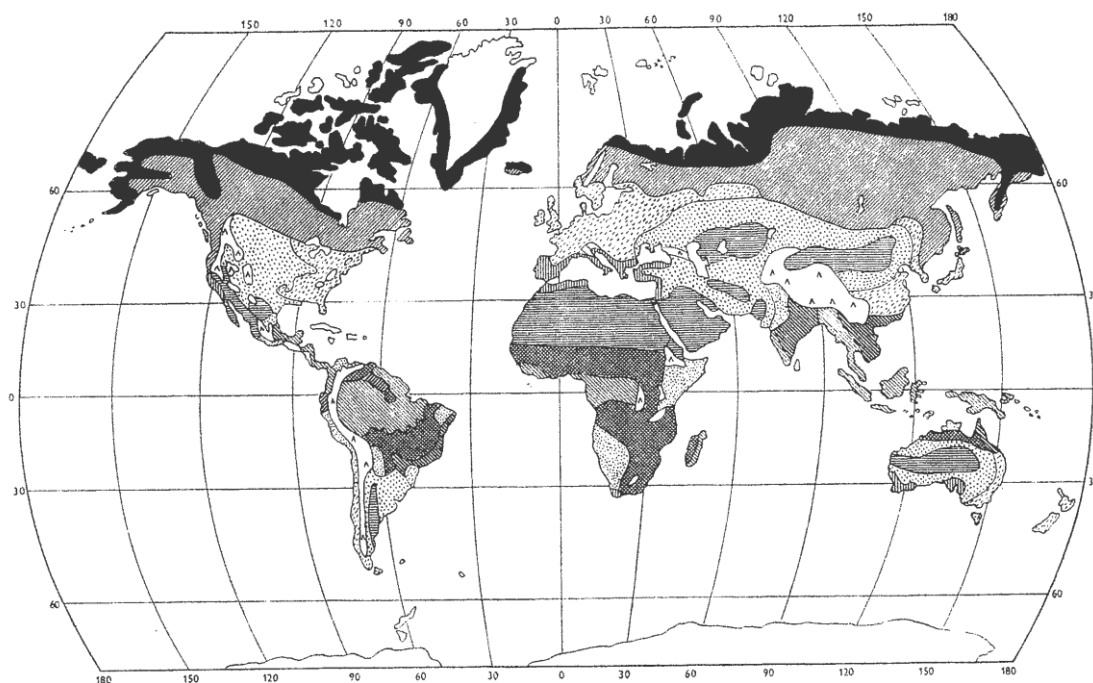


8. Tundra a polárne oblasti

Vladimír Kováč

Tundra

Slovo tundra je odvodené z fínskeho slova *tunturi*, čo v preklade znamená holý kopec. Tundra je cirkumpolárne rozšírený bióm (obr. 8.1.) pokrývajúci veľké plochy v arktickej oblasti. Hlavné časti tundry sa nachádzajú v subarktickom pásme na severe Eurázie a Ameriky, pozdĺž **severného okraja Eurázie** (Škandinávia, európska časť Ruska, Sibír a príľahlé ostrovy), **pozdĺž severného okraja Severnej Ameriky** (Kanada, Aljaška, okraje Grónska) a na väčšej časti **Islandu**. V pohoriach smerujúcich k severnému polárnemu kruhu (škandinávské pohoria, Ural, pohoria na Aljaške) sa **zonálny ekosystém arktickej tundry** stretáva s **orobiómom alpínskej tundry**. Malé plochy ekosystémov s charakterom tundry sa nachádzajú aj na ostrovoch pri **Antarktíde**. Celková rozloha svetovej tundry dosahuje asi 5 miliónov km². Charakterizuje ju bezstromový rastlinný kryt, rozľahlé močariská a dlhodobo zmrznutá pôda – permafrost.



