

Deextinkce – návrat vyhynulých nebo vyhynulých druhů

Mohou biotechnologie ruku v ruce s genovým inženýrstvím navrátit světu mamuta, ptáka moa nebo pravlka obrovského? A bylo by to správné? Vědecké poznání, že v dávných dobách žili na Zemi živočichové, kteří nenávratně zmizeli, vzbudilo v lidech touhu tato zvířata spatřit na vlastní oči. Upírali zraky k odlehlým koutům světa a doufali, že tam na vyhynulé tvory narazí. Naději přiživovaly objevy „živých fosilií“, jako je haterie novozélandská (*Sphenodon punctatus*) podobná druhohorním plazům nebo latimérie podivná (*Latimeria chalumnae*) příbuzná jurským lalokoploutvým rybám *Swenzia*.



Představy o střetech s pravěkou faunou dráždily i fantazii spisovatelů. Jack London umístil v povídce Předpotopní trofej přežívajícího mamuta na aljašský Klondike. Jules Verne nechal hrdiny svého románu Cesta do nitra Země sestoupit za pravěkou faunou do podzemí. A v románu Ztracený svět od Arthura Conana Doylea přežili pravěcí lidé i zvířena na náhorní plošině stolové hory uprostřed Amazonie. Filmaři nabídli ještě dokonalejší iluze návštěvy pravěku, ať už šlo o českou Cestu do pravěku v režii Karla Zemana, nebo o americký Jurský park. Autor literární předlohy Spielbergova filmu Michael Crichton však neposlal své postavy do pravěkého světa, který jako zázrakem přežil do dnešních dní, nýbrž do světa zrozeného v laboratořích biologů a genetiků. Představitelé biotechnologických firem, jako je americká Colossal Biosciences biologa George Churcha a podnikatele Bena Lamma, se nás nyní snaží přesvědčit, že se vědeckofantastické vize mění v realitu.

Je v možnostech současné vědy vrátit na svět vyhynulé druhy, provést jejich oživení neboli deextinkci? A měli bychom se do toho vůbec pouštět? Nakolik je reálné oživení druhů, které jsme už stačili vyhubit?

Návrat klasickým šlechtěním

O návrat vyhynulých velkých savců se vědci pokoušeli už v první polovině 20. století. Příkladem jsou německé projekty bratří Lutze a Heinze Heckových o „zmrtevých-vstání“ pratury (*Bos primigenius*) a tarpána stepního (*Equus ferus*). K získání zvířat podobných pratury vyhynulému v r. 1627 využili klasického křížení a selekce na znaky typické pro vyhynulý druh. Heinz, který stál v čele mnichovské zoo, vsadil na primitivní plemena, jako je skot korsický, skotský náhorní nebo uherský stepní. Lutz (Ludwig Georg Heinrich), ředitel zoologické zahrady v Berlíně, spoléhal na málo prošlechtěná plemena z Andalusi. Pro svůj projekt dokázal jako člen nacistické NSDAP (Národně socialistické německé dělnické

strany) a přítel Hermanna Göringa získat významnou podporu. Nacistického pohlavára nadchl vizí „germánského pralesa“ – přírodní rezervace, kam by byla vysazena zvířata „čistých ras“ včetně Heckem vyšlechtěných praturů a tarpánů. Němci vybrali i příhodnou lokalitu – Bělověžský prales.

Druhou světovou válku přežil pouze skot šlechtěný Lutzem Heckem a dnes žije např. v maďarském národním parku Hortobágy. Jeho šlechtění se nezastavilo a v 90. letech 20. století byl křížen s chianským a sayagueským skotem. Do pratury mu však stále něco chybí. Je např. výrazně menší a také méně odolný. Jiné projekty, třeba nizozemský Tauros, si vytyčily za cíl mnohem dokonalejší nápodobu pratury. Nic to ale nemění na skutečnosti, že plnohodnotné pratury získat nelze. Jejich dědičné vlohy, ale i aktivity předávané učením z generace na generaci zmizely s poslední samicí, jež zemřela z přirozených příčin v polském královském lese Jaktorów.

