

SLUCH

Jedno z nejtisších míst na světě se nachází uvnitř speciální komory zbudované v americkém Minneapolisu společností Orfield Laboratories. Dokonale odhlučněná místnost slouží pro nejrůznější akustické testy a při oficiálním měření tu byl zjištěn „šum“ se zápornou hodnotou -9,4 decibelů. „Hluk“ o intenzitě 0 decibelů neznámá absolutní ticho. Je to hodnota, která je z historických důvodů poplatná tomu, co dokáže zaslechnout zdravé ucho dítěte. Ještě slabší zvuky, které jsou pod prahem slyšitelnosti dokonce i pro děti s oušky nepoznamenanými rámu moderní civilizace, mají tedy zápornou intenzitu.

Mnoho živočichů, mezi nimi např. psi, slyší zvuky o intenzitě nižší než 0 decibelů, takže by i v tiché komoře Orfield Laboratories možná něco málo zaslechli. Člověk tu však neslyší zřeh nic a kupodivu mu to vůbec není příjemné. Rekord v délce pobytu v tiché komoře se pohybuje kolem tři čtvrti hodiny. Déle to ještě nikdo nevydržel. Řada dobrovolníků se potýká s vážnými problémy včetně halucinací už po mnohem kratší době. Jen se tak potvrzuje, že člověk je přivyklý životu plnému zvuků. Může to být cokoli od hvízdání meluzíny přes dětské žvatlání až po tóny Bachova Braniborského koncertu. Zvuky máme raději, než jsme ochotni si přiznat.

Sluch je pro člověka při získávání informací hned po zraku druhým nejdůležitějším smyslem. Lidské ucho vnímá vibrace vzduchu, tedy zvuky, které mají frekvenci od 20 hertzů (tj. 20 kmitů za sekundu) do 20 000 hertzů. V této škále se odehrávají naše rozhovory a hádky, smích i pláč. Také v živočišné říši sehrávají zvuky a sluch významnou roli. Zvířata se jimi varují před blížícím se nebezpečím. Závisí na nich dorozumění mezi partnery i mezi rodiči a potomky. Zvukem se řeší i vzájemné konflikty. Výjimkou nejsou ani „rozhovory“ mezi příslušníky různých živočišných druhů.

Zvířata často komunikují na frekvencích, jejichž poslech je lidskému uchu odepřen. Někdy ale neslyšíme ani zvuky, na které máme uši řádně naladěné. Ze zajímavého rozhovoru vedeného na rušném večírku nám nic neuteče, protože dokážeme zvuky okolních rozhovorů jednoduše odfiltrovat. Tenhle proces se však neodehrává v uších, ale teprve při zpracování signálů z uší ve sluchových centrech mozku. Myš si tak například „vymaže“ ze škály vnímaných zvuků cupitání vlastních tlapek, aby ji nerušilo při naslouchání mnohem důležitějším zvukům, jako je třeba zašustění trávy prozrazující blížící se kočku.

POSLOUCHÁME STEREO

Člověk si ani neuvědomuje, že většinu zvuků slyší dvakrát. O něco málo dříve a silněji uslyšíme zvuk tím uchem, které je blíže jeho zdroji. S nepatrnou prodeľovou a slaběji zaznamenáme stejný zvuk i druhým uchem. Díky tomu slyšíme stereofonně a z rozdílu mezi tím, co slyšíme levým a pravým uchem, jsme schopni určit, odkud zvuk přichází. Na tuhle dovednost však zdaleka nemáme monopol a v konkurenci zvířat nejsme v tomto ohledu žádní velcí přeborníci.

Podstatně dokonalejší adaptaci ke stereofonnímu poslechu najdeme u sov (*Strigiformes*). Ty se řídí sluchem při lovu kořisti a jsou proto někdy řazeny do skupiny tzv. akustických predátorů. K zachycení zvuků si pomáhají kožním záhybem a prstencem peří lemujícím ušní otvory. Nápadné je toto peří třeba u kalousů ušatých (*Asio otus*). To však není nejdůmyslnější evoluční vynález zdokonalující sovám sluch. Aby dokázaly přesně určit směr, odkud přichází šramot myši nebo hraboše, mají asymetricky utvářenou lebku. Levý zvukovod jim ústí na hlavě o poznání výš než zvukovod na opačné straně.