Obr. 8.1.  Rozšírenie svetovej tundry

Klimatické pomery a limitujúce faktory

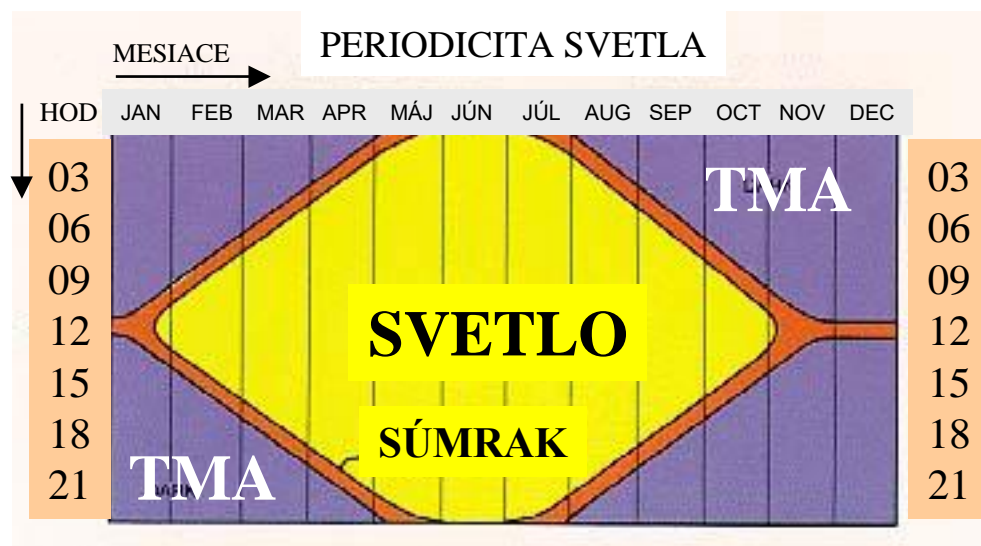
Ročná priemerná teplota je v tundrách nižia ako 0 °C. V zime klesajú teploty v tundre až na -40 °C a väčšinu roka - v niektorých oblastiach až deväť mesiacov - je pokrytá snehom. Napriek tomu je však snehová pokrývka len zriedka hrubšia ako 40 cm a mnohé oblasti sú takmer celkom obnažené, pretože sneh z nich vždy odveje vietor. Medzi limitujúce faktory však okrem trvale nízkej teploty (tabuľka 1) patrí najmä dĺžka trvania letného oteplenia nad 5-6 °C, krátke vegetačné obdobie, ktoré trvá podľa zemepisnej šírky iba 50 až 100 dní, periodicita svetlej a tmavej časti dňa (obr. 8.2.) a obmedzené zrážky (tabuľka 8.1.). Teplota 5-6 °C sa totiž považuje za hraničnú teplotu pre rozvoj cievnatých rastlín, a tak aj pre existenciu diverzity konzumentov. V tundrách dosahujú priemerné teploty najteplejšieho letného mesiaca 6 až 10 °C, iba tri až štyri mesiace v roku teplota vystupuje nad 5 °C. Priemerné ročné zrážky v tundre sú veľmi nízke a pohybujú sa zväčša medzi 200 až 300 mm. Z hľadiska

množstva zrážok možno teda tundru prirovnať k púšti, ktorá sa však v krátkom lete, keď sa sneh roztopí, premení na močiar, pretože tesne pod povrchom sa nachádza permafrost čiže večne zmrznutá pôda. V lete, keď teploty vystúpia na 10 °C, sa povrchová vrstva roztopí, voda však nemôže cez premrznutú zem odtiecť a na povrchu sa vytvárajú početné mláky. Okrem toho sa v tundre nachádza aj množstvo trvalých jazier. Treba však poznamenať, že mnohé zložky ekosystému sú v lete zásobované vlhkosťou aj z horizontálnych zrážok (hmla, rosa), ktoré sa nedajú merať. Pre život v tundre je najdôležitejšia nízka vrstva nad zemou (spravidla do 50 cm) a vrstva mäkkej pôdy, ktorá stihne v lete rozmraziť. Vegetačná doba aj aktivita živočíchov závisia od režimu v tejto úzkej vrstve ekosystému viac, ako od celkových poveternostných podmienok.

Tabuľka 8. 1. Ročný priebeh teplôt a zrážok v tundrovom podnebí

stanica	jan	feb	mar	apr	máj	jún	júl	aug	sep	okt	nov	dec	ročne
Wrangelov ostrov 70°58' S	-23.6 5	-25.5 5	-23.3 5	-17.2 5	-8.6 5	0.3 10	2.7 15	1.9 20	-1.9 15	-8.6 10	-17.2 5	-20.8 5	-11,6 105
Grufjorden (Špicb.) 78° 02' S	-16.1 30	-17.9 30	-19.7 30	-14.4 20	-5.2 15	1.9 10	5.5 15	4.7 20	0.0 20	-5.0 30	-10.8 20	-13.6 30	-7.7 280

Veľmi dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňuje život v tundre, je ročná periodicitu svetlej a tmavej časti dňa (obr. 8.2.). Smerom k pólom sa totiž periodicitu svetla a tmy mení zo striedania dňa a noci na striedanie svetlého leta a tmavej zimy. Týmto parametrom sa zonálna tundra výrazne odlišuje od alpínskej tundry.



Obr. 8.2. Periodicitu svetla a tmy v oblasti pri Wrangelovom ostrove.

Pôdne pomery

Na vývoj pôd v tundrách pôsobia viaceré faktory. Ide predovšetkým o prítomnosť **permafrostu** (obr. 8.3.) čiže trvale zamrznutej pôdy, ktorá rozmrzá iba počas krátkeho leta, aj

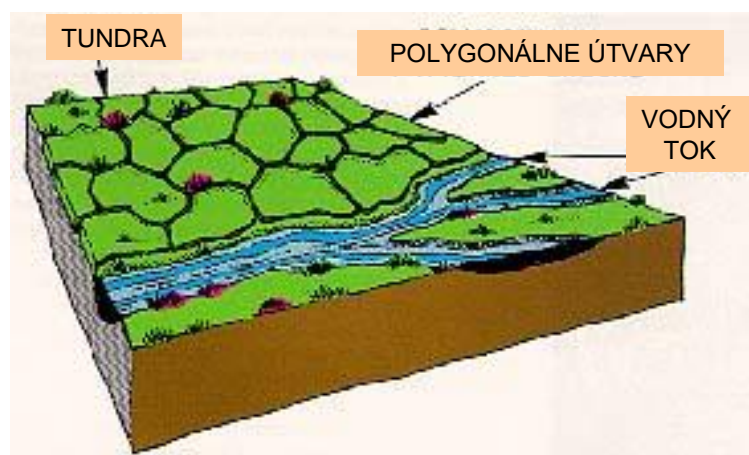
to iba iba do hĺbky necelého 1 m, a zabraňuje tak plynulému vsakovaniu vody. Okrem toho **vyparovanie** je po celý rok slabšie ako zrážky, takže prostredie je trvale humidne, málo členitý reliéf neľahčuje presakovanie do strán a pôda je v čase roztápania snehu **trvale zamokrená** a teda chudobná na kyslík, čo neumožňuje rozvoj koreňového systému. Ďalším z týchto faktorov v prechodnom období a cez deň a v noci je **striedanie teplôt nad nulou a pod nulou**, čo má za následok urýchľovanie zvetrávania hornín a soliflukčné procesy. Humus sa v tundre **mineralizuje** iba pomaly, takže pôda trpí nedostatkom živín pre rast nových rastlín, hromadí sa surový humus a postupuje proces paludifikácie.