Podobně se snažili bratři Heckové vzkřísit tarpána stepního vyhynulého v r. 1879. Za tímto účelem křížili klisny z Islandu a ostrova Gotland s hřebci koně Převalského (*Equus przewalskii*). Ve stejné době se polští vědci snažili o návrat tarpána křížením koní místního plemene konik. Za druhé světové války Němci polský program zrušili a zvířata z něj zapojili do projektu bratří Hecků. Výsledkem je Heckův kůň, který určitými znaky, jako je barva srsti, tmavý pruh na hřbetě a pruhování na předních končetinách, skutečně připomíná tarpána. Jinými znaky, např. polehlou hřívou, v sobě ale stále nezapře krev domácích koní. Jak jsme již zmínili, výsledkem zpětného šlechtění nemohou být obnovené vyhynulé druhy, pouze jedinci, kteří se jim podobají vybranými znaky.

Možnosti biotechnologií

Moderní věda nabízí mnohem účinnější prostředky, než jaké měli k dispozici Heckové a jejich následovníci. Názorně si je můžeme demonstrovat na projektu Biorescue zaměřeném na záchranu nosorožce tuponosého severního (*Ceratotherium simum cottoni*), považovaného též za druh nosorožce Cottonův (*C. cottoni*). Poslední dvě samice tohoto taxonu dožívají v keňské rezervaci Ol Pejeta a jsou neplodné. Vědci ale uchovávají v tekutém dusíku tělní buňky dalších 13 jedinců a k tomu i zmražené spermie čtyř samců a 39 zmražených embryí vytvořených oplozením z zkumavce.

Hlavní limitující faktor představuje nedostatek vajíček, která se odebírají z vaječníků hormonálně stimulovaných neplodných samic. Spermii je dost, protože oplození se provádí intracytoplazmatickou injekcí, kdy je jedna spermie pod mikroskopem vstříknuta do vajíčka tenkou skleněnou kapilárou. Problém je ale nízký počet jedinců, jejichž pohlavní buňky – spermie a vajíčka – mají vědci z programu Biorescue k dispozici. Embrya nosorožce tuponosého severního (Cottonova) vzniklá pomocí metod asistované reprodukce by měly donosit samice hojnějšího nosorožce tuponosého jižního (*C. simum simum*, nebo též *C. simum* v užším pojetí). Z několika provedených přenosů embryí se ale zatím mládě nenarodilo.

Teoreticky by bylo možné získat spermie a vajíčka i od jedinců, od nichž jsou



1 Rekonstrukce souboje pravlka obrovského (*Aenocyon dirus*) a šavlozubé kočkovité šelmy rodu *Smilodon* o tělo mamuta *Mammuthus columbi* uvízlého v asfaltovém jezírku lokality La Brea v Kalifornii. A history of land mammals in the western hemisphere (W. B. Scott 1913). Orig. R. B. Horsfall (1869–1948)

2 Kůň získaný zpětným šlechtěním primitivního plemene polski konik – měl by připomínat divokého tarpána, zůstala mu ale polehlá hříva. Zoo Wrocław, Polsko
3 Heckův skot – bratři Heckové se v Německu 30. let 20. století pokoušeli získat zpětným šlechtěním znaky vyhynutého praturu. Zoopark Chomutov. Foto M. Kořínek (obr. 2 a 3)

k dispozici pouze tělní buňky. Nabízí se postup vyvinutý v r. 2006 japonským biologem Shinyou Yamanakou. Při něm jsou v tělních buňkách aktivovány čtyři geny – *Sox2*, *Oct4*, *Klf4* a *c-Myc*. Tím se specializované buňky vrátí do stavu nápadně podobného buňkám velmi raných embryí. Následně lze z buněk v laboratoři navozením příhodných podmínek vypěstovat vybraný druh specializovaných buněk včetně spermií a vajíček. Postup zvládli japonští biologové u laboratorních myší. Nyní usilovně pracují na modifikaci metody tak, aby fungovala i pro buňky nosorožce.