Směr, odkud přichází zvuk, určí sova s přesností 1,5 úhlového stupně. Porovnává čas, kdy se jí šramot kořisti ozve v pravém a levém uchu, a tím si určí v horizontální rovině „azimut“, v kterém je třeba hledat kořist. Pokud sova zaslechne zvuk oběma ušima najednou, znamená to, že musí za kořistí letět přímo za zobákem. Sova však porovnává i hlasitost šramotu zachyceného levým a pravým uchem. Z rozdílu v hlasitosti určí vertikální „azimut“. Pokud slyší šramot silněji z pravého ucha, nachází se kořist pod ní. Zdroj zvuku, který se nachází výš, slyší silněji levým uchem. Zvuky slyšené stejně silně oběma ušima přicházejí z roviny, kterou má sova v úrovni očí.

SLUCH

Rozdíl mezi příchodem zvuku do levého a pravého ucha závisí nejen na tom, odkud zvuk přichází, ale také na tom, jak daleko jsou obě uši od sebe vzdáleny. Člověk má naštěstí hlavu dost širokou na to, aby mezi tím, co slyší na pravé a levé ucho, nastala detekovatelná prodleva. Kdybychom měli uši těsně u sebe, nedokázali bychom se podle slyšených zvuků orientovat. Drobní živočichové s malou hlavou nemůžou „vložit“ mezi pravé a levé ucho dostatečně velkou „mezeru“ a musí si poradit jinak. Originálně vyřešila tento problém kobylka *Copiphora gorgonensis*. Její „uši“ se nacházejí pod kolenem předního páru nohou. Membránovitý bubínek rozechvívají zvukové vlny přicházející k povrchu nohy zvenčí. Tentýž zvuk však zároveň přivádí na vnitřní stranu bubínku zvláštní sluchový kanál začínající otvorem na boku. Cesta zvuku sluchovým kanálkem je delší a zvuk, který jím putuje, se nepatrně opožďuje za zvuky dopadajícími přímo na vnější stranu bubínku. Každé ucho na kolenu kobylky tak slyší s jakousi ozvěnou. Jestliže my slyšíme zvuky dvakrát, pak kobylka je slyší čtyřikrát. Slyší tedy prostorově a dokáže určit, odkud k ní zvuk přichází. To se hodí například při námluvách, kdy samečci „zpívají“ svým vyvoleným uprostřed noci a ty si podle zpěvu vybírají mezi nápadníky toho nejlepšího.

BOJ S HLUKEM

Živočichů komunikujících zvukem může žít na jednom místě tolik, až jim hrozí, že jejich rozhovory ve vzniklé vřavě zaniknou. I s tím se ale dovedou mnozí popasovat. Například samci portorické žáby bezblanky coqui (*Eleutherodactylus coqui*) se ozývají v noci neuvěřitelně silným kvákáním dosahujícím intenzity až 100 decibelů. Při zvukových duelech se vyzyvatel svým voláním strefuje do mezer mezi voláními svého soka. Jen tak má šanci, že ho bude všude kolem slyšet a jeho výzva nezanikne v křiku domácího pána. Žabáci soupeří nejen silou volání, ale i jejich tempem. Ten, kdo jako první vypadne z rytmu, prohrává. Žabáci tak často poměří síly a vyřeší vzájemný spor, aniž by se zahlédli.

Bezblanka se ze své portorické domoviny dostala přičiněním člověka na řadu dalších míst světa. Mnohde našla příhodné podmínky a přemnožila se. Hlasová klání samečků propukají obvykle po půlnoci a vytvářejí noční kulisu, v které je pro člověka těžké zamhouřit oko. Například na Havaji napočítali na jednom hektaru přes 90 000 bezblanek. Invaze těchto žab těžce postihla tamější trh s nemovitostmi, protože hlučné parcely zamořené velkým počtem žab ztratily na ceně.