Obr. 8.3. Typické rozvrstvenie tundrových pôd

Čo sa týka typov pôd, prevažujú **glejosoly**, najmä tzv. **tundrový glejosol**. Vyznačuje sa vyvinutým, asi 40 cm hrubým humusovým horizontom, ktorý je na modrosivom hlinitom glejovitom horizonte. Okrem toho sú v tundre rozšírené aj **organosoly**, prípadne **kambisoly**. Veľkú časť tundry, najmä mrazové sutiny, však pokrývajú nezrelé pôdy typu **litosolov**.

Pre tundru je typické rýchle fyzikálne zvetrávanie hornín a so zmenenou textúrou sa menia aj fyzikálne vlastnosti pôd. Rozdiely sa prejavujú predovšetkým počas obdobia zamŕzania a rozmŕzania, keď pôdny ľad spolu s ďalšími soliflukčnými procesmi vytvára mrazové pôdne formy, napríklad typické polygonálne útvary (obr. 8.4).



Obr. 8.4 (vľavo). Polygonálne pôdne formy vznikajúce častým zamŕzaním a rozmŕzaním pôdy

Organizmy tundry

Pre drsné tundrové podnebie je tamojšia rastlinná i živočíšna ríša chudobná, tundra je však súčasne aj veľmi mladý ekosystém, ktorý sa vytvoril po ústupe ľadovcov iba pred necelými 10 000 rokmi. Za ten čas sa viaceré druhy už stihli drsným podmienkam prispôbiť a stali sa trvalými obyvateľmi tundry. V extrémnych klimatických a pôdnych tundrových podmienkach dokážu prežiť iba druhy špecializované na život v krátkom lete a druhy adaptované na extrémne nízke teploty. Tundra je vlastne **vlhké arktické trávnaté spoločenstvo**, v ktorom prevládajú **lišajníky**, **trávy**, **ostrice** a **zakrpatené dreviny**, najmä **brezy** a **krovinaté vrby**. Počas krátkeho leta sa však tundrové rastliny snažia čo najviac a najrýchlejšie využiť skúpu dávku slnečného žiarenia, preto veľmi rýchlo vykvitnú a tundra sa rozíhľa všetkými farbami kvitnúcich **páperníkov**, **silienky bezbyľovej**, **iskerníkov**, **lomikameňov**, **všivcov**, **nezábudok** či **vresovcov**. Väčšina z týchto rastlín vytvára nízke a husté kobercové porasty, ktorými sa rastliny chránia pred vetrom. Niektoré zakrpatené kry, najčastejšie vrba a vres, sa vyvíjajú vyše 100 rokov, ich plazivé kmene sú však sotva hrubšie ako ceruzka. Ich výška je daná výškou snehovej pokrývky, pretože ak čokoľvek začne vytrčať nad úroveň snehu, zakrátko podľahne krutému vetru. Kry sú preto len zriedka vyššie ako 30 centimetrov. V južnej časti tundry je teplejšie a vrstva snehu je hrubšia. Kry tam rastú do väčších výšok a toto pásmo sa niekedy nazýva aj lesnatá tundra. Na juhu tundra postupne prechádza do tajgy.

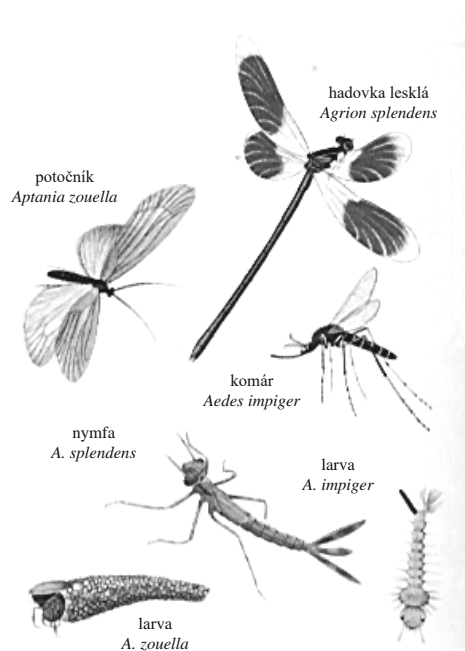


Obr. 8.5. Príklady tundrových rastlín.