Další možnost, jak vytvořit z tělní buňky nové zvíře, spočívá v klonování neboli v přenosu jader somatických buněk (viz také seriál v Živě 2005, 4–6). Při něm by bylo jádro tělní buňky nosorožce tuponosého severního vneseno do vajíčka jižního taxonu zbaveného jeho vlastní jaderné dědičné informace. Takto vzniklý zárodek by donosila náhradní matka jižní formy. U nosorožců se zatím o klonování vědci nepokoušeli. Přínosy této metody ale ukázalo klonování amerického tchoře černonohého (*Mustela nigripes*). Tato lasicovitá šelma byla kdysi v Severní Americe hojná, ale ocitla se na pokraji vyhynutí poté, co farmáři zdecimovali na svých pastvinách kolonie psounů (*Cynomys*). Tchoř přišel o potravu a jeho stavy klesaly. K dalšímu úbytku psounů i tchořů došlo v důsledku zavlečení kmen morové bakterie *Yersinia pestis* do jejich populací. V r. 1985 přežívalo posledních 18 tchořů černonohých, kteří byli odchyceni a dále chováni v zajetí. K jejich rozmnožení byla využita i umělá inseminace. Šelmu se

tak podařilo zachránit, její populaci zvětšit a vysadit zvířata zpátky do přírody.

I když počty tchořů utěšeně stoupaly, genetická diverzita populace se povážlivě zúžila. V biobance ale ležely v tekutém dusíku zamražené buňky samice, která uhynula v r. 1988 a v dědičné informaci nesla genetické varianty, jež obnovené populaci chyběly. Vědci se proto rozhodli z buněk naklonovat zvíře, jehož prostřednictvím by se ztracené genetické varianty do obnovené populace tchořů vrátily. V r. 2020 se tak narodila samička pojmenovaná Elizabeth Ann, která byla úspěšně zařazena do chovu.

Klonování provází řada problémů. Není to má velmi nízkou úspěšnost, zhusta nepřesahující jednotky procent, ale jedinci vzniklí s využitím této biotechnologie často trpí závažnými vrozenými defekty. Například poslední samice vyhynulého poddruhu kozorožce iberského známého jako bucardo (*Capra pyrenaica pyrenaica*) uhynul v r. 2008 jen několik minut po narození.

Ve sdělovacích prostředcích se čas od času objeví zprávy o plánech vědců naklonovat vakovlka tasmanického (*Thylacinus cynocephalus*) nebo mamuta srstnatého (*Mammuthus primigenius*). Tady už se ale věda ocitá na velmi tenkém ledě. Pro klonování je zapotřebí zdravá tělní buňka, vajíčko a samice, která donosí vzniklé embryo a klon porodí. V případě tchoře černono-

hého nebo kozorožce pyrenejského jsou k dispozici tělní buňky. Jako dárkyně vajíček a náhradní matka pro embryo „zaskočí“ samice blízké příbuzných druhů. U tchoře je to fretka, u kozorožce domácí koza. Pro vakovlka či mamuta nejsou ale k dispozici nejen dárkyně vajíček a náhradní matky, ale dokonce ani zdravé tělní buňky. DNA v tělech mamutů nalezených ve věčně zmrzlé půdě nebo v muzejních exponátech vakovlka je těžce poškozená, a pokud se v jejich tkáních nacházejí buněčná jádra, jsou za současného stavu poznání pro klonování naprosto nepoužitelná.

Obtížné čtení starých genomů

Myšlenka oživení vymřelého nebo vyhynulého druhu s využitím metod genomového inženýrství vychází z představy, že na Zemi žije blízké příbuzný druh ztraceného živočicha a genom inženýři mohou „přepsat“ jeho dědičnou informaci do té míry, že jej promění v zástupce zmizelého druhu. K tomu potřebujeme znát genomy jak vyhynulého, tak přežívajícího příbuzného druhu. Dále je nezbytná metoda genomového inženýrství dovolující velký počet přesných zacílených změn v dědičné informaci.