Velkou výzvu představuje život v přirozeně hlučném prostředí, kde burácí mořský příboj, vodopády nebo peřeje. Některé žáby se s tímto problémem vypořádaly posunem svých hlasových projevů do oblasti ultrazvuků, protože hluk, v němž žijí, je tvořen především zvuky hlubokými. Na jejich pozadí se ultrazvuk dobře vyjímá. Žáby mají k ultrazvukové komunikaci uzpůsobené jak hlasové, tak i sluchové orgány.

Skokan *Huia cavitympanum* z Bornea ve snaze vymanit se z hluku peřejí a vodopádů rozdělil komunikaci do dvou různých „kanálů“. Jeden je určen pro komunikaci na velkou vzdálenost a využívá běžně slyšitelné frekvence. Na druhém komunikačním kanálu se žába svým voláním přesunula téměř výhradně do ultrazvukové škály do frekvencí sahajících až k 38 000 hertzů. Na

	Energie zvuku (watty na metr čtvereční)	Síla v decibelech (dB)	Příklad zvuku o dané síle
Hlučné zvuky ↑	100	140 dB	Výbuch granátu
	10	130 dB	Start tryskového letadla
	1	120 dB	Zvuk sirény zblízka
	0,1	110 dB	Sbírka, rockový koncert
	0,01	100 dB	Houkačka auta, přijíždějící metro
	0,001	90 dB	Motocykl
	0,000 1	80 dB	Městská doprava (uvnitř auta)
	0,000 01	70 dB	Pračka, myčka nádobí
	0,000 001	60 dB	Běžný hovor
	0,000 000 1	50 dB	Lednička
	0,000 000 01	40 dB	Tichá čítárna knihovny
	0,000 000 001	30 dB	Šepot
	0,000 000 000 1	20 dB	Tikání hodinek
	0,000 000 000 01	10 dB	Lidský dech
	0,000 000 000 001	0 dB	
	0,000 000 000 000 1	-10 dB	
0,000 000 000 000 01	-20 dB		
Tiché zvuky ↓			

Obr. 12 Síla zvuků

Síla zvuku udávaná v decibelech používá logaritmickou stupnici. Nárůst o 10 dB tak znamená desetkrát vyšší energii zvuku ve wattch na metr čtvereční. V tom jsou údaje v decibelech zrádné, protože energie zvuků o intenzitě 100 dB není dvakrát vyšší než u zvuků o intenzitě 50 dB. Je 100 000krát vyšší.

Zvuky do 70 dB obvykle nepoškozují sluch. Zvuky o síle od 70 do 85 dB už mohou člověka obtěžovat, přičemž zvuky nad 80 dB sluch ohrožují. Při vysokých intenzitách zvuku stačí k trvalému poškození sluchu i krátká doba.

žábu je velmi zvláštní pohled. Někdy ji pozorovatel normálně slyší. Jindy však kváká ze všech sil, na hrdle se jí přitom nadouvá ozvučný vak, ale protože „vysílá“ na čistě ultrazvukových frekvencích, pro člověka jako kdyby byla němá.

K velmi hlučným místům patří polární moře, především pak zátoky a fjordy, do kterých sbíhají z pevniny ledovce. Měření pod hladinou Pacifiku v aljašské Ledové zátoce odhalila, že překvapivě silný rachot vydávají pod vodou vzduchové bubliny uvolňované z tajícího ledu. Tyto zvuky mají nejčastěji frekvenci od 1 000 do 3 000 hertzů, což se příliš neliší od kmitočtů běžně mluvené řeči. Průměrná roční intenzita hluku se v aljašském fjordu plném tajícího ledu pohybuje kolem 120 decibelů. Takový hluk je srovnatelný s hřměním při letní bouřce nebo s řevem motorové pily. Lidské ucho při tak silném hluku pociťuje bolest.

V hlučných fjordech přesto žijí nejrůznější živočichové. Mořští opeřenci a kytovci tady loví. Tuleni obecní (*Phoca vitulina*) se do hluku fjordů uchylují k námluvám. Jsou zřejmě ochotni snášet podmořskou vřavu proto, že jim skýtá ochranu před kosatkami dravými (*Orcinus orca*). Kosatky vyhledávají kořist ve vodě pomocí echolokace. Hluk bublin jim ale orientaci podle odrazu zvukových vln znemožňuje, a tuleni jsou proto v bezpečí.