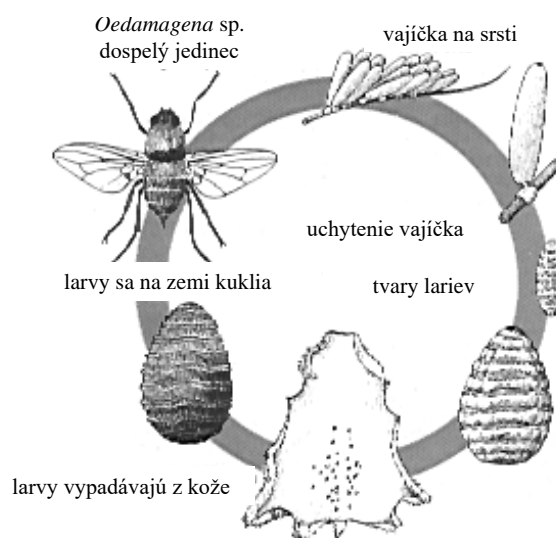
O opeľovanie rastlín sa starajú **čmele**, **motýle** a malé **dvojkřídlowce**. Arktické čmele vytvárajú iba majú kolónie, pretože sa počas krátkeho leta nestačia viac rozmnožiť. Niektoré najsevernejšie druhy nevytvárajú robotníkov, pretože majú čas iba na jedno potomstvo, a to môžu zaručiť iba samce a kráľovné, inak by druh neprežil. Niektoré motýle zasa potrebujú pre veľký chlad na dosiahnutie dospelosti až dva roky.

90 % **zoomasy** tundry tvoria bezstavovce, predovšetkým **hmyz** (najmä bodavý), **vtáky** a **cicavce** (48 suchozemských druhov). Medzi tundrové dvojkřídlowce patria najmä krv cicajúce **komáre** (obr. 8.6.) a **mušky**, ako aj početné **pakomáre**, larvy ktorých sa vyvíjajú v mlákach a vodou nasiaknutej zemi. Larvami týchto dvojkřídlowcov sa živia početné brodivé vtáky, ktoré v tundre hniezdia. Na početnosť dvojkřídlowcov to však má len malý vplyv, a tak je v júli vzduch doslova

preplnený nepríjemnými dvojkřídlowcami, ktoré nedovoľujú človeku vykonávať takmer nijakú činnosť. Jedným z najnepríjemnejších je **strečok** (obr. 8.7.), ktorý útočí na soby a usídľuje sa v ich nozdách. Napáda všetky poddruhy soba okrem soba arktického ostrovného, ktorý žije najsevernejšie. Hromadné napadnutie strečkami sa môže stať pre soba osudné. Strečky sú najpočetnejšie v lete. Soby sa bránia najčastejšie tak, že zostávajú nehybne stáť s pyskom tesne pri zemi. Tento druh obrany však strečkom nebráni klásť vajíčka. Niektoré druhy strečkov kladú vajíčka sobom pod kožu. Z vajíčok sa vyvíjajú larvy, ktoré sa neskôr prevrtávajú cez kožu, vypadnú z tela hostiteľa na zem, a tam metamorfujú na dospelého strečka. Tieto larvy môžu byť dlhé až 25 centimetrov. Iné druhy strečkov napádajú nosovú dutinu sobov, kde aj znášajú vajíčka. Počas leta tundru veľmi hojne navštevujú vtáky, ktoré tu hniezdia, napríklad **ľabtušky**, **trasochvosty**, **skaliariky** a **trsteniariky**. Medzi otužilé druhy, ktoré žijú v tundre celý rok, patrí napríklad **snehuľa kapcavá** a **snehuľa horská**, ktoré na



Obr. 8.6. Príklady tundrového hmyzu.



Obr. 8.7. Životný cyklus strečka.

zimou prepŕchajú do bieleho operenia, **sova snežná** a **krkavec**. Snehule sa živia rastlinnou potravou, sova snežná však loví lumíky a krkavec žerie všetko, na čo natrafi - vyberá vtáčie hniezda, loví lumíky a žerie aj zdochliny. Jedným z mála tundrových druhov cicavcov je **lumík pestrý**, ktorý zohráva v tundrovom ekosystéme veľmi dôležitú úlohu ako potrava sovy snežnej a **líšky polárnej**. Lumíky sú známe dramatickými výkyvmi početnosti, ktoré následne ovplyvňujú aj početnosť predátorov. V tundre žije aj niekoľko druhov **hrabošov** a niekoľko šeliem, napríklad **hranostaj** a **líška polárna**. Kedysi sa v lete pásli v tundre aj veľké stáda **sobov**, ktoré sa na zimu sťahovali do lesa, dnes je však voľne žijúcich sobov len málo.