Jako nejjednodušší se jeví získání kompletních genomů. Zatímco u žijících organismů to nebývá problém, u vyhynulých nebo vyhynutých druhů narážíme na velké potíže. DNA je značně nestabilní a její poloha rozpadu se pohybuje obvykle kolem 500 let. V suchu a chladu postupuje rozklad pomaleji, teplo a vlhko ho urychluje. Už v r. 1984 dokázal americký genetik Allan Wilson izolovat DNA ze 140 let starého muzejního exponátu vyhynulé zebry kvagy (*Equus quagga*). V 90. letech se rozjely doslova závody, kdo získá starší DNA. V čele těchto snah stál kanadský paleontolog George Poinar a jeho syn genetik Hendrik. Poinar starší studoval pravěký hmyz dochovaný v jantaru. Poinar mladší odebíral z těchto exemplářů vzorky a izoloval z nich DNA. Byl to právě George Poinar, kdo inspiroval Michaela Crichtona k myšlence oživení dinosaurů z DNA, jež se dochovála v jantaru v útrokách komárů sajících krev druhohorním ještěrům.

V r. 1993 ohlásili Poinarové úspěšnou izolaci DNA ze 120 milionů let starého



brouka nosatce. Ani tato, ani mnohé další podobné studie ale neobstály. Ukázalo se, že fosilie živočichů v jantaru DNA neobsahují a nalezené fragmenty dědičné informace pocházejí z kontaminace vzorků. Z této rány se paleogenetika a paleogenomika vzpamatovaly díky švédskému genetikovi Svantemu Pääbovi, který za rozvoj těchto vědních disciplín získal v r. 2022 Nobelovu cenu. Jeho studie prokázaly, že „pravěkou“ DNA lze získat a zkoumat (o výzkumu archeogenetiky na příkladu člověka viz např. Živa 2023, 4: 154–158). Ta však musí být mnohem novějšího data. Dnes se k nejstarším získaným sekvencím DNA řadí zlomky dědičné informace fauny a flóry, jež žily v oblasti grónského Kap København před 2,5 milionu let. Zdaleka nejde o celé genomy. Vědci dokázali získat jen krátké sekvence, které ale dovozovaly určit rostlinné a živočišné druhy.

Limity studia staré DNA, včetně získané z muzejních exponátů vyhubených živočichů, ukázali vědci z týmu vedeného genetikem Thomasem Gilbertem z univerzity v Kodani. Podrobili analýzám dědičnou informaci vyhubené krysy Maclearovy (*Rattus macleari*), jež se vyskytovala pouze na Vánočním ostrově v Indickém oceánu jižně od Sumatry a Jávy a zmizela odtud kolem r. 1903. Gilbert se spolupracovníky použili relativně „čerstvý“ muzejní exemplář a pokusili se z jeho kůže získat kompletní genom. Úspěšnost kontrolovali srovnáním s velmi dobře prostudovaným genomem potkana (*R. norvegicus*). Genom krysy Maclearovy dokázali rekonstruovat jen z 95 %. Mezi chybějícími sekvencemi byly i ty, na kterých se nacházejí geny pro čichové receptory nebo pro složky imunitního systému.

Pomůže genové inženýrství

Zatím tedy neumíme zkompletovat ani genomy živočichů, kteří zmizeli z povrchu planety relativně nedávno. O to větší výzvou by bylo přečtení genomu zvířat vyhynulých před tisíci, nebo dokonce miliony let. Problematické by bylo i přepisování genomů. Genetici mají k dispozici nástroje, jež zásahy do dědičné informace zpřesnily, zefektivnily, zjednodušily a v neposlední řadě i zlevnily. Patří k nim i nástroj známý jako CRISPR (podrobněji v Živě 2017, 2: 70–72 a XLVII–XLIX), který spatřil světlo světa v r. 2012 na Kalifornské univerzitě v Berkeley a jeho objevitelku Jennifer Doudna a Emmanuelle Charpentier za něj dostaly v r. 2020 Nobelovu cenu. CRISPR mění DNA na vybraném místě, kde nejprve přestříhne dvoušroubovici DNA. To ale limituje počet zásahů, které lze provést najednou, protože příliš mnoho střihů vyhodnotí buňka jako těžké poškození a spustí autodestrukční procesy. Pro organismus je to přirozená ochrana před buňkami s neúmyslně poškozenou DNA, protože u těch hrozí zvrhnutí na buňky zhoubného nádorového bujení. Pro přepis přežívajícího druhu na vyhynulý by bylo nutné změnit DNA na milionech míst. A to je pro dnešní vědu opět neřešitelný problém.