Zatím není úplně jasné, jaký vliv má na hluk v aljašských fjordech urychlené tání tamějších ledovců. Hluk bude zřejmě v nejbližší budoucnosti dál nabývat na intenzitě. Ve chvíli, kdy čela ledovců ustoupí natolik, že už se z nich nebude odlamovat led do moře, ale fjordy ztichnou. Jak se s těmito změnami vyrovnají ptáci, kytovci a další živočichové, ukáže čas. Šance, že je nárůst hluku a jeho následný pokles nepoznamená, je však malá.

ZVÍŘATA V LIDSKÉ VŘAVĚ

Člověkem produkováný rámus dostává živočichy komunikující zvukem do svízelných situací. Mnohá zvířata sice nacházejí příhodné podmínky k životu v blízkosti lidských sídel, musí se ale poprat s faktem, že se v rachotu tropeném lidmi navzájem neslyší. Někdy to řeší tak, že se ozývají hlasitěji. Němečtí vědci zjistili překvapivě výrazný rozdíl v síle zpěvu berlínských a venkovských slavíků obecných (*Luscinia megarhynchos*). V hlučném prostředí přidávají městští slavíci, oproti slavíkům obývajícím odlehlé tiché kouty, na hlasitosti zpěvu až 14 decibelů. Nejsilnější slavičí zpěv, jaký němečtí zoologové naměřili, dosahoval 95 decibelů. Srovnatelnému náporu čelí naše ucho, když se na něj ze vzdálenosti jednoho metru valí hluk motorové pily nebo rachot nákladáku.

Jinou strategii uplatňují australské žáby. Mnohé z nich se ozývají hlubokými hlasy, které se sice v nenarušené přírodě nad vodní hladinou dobře nesou, ale v městech a v blízkosti silnic zanikají v hluku aut. Například hlas samečka australské paropuchy *Limnodynastes dumerilii* mívaly samičky šanci zaslechnout až na vzdálenost 800 metrů. Dnes ale zaniká v hluku dopravy a samičky vzdálené více než 100 metrů už samečka neslyší. V australských městech už proto žabáci posunuli své volání do vyšších tónin, protože jsou pak na pozadí nízkofrekvenčního hluku slyšet lépe.

Hlučné prostředí nevádí jen žábám, ale také jejich nepřítelům. Netopýr listonos žábožravý (*Trachops cirrhosus*) se při lovu hvízdalek středobrazilských (*Leptodactylus pustulatus*) orientuje podle milostného kvákání samečků. Pro přesné zaměření finálního útoku na roztouženého žabáka využívá listonos echolokaci vlnek na hladině zčeřenou rytmicky se nafukujícím ozvučným vakem na hrdle žabáka. Naneštěstí pro listonosa se zvuky žabího kvákání nacházejí ve slyšitelné části zvukového spektra a snadno se ztrácejí na hlučném pozadí. V rámsu proto volí listonos při lovu hvízdalek jinou strategii. Využívá echolokace, ale zaměřuje se na ozvučný vak žabáků. Rytmicky zčeřenou hladinu na větší vzdálenost nerozezná od vlnek, které vznikají například v lehkém vánku. Opakovaně se nafukující a zase splaskávající ozvučný vak žabáka je však pro echolokační smysl listonosa dostatečně nápadný. V hlučném prostředí tedy netopýr spoléhá výhradně na echolokaci.

O tom, že hluk produkovaný člověkem představuje pro živočichy vážný problém, svědčí i pozorování sýkor koňader (*Parus major*). Ty žijí ve městech a na dalších hlučných místech. Přitom je pro ně komunikace hlasem životně důležitá. Například před nebezpečím se koňadry vzájemně varují výstražným pokřikem. V hlučném prostředí sice volají hlasitěji, nárůstu hluku o 10 decibelů však čelí zesílením hlasu v průměru o pouhých 1,5 decibelu. To se ukazuje jako nedostatečné. Hluk silniční dopravy dosahuje mnohde takové úrovně, že ptáci ani tyto hlasitější výstražky dobře neslyší. Ve vzdálenosti do 20 metrů od rušné silnice nemají sýkory šanci varování zaslechnout vůbec. Ve dvojnásobné vzdálenosti už je to lepší, ale i tady sýkory část varovných volání neslyší. Významně to zvyšuje riziko, že padnou za oběť třeba kočkám nebo dravcům.