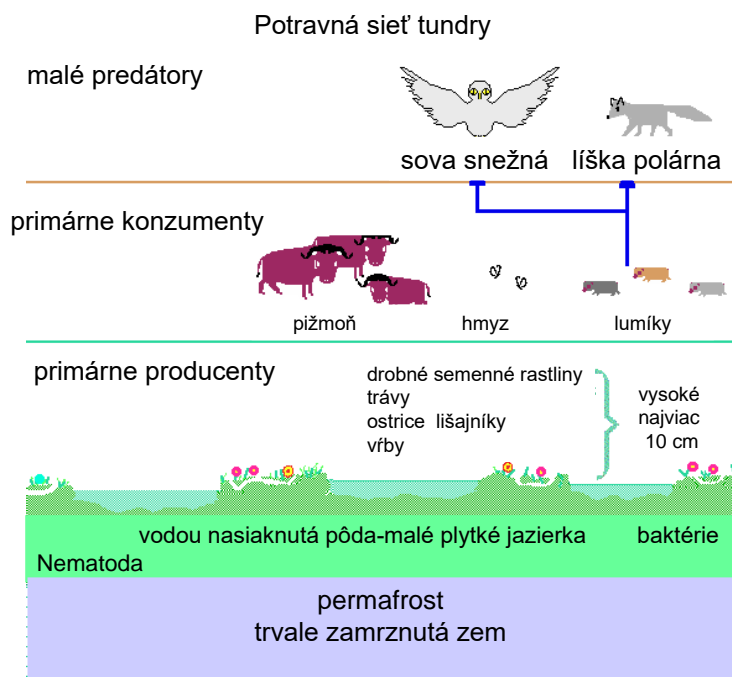
Fungovanie tundrového ekosystému, potravné reťazce

Kolobeh látok a vnútorný tok energie je v subarktickej tundre pomalší ako v ekosystémoch mierneho pásma a v tropických ekosystémoch. V dôsledku nízkych teplôt, zhoršenej dostupnosti živín a krátkosti vegetačného obdobia je **asimilácia organických látok** spomalená a rovnako spomalený je aj **proces rozkladu organických látok**.

Jednými z najdôležitejších základných prvkov potravných reťazcov tundry (obr. 8.8.) sú lišajníky - **dutohlávky** (rod *Cladonia*), ktoré spolu s trávami, ostricami a zakrpatenými vrbami tvoria potravu sobov. Prirodzeným predátorom soba je vlk, ktorý potrebuje usmrtiť 11-14 sobov za rok, aby sa udržal pri živote. Ostatné živočíchy, napríklad snehule, pižmone, lumíky, zajace menivé a zajace polárne, sa delia so sobmi o chudobné rastlinstvo. Lumíky nenásytne ohlodávajú aj zhodené sobie parohy, ktoré sú pre mnohé zvieratá, vrátane sobov samých, nezanedbateľným zdrojom vápnika. Celú zimu i počas krátkeho leta sa lumíkmi živia líšky polárne a sovy snežné. Vo všetkých týchto prípadoch ide o veľmi **krátke potravné reťazce** a každá výrazná zmena početnosti na hociktovej z týchto trofických úrovní vyvoláva prudké zmeny v ostatných úrovniach, pretože iná potrava býva dostupná len zriedka.

Dôsledkom takýchto úzkych vzťahov preto býva pomerne časté a **výrazné kolísanie početnosti populácie** lumíkov (obr. 8.9.), pri ktorom dokonca možno pozorovať určitú pravidelnosť 3- až 4-ročného cyklu. Tento cyklus je charakteristický aj pre iné severské

myšotvaré cicavce, napríklad myši a hraboše, a ich predátory, najmä sovy snežné a líšky polárne. Na obrovských



Obr. 8.8. Zjednodušená schéma potravnjej siete tundry.

rozlohách severskej tundry sa lumíky (dva druhy rodu *Lemmus* v Európe a Ázii, jeden druh rodu *Lemmus* a jeden druh rodu *Dicrostonyx* v Severnej Amerike) každé 3 až 4 roky mimoriadne premnožia, v priebehu jednej sezóny sa však ich početnosť dramaticky zníži. Zakrátko potom prudko klesne aj početnosť líšok a sov, ktorá predtým rástla súbežne s početnosťou svojej koristi.



Obr. 8. 9. Niektoré druhy lumíkov; zľava doprava: l. pestrý (*Lemmus lemmus*), l. lesný (*Myopus schisticolor*), l. kopýtkový (*Dicrostonyx torquatus*).

Migrácie

S vyššie uvedenými javmi často súvisia hromadné migrácie. Po prudkom poklese početnosti koristi môžu sovy snežné pri hľadaní potravy migrovať ďaleko na juh, pričom ide zväčša o jednosmernú migráciu a len málo vtákov sa vráti späť. Populácia sovy snežnej sa tak decimuje v dôsledku rozptýlenia. V Európe sa lumíky počas vyvrcholenia cyklu niekedy tak premnožia, že sa tiež začnú hromadne sťahovať, čím je povestné najmä Nórsko, kde dochádza doslova k inváziám lumíkov.

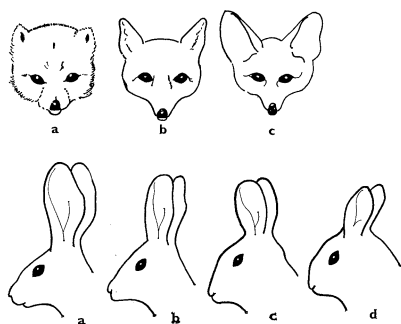
Okrem takýchto migrácií, ktoré sa konajú raz za niekoľko rokov na určitý podnet, jestvujú aj celkom pravidelné sezónne migrácie, napríklad migrácie sobov, ktoré sa riadia prísny

pravidlami. Počas celého leta sa soby premiestňujú a vyhľadávajú čo najhodnotnejšiu potravu, pričom od júla do septembra prejdú vyše 500 kilometrov. Samce, ktoré inak žijú oddelene, sa pred jesennou cestou naspäť pridávajú k samiciam. Pri sťahovaní sa na zimoviská si však samice počínajú nezávisle od samcov, ktoré prenikajú ďalej do severských lesov. Soby prejdú ročne 1 000 až 1 600 kilometrov.