Někteří vědci se rozhodli tuto překážku obejít tím, že v dědičné informaci provedou podstatně méně zásahů a soustředí se na ty, které přinášejí nápadné změny vzhledu. K čelním zastáncům tohoto směru se řadí



4 Naklonovaná samice tchoře černo-nohého (*Mustela nigripes*) Elisabeth Ann stará 48 dní. Foto U.S. Fish and Wildlife Service, Mountain Prairie

i výše zmíněný George Church, který se spolupracovníky začal do laboratorně pěstovaných buněk slona indického (*Elephas maximus*) vnášet vybrané geny z dědičné informace mamuta. Slon indický je nejbližším příbuzným vyhynulého chobotnatce, ale evoluce ho zformovala pro zcela jiné životní podmínky. Churchovy experimenty vzbudily pozornost podnikatele Bena Lamma. Z jejich vzájemné dohody vzešla biotechnologická firma Colossal Biosciences, jež si klade za cíl návrat vyhynulých druhů fauny.

Kromě jiného plánuje i deextinkci mamuta. Nebude to však mamut se vším všudy. Vědci chtějí dosáhnout zhruba 65 zásahů do dědičné informace toho, že slon indický získá vzhled mamuta (měl by mít např. mamutí srst) a bude s mamutem sdílet i některé fyziologické vlastnosti (např. odolnost k mrazu). Dědičná informace sloniho embrya by měla být upravena pomocí postupných zásahů metodou CRISPR – 65 střihů by měl savčí zárodek přežít. Prasaťům už Church dokázal tímto způsobem upravit dědičnou informaci na 69 místech. Spolu s Lammem chce světu představit slona s mamutími rysy už v r. 2028.

Připravenost k tomuto projektu prezentovali vědci z Colossal Biosciences vytvořením „mamutí myši“. V tomto experimentu upravili laboratorní myši dědičnou informaci na 7 místech. Z toho ale jen na třech místech pozměnili DNA tak, aby odpovídala genům mamuta. Čtyři zbývající modifikace byly přeneseny z jiných linií laboratorních myši. Vzniklo tak zvíře s dlouhou rezavou srstí. Ta možná připomíná srst mamuta, ale svou podstatou nemá s jeho chlupy skoro nic společného. O tom, že přenášet geny z jednoho organismu do druhého nemá vždy očekávaný výsledek, se vědci z biotechnologické firmy přesvědčili, když myším přenesli gen, který měl mamutům zajišťovat odlišný metabolismus tuků. V myším organismu zůstal gen bez jakékoli fyziologické odezvy.

Velký rozruch vyvolaly zprávy, že Colossal Biosciences oživila pravka obrovského (*Aenocyon dirus*). Vědecká ředitelka firmy Ruth Shapiro hlásila: „První oživení vyhynulých zvířat je tu.“ Skutečnost však byla o poznání prostší. Vědci použili laboratorně pěstované buňky vlka obecného (*Canis lupus*) a ve 14 jejich genech provedli 20 změn. Z těchto buněk pak klonováním vytvořili zvířata a představili je veřejnosti jako pravky obrovské.

„Je to pes s 20 editacemi genomu,“ namítl T. Gilbert a na adresu Colossal Biosciences, pro niž pracoval jako vědecký poradce, dodal: „Když tvrdíte něco, co lze snadno vyvrátit, riskujete ztrátu vědecké reputace.“

Vědci z této firmy izolovali DNA z pravlích fosilií a dokázali přečíst část genomu zvířete. Zdaleka ale nepřčetli genom celý. Z 20 modifikací provedených na genomu vlčích buněk jich imituje sekvence odhalené v genomu pravka obrovského jen 15. Church a spolupracovníci vnesli do genomu vlka i varianty genů známé z dědičné informace domácích psů. Týká se to třeba bílé barvy srsti. Pokud by vědci vnesli do genomu vlčích buněk gen určující barvu srsti pravka, byla by zvířata postižena hluchotou. U varianty zajišťující bílou barvu psům to nehrozilo.

