleistocenní faunové diversity. Dále platí, že naprostá většina z nich pochází z permafrostu ze severní Sibíře a severozápadní části Severní Ameriky (Aljaška, Yukon), a je zajímavé, že na Sibiři většina nálezů byla objevena v zóně souvislého permafrostu, v případě Aljašky v zóně nesouvislého permafrostu. Všechny datované nálezy se pojí s poslední dobou ledovou, resp. její mladší polovinou, neboť nejsou na základě aktuálních znalostí starší než 60 tisíc let.

Některé zajímavé nálezy pocházejí též ze suchých jeskyní v Severní a Jižní Americe, odkud máme dokladované pozemní lenochody řady druhů, stejně jako vymřelý druh „kamzíka“ běláka (*Oreamnos harringtoni*). Kvalita zachování je v nich však přece jen horší.

Co nám zbytky pomohly zjistit?

Odpověď na tuto otázku bude i vlivem rozsahu našeho příspěvku zákonitě nekompletní, tudíž se zaměříme jen na některé zajímavosti. Míra uchování se hodila pro pilotní rozjezd výzkumu starobylé DNA. Pro získání sekvencí DNA byly využity měkké tkáně, které se jeví jako vhodnější než jiné, hůře využitelné materiály, včetně již zmíněné sedimentární DNA. V současnosti máme k dispozici početné sekvence (např. stovky mitochondriálních genomů od mamutů nebo koní a přes sto tisíc genomů od bizona stepního), a protože jsou vzorky většinou datované, můžeme zjistit fylogeografické vazby rozpoznávaných linií těchto vymřelých zvířat v čase.



Většina dat však pochází z kostního kolagenu, který se stal jejich standardním zdrojem. Stále ale platí, že právě kosti z permafrostu si zachovávají kolagen a v něm i DNA nejlépe.

Nejcennější jsou informace, které bychom bez znalosti měkkých tkání vůbec neměli možnost získat. Z morfologického hlediska se potvrdil známý fakt, že zvířata z chladných oblastí mají menší extremity, takže pleistocenní megafauna se vyznačovala kratšíma ušima, ocasy apod., a měla kvalitní srst, přičemž každý druh mohl mít své adaptace. Mamuti byli třeba pokryti třemi typy chlupů, ale nosorožci jen dvěma, nicméně ti zase měli silnější kůži. K přežívání mamutích mláďat sloužil nápadný hrb v oblasti krku, kde byla uložena velká zásoba hnědého tuku k netřesové termogenezi. U dospělých mamutů známe hrb v kohoutku, ten byl však zásobárnou bílého tuku. Dále víme o hrbech bizonů.

Řada vymřelých druhů měla zřejmě tmavší srst než jejich příbuzní (např. pižmoni rodu *Botherium*, bizon stepní, jediné mládě homotéria bylo nápadně tmavé). U mamutů se v návaznosti na nalezené chlupy různých barev i některé výsledky genetických analýz uvažovalo, že mohli být barevně variabilní, ale upřímně řečeno je tato možnost stále předmětem diskuzí. Velkou komplikací může totiž představovat degradace pigmentu v průběhu času.

5 Nálezy vymřelých koní, zde *Equus lenensis*, se kromě jiného hodí k vyhodnocení fenotypu a dalších morfologických parametrů v současnosti přežívajících a v historické době vymizelých divokých koní. Fotografie byly pořízeny v Zoologickém muzeu Ruské akademie věd v Petrohradě, kde může běžný návštěvník spatřit i další zástupce pleistocenní fauny (viz obr. 1–4). Snímky J. Robovského, pokud není uvedeno jinak

6 až 8 Takřka celé tělo samice nosorožce srstnatého (*Coelodonta antiquitatis*) nalezené 23. října 1929 ve Starunii na území dnešní Ukrajiny je k vidění v Přírodovědném muzeu v Krakově ve formě dermoplastického preparátu (obr. 6), smontované kostry (7) a tekutinových preparátů některých orgánů. Tělesný povrch a rohy se bohužel neuchovaly. Původní pozici nálezu zachycuje i sádrový odlitek (8). Několikanásobná datování určila stáří tohoto senzačního nálezu na 35–40 tisíc let. Na lokalitě se podařilo najít v r. 1907 a 1929 celkem čtyři nosorožce a jednoho mamuta, ovšem v různém rozsahu uchování a kompletnosti, u dvou nosorožců jen kosterní pozůstatky. Foto R. Hrdlička (obr. 6 a 7) a M. Šorf (8)

Uniformně světlejší srst mamutů ale naznačuje, že v tomto případě mohlo jít skutečně o jejich biologickou vlastnost.