Ďaleké migrácie však nepodnikajú všetky poddruhy. Karibu a soby arktické Pearyho sa uspokojujú aj s rastlinstvom na okraji lesa a niektoré jedince sa nestahujú viac než 10 kilometrov. Koncom zimy sa karibu zoskupujú do obrovských 10 000 až 100 000-členných stád. Ich sezónne sťahovania závisia od hrúbky snehu, teploty ovzdušia a prítomnosti dravcov alebo bodavého hmyzu. Soby arktické Grantove, ktoré sú najpohyblivejšie, sa vydávajú na púť, len čo sa začnú predlžovať dni. Z malých zimných skupiniek sa tvoria obrovské stáda zložené z desaťtisícov zvierat. Prvé sa dávajú do pohybu samice sprevádzané mláďatmi z predchádzajúceho roku, po nich nasledujú samce, ktorým ešte nevyrástlo parožie a napokon najmladšie jedince. Stádo celé týždne spoločne prekonáva jazerá a rieky, neohrozene postupuje cez ľadové polia a nezastavia ho ani močiare. Na mieste sa spočiatku držia spolu a viac-menej náhodne vyhľadávajú jarnú vegetáciu. Keď sa však blíži čas vrhania mláďat, ťarchavé samice idú na čelo stáda a zamieria na miesta, kde privádzajú na svet potomstvo. Sprevádzajú ich mláďatá z predchádzajúceho roka, ak je však terén príťažlivý a snehu priveľa, zostávajú vzadu spolu s dospelými samcami a pokojne pokračujú v ceste na sever. Samice sa potom aj s novorodenými mláďatmi pripoja k stádu na letných pastviskách.

Adaptácie

Adaptácie živočíchov na drsné tundrové podmienky sú veľmi rozmanité a môžu sa prejavovať v morfológických, fyziologických či etologických vlastnostiach ich nositeľov. Medzi najvýraznejšie adaptácie teplokrvných tundrových živočíchov patria adaptácie spojené



Obr. 8.10. Allenovo pravidlo. Hore hlavy lišok: a – l. polárna, b – l. hrdzavá, c – l. fenek; dole hlavy zajacov: a – *Lepus alleni*, b – z. tmavo-chvostý, c – z. menivý, d – z. polárny

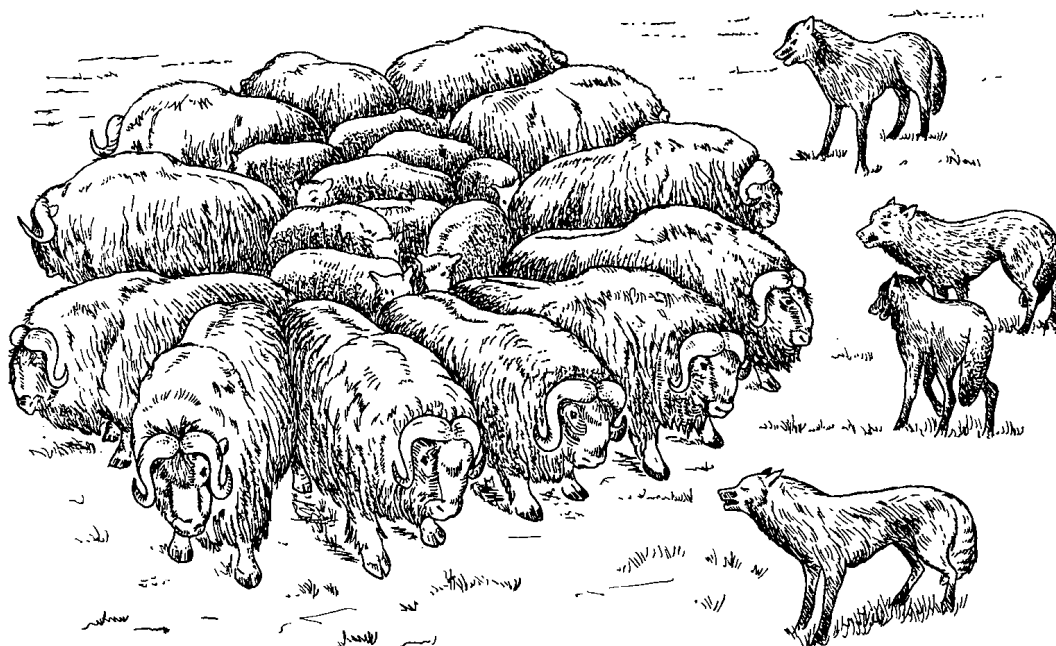
s termoreguláciou, pričom u niektorých z nich možno pozorovať aj niektoré všeobecne platné ekologické pravidlá, najmä **Bergmannovo pravidlo** a **Allenovo pravidlo** (obr. 8.10.).