Ožil pravk obrovský, který vyhynul před 10 tisíci let? Tak lze uvedený počín jen stěží označit. Vlk a pravk se vyvíjeli odděleně po 6 milionů let a nebyli si blízce příbuzní. Odhaduje se, že jejich dědičná informace se lišila asi na 12 milionech míst. Vědci jsou přesvědčeni, že i proto se vlci a pravci nikdy vzájemně nekřížili. Pravci zřejmě nebyli bílí a zbarvení připomínali spíše kojota. Bylo to pro ně výhodnější, protože nežili v polárních oblastech, ale jejich domovinou byly kraje mírného až tropického pásu. Ani zvýšený růst, kterým se firma oháněla jako výsadní vlastností pravků, není u některých linií vlků zcela neobvyklý.

V Colossal Biosciences přivedli na svět hned několik imitací pravků získaných 20 genetickými úpravami genomu vlka. Další osud těchto zvířat je ale nejasný. Firma je drží na utajeném místě v ohrazeném a bedlivě střeženém prostoru o rozloze 800 ha. „Pravci“ neloví, ale jsou krmeni zvěřinou. Firma nepočítá s jejich rozmnožováním. Pro okolní přírodu představují riziko. Pokud by unikli a našli volně žijící vlky, s vysokou pravděpodobností by se s nimi mohli pářit a plodit mláďata. Tím by se genetické úpravy dostaly do dědičné informace vlčí populace a mohly by se tam šířit. A to je to poslední, co bychom si mohli přát.

V podobném stylu plánuje Colossal Biosciences také „oživení“ vakovlka tasmanického. Za základ pro přepsání dědičné informace si vybrali jednoho z nejmenších masožravých vačnatců vakomyš tlustocasou (*Sminthopsis crassicaudata*). Genetické změny v dědičné informaci embrya vakomyši by měly odklonit vývoj jedince směrem ke znakům a vlastnostem vakovlka. Geneticky upravená embrya by nejprve nosila samice vakomyši a později by nedozrálým mláďatům zajišťoval příhodné podmínky k životu speciální inkubátor – „umělá děloha“. Firma přiznává, že umělou dělohu je teprve nutné vyvinout.

Vstane moa z mrtvých?

Podstatně komplikovanější úkol čeká na vědce, kteří by chtěli oživit vyhynulé nebo vyhubené ptáky. Colossal Biosciences plánuje návrat novozélandského moa *Dinornis giganteus*. V roli výchozího ptačího druhu pro genetické „přepisování“ počítají s tinamou argentinskou (*Eudromia elegans*), která je nejbližším žijícím příbuzným ptačího obra dorůstajícího výšky až 3,5 m. Tinamy jsou výrazně drobnější a na délku měří kolem 40 cm. Kladou poměrně malá vejce, která by zřejmě pro vývoj embrya moy nestačila. A to je další komplikace.

Nápodobá moy by měla vzniknout poměrně složitým postupem. Vědci chtějí využít skutečnosti, že budoucí pohlavní buňky putují v ptačím embryu v určitém stadiu vývoje z místa svého vzniku ve žloutkovém váčku na místo v zárodečné liště, kde pak setrvají po zbytek života. Budoucí pohlavní buňky označované jako primordiální zárodečné buňky se stěhují krevním řečištěm. Vědci je dokážou z krve embrya odebrat, v laboratoři je pak izolují a podrobí cíleným zásahům do dědičné informace. Pro oživení moy by byly primordiální zárodečné buňky tinamy geneticky upraveny, aby nesly vlohy moy. Následně by byly vneseny do cév embrya emu hnědého (*Dromaius novaehollandiae*). S krví by doputovaly do zárodečné lišty a podílely by se tam na vzniku pohlavních buněk – spermií samců a vajíček samic. Získaní samci a samice emu by se křížili mezi sebou a kombinovali by vlohy svých pohlavních buněk. Mohli by plodit emu, křížence emu a geneticky upravené tinamy a také „čistokrevné“ geneticky modifikované tinamy. Emu snášejí velká vejce a embryo, jež zdědilo od obou rodičů genom tinamy „přepsaný“ na genom moy, by v nich našlo dost prostoru i živin. Z těchto vajec by se klubali ptáci, kteří by měli připomínat vzhledem obřího ptáka moa. Jestli tomu tak skutečně bude, ukáže čas.