„Hluchota“ způsobená hlukem nemusí zdaleka dopadat jen na samotné sýkory. Jejich varovným voláním se řídí celá řada dalších živočichů, kteří tak o včasné avízo přijdou. Mohou to samozřejmě nahradit vlastní zvýšenou pozorností, ale to pro ně zase znamená, že se nebudou moci věnovat tak intenzivně jiným potřebným aktivitám, například hledání potravy.

Trable působí hluk provádějící lidské aktivity i volně žijícím sovám. V rámsu se nemohou na svůj vynikající sluch spolehnout. Kalousové ušatí (*Asio otus*) přeslechnou šestinu šramotů prozrazujících přítomnost kořisti už v hluku kolem 40 decibelů, což odpovídá prostředí poklidné rezidenční čtvrti. Pokud loví v hluku dosahujícím úrovně 80 decibelů, tedy hluku, jakému je vystaveno ucho pasažéra cestujícího rychlíkem, pak zachytí sluchem jen každý desátý šramot. Pokles v úspěšnosti lovu je u sov patrný ještě ve vzdálenosti 120 metrů od rušné silnice.

Novinkou v krajině jsou větrné turbíny, které vyrůstají jako houby po dešti, aby měnily energii větru na elektřinu. Řada zemí na tuto „zelenou energii“ sází. O dopadech provozu větrných turbín toho ale víme stále ještě zoufale málo. Už dnes je ovšem jasné, že velcí ptáci mají problémy vyhnout se listům rotující vrtule a často najdou v turbínách smrt. Netopýři průlet mezi listy zvládají. Jsou ale citliví na nižší tlak vzduchu v prostoru vrtule. Průlet touto lokální „tlakovou nízí“ jim roztrhá plíce.

Větrné turbíny jsou také zdrojem nízkofrekvenčních zvuků, které mnoha zvířatům vadí. Nemají je rádi například skřivani polní (*Alauda arvensis*), kteří v blízkosti větrných elektráren nehnízdí. V severní Africe a na Pyrenejském poloostrově se větrným turbínám jako čert kříži vyhýbá i vzácný skřivan Dupontův (*Chersophilus duponti*).

Na jiné ptáky má hluk vrtulí méně nápadný dopad. Například ze zpěvu samců červenky obecné (*Erithacus rubecula*) zcela „vymaže“ jeho nejhlubší tóny. Takový zpěv s „uříznutými basy“ přináší samičkám i potenciálním sokům zkreslenou zprávu o velikosti zpívajícího samečka, protože i u červenek platí,

že větší samci dokážou zpívat hlubším hlasem. Samečkové tak musí častěji podstupovat přímé souboje o samičky a teritorium, protože vyzyvatel „muší váhy“ snáze přehlédne, že hodil rukavici mistru „váhy supertěžké“.

PŘÍLIŠ HLUČNÝ „SVĚT TICHÁ“

Ačkoli slavný francouzský oceánolog Jacques Yves Cousteau označil svět pod mořskou hladinou za „svět ticha“, ticho tu rozhodně nevládne. Vlivem člověka se zvuková kulisa moře mění. Nezanedbatelný je hluk lodní dopravy. Například velryby černé (*Eubalaena glacialis japonica*) na něj reagují hlasitějšími a častějšími pokusy o komunikaci. Snaží se, aby je ostatní příslušníci jejich druhu nepřeslechli. Protože v hluku lodních motorů dominují hluboké tóny, posouvá se hlas velryb černých v průběhu desetiletí do vyšších poloh. Jeden z předních expertů na komunikaci kytovců Peter Tayack přirovnává změnu hlasu velryb černých k přechodu od basu k tenoru.