Podľa Bergmannovho pravidla sú niektoré teplokrvné živočíchy v chladnejších oblastiach väčšie a ťažšie ako ich príbuzné formy v teplejších oblastiach, čo platí najmä pre vlky, líšky a prípadne aj medvede. Podľa Allenovho pravidla majú niektoré teplokrvné živočíchy zasa kratšie a menšie telesné prívesky, napríklad ušnice, zobáky, chvosty či končatiny, ako ich príbuzné formy žijúce v teplejších oblastiach. Tundrová líška polárna má kratší rypák a ušnice ako líška hrdzavá z mierneho násma ai ako líška

fenek z púští Starého sveta. Podobný jav možno pozorovať aj na zajacoch. S termolugáciou súvisí aj hustejšia srst' tundrových foriem v porovnaní s ich príbuznými žijúcimi v miernejších podmienkach.

Celkom iné sú adaptácie, ktoré si vynútil život v rozľahlých priestoroch tundry a arktického pásma, ktoré neposkytujú zvieratám dostatok úkrytových možností. Ide najmä o etologické adaptácie, medzi ktoré patrí napríklad obranné správanie pižmoňa severského (obr. 8.11.).

Jeho hlavným nepriateľom je arktický vlk, ktorý žije v svorkách a loví v dvojiciach alebo v malých skupinkách. Keď sa objaví svorka vlkov, pižmone sa presunú na miesto s nehlbokým snehom alebo na vyvýšeninu a vytvoria charakteristický obranný útvar: dospelé zvieratá sa zoradia bok po boku do radu a nasmerujú rohy na protivníka, čím vytvoria zo svojich obávaných zbraní pevnú hradbu. Samce si zvyčajne na znak hrozby nepokojne



Obr. 8. 11. Obranný útvar pižmoňa severského ako etologická adaptácia na rozľahlé priestory s malými možnosťami úkrytu. Kým je útočník ďaleko, pižmone severské sa stavajú do radu. Keď sa vlky približia, pižmone vytvoria kruh s rohmi nasmerovanými von.

pretierajú predochnú žľazu. Keď ich vlky obkľúčia, pižmone vytvoria kruh, aby čelili nepriateľovi zo všetkých strán. Ak sa vlk predsa len priblíži na dosah, pižmoň doň udrie rohmi, pričom ho môže rozpárať a usmrtiť. Mláďatá, ktoré sú osobitne zraniteľné, sa krčia pri bokoch svojich matiek.

Pižmone sa správajú rovnako aj vtedy, keď na ne nalietať nízko letiace lietadlá. Ak však lietadlo či vrtuľník letí príízko, niekedy sa ich zmocní panika a pustia sa do bezhlavého behu. Niektorí autori uvádzajú, že počas búrky sa pižmone zoskupujú do trojuholníkovitého útvaru, pričom samce sa stavajú do prvého radu v smere najsilnejšieho náporu, zatiaľ čo mláďatá sa ukrývajú za telami dospelých, aby boli vetru vystavené čo najmenej.

Polárne oblasti

Ladové polárne oblasti sa vyznačujú krátkym letom a tmavou treskúcou zimou. Krajinou sa prehánajú kruté vetry, voda je zmrznutá a sneh a ľad bránia suchozemským živočíchom pri presunoch a hľadaní potravy. Zvieratá polárnych oblastí sú krutým podmienkam prispôsobené rozlične, napríklad hustou srstou alebo nemrznúcou krvou. Dve polárne oblasti Zeme sa od seba výrazne líšia. Oblasť okolo južného pólu - Antarktída - je zmrznutý svetadiel, zatiaľ čo oblasť pri severnom póle - Arktída - je zmrznutý oceán. S Arktídou susedí rovinatá zmrznutá a bezlesá časť súše čiže vyššie spomínaná tundra. Malé kúsky tundry sa nachádzajú aj na subantarktických ostrovoch.

Arktída

Väčšinu územia Arktídy vrátane severného pólu tvorí rozľahlá ľadová kryha plávajúca v Severnom ľadovom oceáne (obr. 8.12.). Okrajové časti Arktídy tvoria okraje Severnej Ameriky, Európy a Ázi, ako aj priľahlé ostrovy. Od subarktického pásma je arktické pásmo oddelené izotermou 5 °C najteplejšieho mesiaca. Pre stromy je tamajšie podnebie príliš studené a pôda je trvalo zamrznutá až do hĺbky 50 cm. V lete rozmŕza len do hĺbky niekoľkých decimetrov, v zime ju pokrýva sneh. Teplota v zime klesá na -40 až -50 °C, v lete vystupuje iba na 0 až +2 °C, miestami na +10 °C. V Arktíde sú zrážky ešte chudobnejšie ako v tundre, keď ich úhrnné množstvo za rok nepresahuje 100 až 200 mm.