Podobným způsobem chtějí „přepsat“ dědičnou informaci přežívajícího holuba nikobarského (*Caloenas nicobarica*) na genom vyhynutého dronteho mauricijského (*Raphus cucullatus*). I tento projekt ale vzbuzuje řadu pochybností. Kromě jiného kvůli tomu, že holub nikobarský je vzácný a v červeném seznamu IUCN patří do kategorie „téměř ohrožený“.

Smíme vše, co umíme?

Za současného stavu poznání je vytváření vyhynulých nebo vyhubených druhů technicky nemožné. To ale neznamená, že bychom si neměli klást otázku, zda jsou snahy o deextinkci správné. Už v r. 2014 vytvořila Species Survival Commission (SSC) při Mezinárodní unii ochrany přírody (IUCN) pracovní skupinu De-extinction Task Force. Tato skupina publikovala o dva roky později zprávu IUCN SSC Guiding Principles on Creating Proxies of Extinct Species for Conservation Benefit. V té jsou stanovena rámcová pravidla pro tvorbu „náhradníků“ (proxies) za vymřelé nebo vyhubené druhy. Autoři jsou přesvědčeni, že klíčová je ekologická role druhu. Pokud by ji mohl zastávat jiný živočich, např. nedokonalá „kopie“ vytvořená jen částečným přepsáním dědičné informace, bylo by to pro přírodu přínosem. Zpráva upozorňuje na jedné straně na možné přínosy, na druhé straně varuje



5 *Megalapteryx didinus* – jeden z vyhynulých druhů ptáků moa. Mumifikované preparáty umožňují získat části starobylé DNA. Muzeum Nového Zélandu. Převzato z Wikimedia Commons, v souladu s podmínkami použití (obr. 1, 4 a 5)

před potenciálními škodami a hrozbami. Nastoluje také otázku, zda je nutné „náhradníky“ složitě vytvářet a zda jejich roli nemohou převzít přežívající druhy a poddruhy. Můžeme se ptát, zda má smysl pro ekologické role oživovat nosorožce tuponosého severního (Cottonova) a zda by jeho ekologickou roli nezastal jižní příbuzný.

Celkem logicky se bude lišit náš náhled na oživení druhů vyhynulých v nedávné době člověkem a druhů, které vyhynuly ještě před tím, než člověk začal zásadním způsobem zasahovat do chodu přírody. Z tohoto pohledu by mohla být deextinkce vakovlka tasmanického vnímána jako náprava hříchů našich předků. Mohla by být proto přijatelnější než oživení pravlka obrovského. U druhů vyhynulých před delší dobou se rysuje jako závažný problém fakt, že jejich ekologickou roli už převzaly jiné druhy. Ty by mohly být návrhem vyhynulého živočicha ohroženy a v krajním případě by samy čelily vymření. Otázník se vznáší i nad tím, jak plnohodnotně budou „náhradníci“ plnit ekologické role vyhynulých nebo vyhynulých druhů. Nebude asi možné obnovit všechny funkce jejich organismu. Obtížné se bude restaurovat třeba střevní mikroflóra. Zdaleka ne všechny životní aktivity mají zvířata dané dědičností. Řadu z nich se učí a předávají si je z generace na generaci. Navrátit tyto znalosti a dovednosti do populací náhradníků bude složité, ne-li nemožné. Pokud nebudou mít oživené druhy v přírodě přirozené nepřátele, hrozí jejich přemnožení se všemi následky. Mohou se také ukázat jako vážní konkurenti stávajících druhů a vytlačit je od zdrojů, vhodných stanovišť apod. Nelze ani vyloučit, že se stanou přírodním rezervoárem pro mikroorganismy schopné vyvolat závažná onemocnění u zvířat nebo lidí. Pokud by nesly v genomu zabudovanou dědičnou informaci viru, hrozil by po její aktivaci únik viru do prostředí a následně do populací lidských i zvířecích.