Také delfíni se snaží v hlučném prostředí komunikovat zvuky s vyšší frekvencí a vyluzované zvuky navíc výrazně zjednodušují. Omezují tak riziko „nedorozumění“, ale zároveň se vzdávají možnosti sdělovat si složitější informace. Vypouštějí z komunikace například zvuky, jež používají jako svá jména. Člověk v rámusu továrního provozu také omezí komunikaci na holé věty a nebude se tam pokoušet o recitaci básní.

Hrbouni dlouhoploutví po průjezdu hlučného člunu umlkají. Samci přeruší milostné zpěvy určené samicím třeba i na půl hodiny. Fatální následky mívají pro kytovce a jejich vysoce citlivý sluch zvuky používané lidmi pro geologický průzkum moří a oceánů. Při hledání podmořských ložisek ropy nebo zemního plynu vysílají výzkumná plavidla zvuky o nízké frekvenci a intenzitě až 220 decibelů. Ze zachyceného odrazu pak geologové vyvozují, kde se pod mořským dnem nacházejí slibné „kapsy“ ropných či plynových polí.

Škody páchané hlukem závisí na mnoha faktorech. Pokud se velryba nachází v těsné blízkosti průzkumného plavidla, může ohluchnout ve velmi krátké době. Ani ve větší vzdálenosti ale nejsou velryby v bezpečí. Aparatura vysílá zvukový signál několikrát za minutu a běží nepřetržitě dlouhé hodiny, dny, týdny, a někdy dokonce i celé měsíce. Poškození sluchu pak postupuje plíživě, což však na konečných následcích nic nemění. Kytovci jsou zřejmě s to snížit citlivost svého sluchu až o 20 decibelů, pokud tuší, že budou vystaveni nepříjemně silným zvukům. Bohužel, rámus produkovaný člověkem přichází často bez varování a je i na takto chráněný sluch příliš silný.

Vysoké zátěži vystavuje kytovce provoz sonarů používaných vojenským námořnictvem při pátrání po nepřátelských ponorkách. V souvislosti s vojenskými manévry, při kterých byly sonary použity, došlo opakovaně k uvíznutí

PŘÍLIŠ HLUČNÝ „SVĚT TICHÁ“

kytovců na pobřežních mělčinách nebo k vyplavení mrtvých těl na břeh. Například v roce 2005 se konalo u Kanárských ostrovů námořní cvičení „Majestic Eagle“ a vzápětí byla na pobřeží nalezena těla vorvaňovců zobatých (*Ziphius cavirostris*). Při pitvě těchto velryb vědci narazili na cévy ucpané bublinkami. Velmi podobně vypadají i cévy potápěčů, které postihla tzv. kesonová nemoc, když se vynořili příliš rychle z velkých hloubek. Při ponorech do velkých hloubek se pod vysokým tlakem rozpouští v krvi dusík z vdechnutého vzduchu. Potápěč proto musí stoupat k hladině pomalu, aby se mu plyn z krve opět vrátil do plic. Při prudkém vynoření tlak krve rychle klesá a plyn se v ní uvolní v bublinkách, podobně jako zašumí sodovka, když otevřeme láhev a tlak v kapalině se v momentě sníží. Vorvaňovci patří k rekordmanům v potápění jak v hloubce ponorů, tak i v délce pobytu pod hladinou. Jednoho vorvaňovce zobatého přistihli vědci v hloubce 2 992 metrů. Další příslušník tohoto druhu setrval pod vodou 138 minut. Vorvaňovci se běžně vynořují tak rychle, že by to každého potápěče spolehlivě zabilo. Proti kesonové chorobě jsou velmi důkladně chráněni. Zděšení, jemuž propadají v rámusu vojenských sonarů, je však žene od zdroje hluku doslova vražedným tempem. Vynoří se tak rychle, že to ani jejich organismus nevydrží.

Kytovcům však zjevně zasahuje do života i mnohem slabší hluk vydávaný lodními motory kolem plujících plavidel. Hrbouni rušení hlukem lodí se noří ke dnu za potravou výrazně pomaleji, než když mají na lov klid. Za normálních okolností si tyto velryby nahánějí ryby žijící u dna zvláštním „kolébáním“ přední části těla. Pokud jsou ale vystaveni hučení motorů, pak od tohoto běžného postupu upouštějí a úspěšnost jejich lovu klesá.