Některé nálezy jistě překvapily – např. u některých pleistocenních koní se našla přerostlá kopyta, která bychom dnes spojovali spíše se špatnou výživou nebo chovem v lidské péči. Nedávný rekordní nález rohu patrně 40leté samice nosorožce srstnatého z Jakutska s délkou podél přední hrany takřka 165 cm a hmotností kolem 9 kg překonal robustností všechny současné druhy nosorožců. Víme také o silnější krční oblasti a protažených předních končetinách, jakož i sněžnicovitých tlapách šavlozubého homotéria. Dobrým příkladem toho, co bychom bez těchto nálezu vůbec netušili, jsou detaily mamutího chobotu. Dospělí mamuti disponovali chlopňovitou rozšířeninou chobotu v jeho koncové části, která se mohla hodit k ukrytí jeho lysého zakončení, druhotně ke sběru potravy, sněhu nebo možná mamutího trusu coby nezanedbatelného zdroje živin v horších časech. Biochemická srovnání měkkých tkání, konkrétně nalezení zvýšeného množství nasycených mastných kyselin (např. kyseliny myristové, palmátové, eikosatrienové nebo linolové), též naznačila, že někteří zástupci pleistocenní megafauny (mamuti, koně) mohli fungovat metabolicky jako někteří savci s nepravou zimní hibernací, resp. shromažďovali velké tukové zásoby a za nepříznivých podmínek snížili úroveň metabolismu, tedy tepovou frekvenci a teplotu těla.

Kde je můžeme vidět

Navzdory jedinečnosti těchto nálezů je možné některé z nich spatřit v expozicích významných muzeí, ale zvláště novější nálezy jsou uloženy za specifických podmínek v depozitářích. Nejvíce nálezů ukazuje veřejnosti Zoologické muzeum Ruské akademie věd v Petrohradu a Mamutí muzeum v Jakutsku (republika Sacha), přičemž řadu dílčích nálezů vystavují další muzejní instituce v Jakutsku.

Dermoplastický preparát již zmíněného bizona Blue Babe se nachází na Aljašské univerzitě ve Fairbanksu (University of Alaska Museum of the North). Tento nález návštěvníka překvapí modravým zabarvením, což je způsobeno minerálem vivianitem z místa původního uložení. Vivianit coby hydratovaný fosforečnan železitý se vyskytuje v oxidačních zónách ložisek železných rud, ale také na rašelinistích, v jezerních sedimentech nebo na zkamenělých kostech. Vivianit provází řadu nálezů kostí a kadáverů ze Sibiře a Aljašky. Nejblíže z výše zmiňovaných výjimečných nálezů – samici nosorožce srstnatého nalezenou ve Starunii na území dnešní Ukrajiny – můžeme vidět ve formě dermoplastického preparátu, několika anatomických preparátů a složené kostry v Přírodovědném muzeu v Krakově (obr. 6–8). Bohužel srst se již na tomto exempláři nezachovala.

A vrátí se někdy?

Pokroky v biotechnologiích vzbuzují optimismus ve snahách některých týmů, institucí i podnikatelů oživit vymřelá zvířata. Jisté je, že máme k dispozici velké části genomů i celé genomy již řady organismů, včetně těch vymřelých. Jestli nové metody povedou i ke konstrukci umělých chromozomů a oživení některých vymřelých zvířat, ukáže budoucnost, každopádně mnoho ambicí se zaměřuje na druhy, které nemají blízko k modelovým organismům. Kromě objektivních technologických a biologických výzev a komplikací (např. neznalosti epigenetického prostředí buněk) půjde o aktivitu se silným etickým i taxonomickým obsahem. Bude zajímavé sledovat, jak se tyto snahy budou vyvíjet. Řada čtenářů mohla nedávno zaznamenat „oživení pravlků“ (více na str. CXLVI–CXLIX tohoto čísla a také ve Vesmíru 2025, 7–8: 406–407), nicméně my jsme za svůj život zažili už bezpočet ohlášených oživení mamuta v příštích několika letech... Dodejme, že existuje i ochránářský manuál IUCN pro takové snahy (IUCN SSC Guiding Principles on Creating Proxies of Extinct Species for Conservation Benefit). Bez ohledu na tyto aktivity lze doufat v nové fascinující objevy zmrzlé megafauny a udržení současné žijící megafauny cílenou ochranou.

Použitá literatura uvedena na webu Živý.