Pro řadu vyhynulých i vyhynulých druhů už není k dispozici adekvátní prostředí pro život. Mohlo zmizet např. změnou klimatu na konci ledových dob, jako je tomu v případě mamuta, nebo činností člověka,

třeba u papouška ary škraboškového (*Cyanopsitta spixii*), jenž v brazilské přírodě vyhynul poté, co lidé zničili v jeho původním areálu porosty stromu tabejuí žluté (*Tabebuia aurea*). Deextinkce živočichů jen proto, aby byli následně drženi v zajetí, jako popsání „pravlci“, nemá pro obnovu narušené přírody praktický význam.

Odborníci také varují před psychologickými efekty snah o oživení zmizelých druhů živočichů. Panují obavy, že širší veřejnost pod vlivem zpráv o jejich návratu přestane vnímat hrozbu vymření či vyhuby s potřebnou naléhavostí. Může převládnout dojem, že když nějaký druh z přírody zmizí, vlastně se tak moc nestalo, protože ho můžeme kdykoli oživit a vrátit. To je ale omyl. Výsledky deextinkce jsou velmi nejisté, a navíc jde o projekty nesmírně nákladné. Oživení nosorožce tuponosého severního by mohlo podle některých odhadů vyjít na 20 milionů dolarů. Odhaduje se, že peníze potřebné k oživení jednoho zmizelého druhu by vystačily na záchranu 3–8 ohrožených. Mohlo by se nám tedy stát, že se někde na světě budou potulovat rozlehlou oborou neumělé nápodoby mamuta, ale ze světa mezitím zmizí slon africký, protože jsme ho nedokázali ochránit před hrozbami, jimž v současnosti čelí.

Pokrok v genovém inženýrství otevírá možnost zvýšit odolnost ohrožených druhů proti nepříznivým vlivům zásahem do jejich dědičné informace. Teoreticky se nabízí možnost vytvořit populace hmyzích opylovačů rezistentních k insekticidům používaným v zemědělství nebo korálnatců vzdorujících vyšším teplotám vody v mořích a oceánech. V principu jde o zvrácený přístup, protože místo abychom měnili aktivitu člověka v zájmu přírody, přetvářeli bychom přírodu, aby člověk mohl v ničivých aktivitách nerušeně pokračovat. Na druhé straně už jsou ale podobné kroky podnikány. Jilm americký (*Ulmus americana*) je ohrožen houbou ofiostomou jilmovou (*Ophiostoma novo-ulmi*) přenášenou broukem nosatcem *Hylurgopinus rufipes*. Genoví inženýři dokázali zajistit odolnost jilmu proti houbě tím, že do jeho dědičné informace vnesli gen izolovaný z genomu pšenice. Genové inženýrství dnes disponuje i mutagenní řetězovou reakcí, která dovoluje rozšířit během několika málo generací novou dědičnou vloh u populací. Nabízí se tak možnost „přepsat“ volně žijící populace živočichů a zajistit jim uměle vytvořenou vloh u dostatečnou odolnost proti hrozbám a nepříznivým vlivům – např. zásah do dědičné informace koaly (*Phascolarctos cinereus*) tak, aby získala odolnost k chlamydiím, jež u ní vyvolávají neplodnost, slepotu a další zdravotní problémy; obojživelníky by mohl zásah zase obrnit proti smrtící nákaze houbami rodu *Batrachochytrium*.

Deextinkce a další podobné aktivity nám mohou připadat jako science fiction nebo vize vzdálené budoucnosti. Pokrok ve vědě je ale velmi rychlý a často překvapivý. To je důvod, proč bychom měli v souvislosti s oživením zmizelých druhů už dnes hledat odpověď na klasickou etickou otázku: „Smíme dělat vše, co umíme?“ Až se stane deextinkce v jakékoli ze svých podob realitou, bude na tyto úvahy pozdě.

Použitá literatura uvedena na webu Živý.