Obr. 8.12. Arktída

Ľadová pokrývka

Ľadová pokrývka v polárnych oblastiach môže byť trvalá, prechodná a príbrežná. Trvalá pokrývka leží uprostred Severného ľadového oceánu a nikdy, ani v lete, sa nerozpúšťa. Jej priemer dosahuje 400 až 500 kilometrov a je hrubá od 3 až 4 metrov do 50 až 60 metrov, čo závisí od nakopenia ľadových kryh a spôsobu ich spájania pod vplyvom búrok a morských prúdov. Trvalá ľadová pokrývka je po celom obvode obkolesená prechodným ľadom, ktorý je najväčší v zime. Pod vplyvom sťahovania a rozťahovania ľadu, ako aj morských prúdov a vetrov vznikajú v tejto oblasti početné "kanály" s obnaženou hladinou, ktoré sa zo dňa na deň menia. Na brehoch ostrovov a svetadielov prechodný ľad v zime splýva s trvalou ľadovou pokrývkou. V lete sa však značne znižuje a na

niektorých miestach sa celkom stráca. Uvoľňujú sa z neho ľadové návrše a ľadové vrchy. Príbrežná ľadová pokrývka sa tvorí už na jeseň na miestach s prevahou sladkej vody, najmä pri ústiach riek. Tento druh ľadu vzniká preto, lebo sladká voda zamŕza skôr ako slaná, ale s príchodom silných mrazov príbrežný ľad splýva s prechodným ľadom. Najpriaznivejšie podmienky pre život poskytuje tuleňom, a tým aj medveďom, prechodná ľadová pokrývka, pretože im ponúka aj obnaženú morskú hladinu s plávajúcimi kryhami, ktoré sa premiestňujú, rozdeľujú a opäť spájajú. V oblastiach s trvalou ľadovou pokrývkou od 88° severnej zemepisnej šírky možno medvede stretnúť iba výnimočne, pretože tam nežijú tulene.

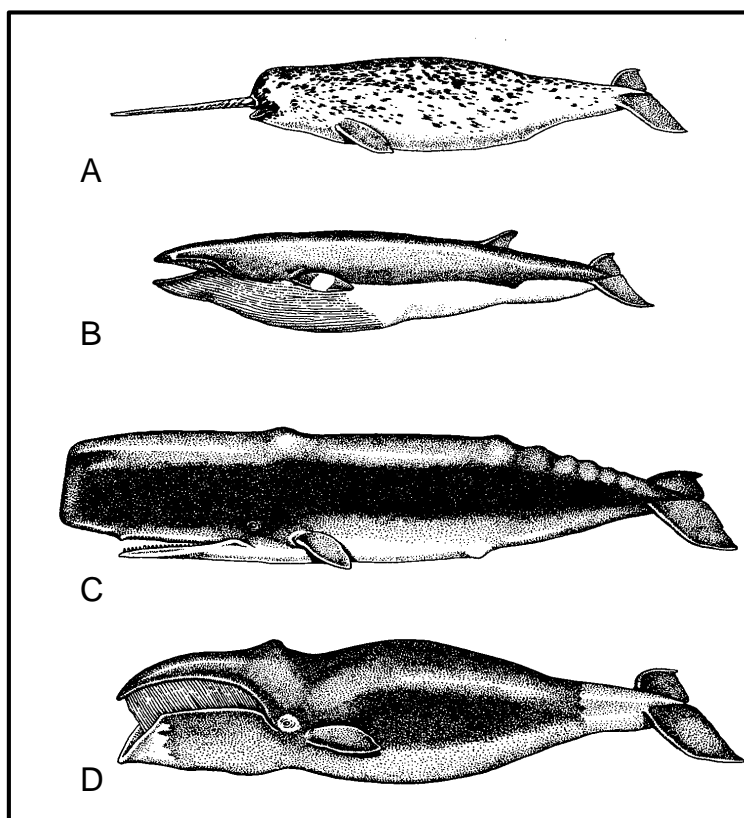
Organizmy Arktídy

Flóra arktickej oblasti je vzhľadom na drsné klimatické podmienky veľmi chudobná. Tvorí ju iba riasy, machorasty a lišajníky. Väčšina života sa odohráva v mori. Fauna je pomerne chudobná na druhy, ale veľmi bohatá na počet jedincov. V arktickej oblasti žije len veľmi málo suchozemských cicavcov, napríklad pižmoň severský, medveď biely a liška polárna, ale až 17 druhov morských cicavcov (obr. 8.13.) a približne 150 druhov morských rýb. Dominantnou zložkou ekosystému arktickej oblasti je fytoplanktón a zooplanktón.

Fungovanie ekosystému a potravné vzťahy

Arktická oblasť je na súši príliš chudobná, aby celý rok uživila všetky konzumenty arktického ekosystému. Na konci potravného reťazca, ktorý sa začína morským planktónom a pokračuje rybami a tuleňmi stojí medveď biely.

Fytoplanktón pozostávajúci prevažne z jednobunkových rias viaže slnečnú energiu a môže sa vyvíjať iba vďaka voľnej hladine (praskliny v ľadovej pokrývke a polynie) a vďaka tomu, že ľad čiastočne prepúšťa slnečné lúče. Fytoplanktónom sa živí zooplanktón, ktorý je zasa potravou veľrybotvarých cicavcov a početných rýb žijúcich v chladných arktických vodách. Ryby tvoria potravnú základňu tuleňov a morských vtákov. A napokon je tu medveď, ktorý



Obr. 8.13. Niektoré veľrybotvaré cicavce tvoriace súčasť arktického ekosystému. A – narval jednorohý, B – vráskavec malý, C – vorvaň tuponosý, D – veľryba grónska

sa živí tuleňmi a inými živočíchmi z uvedeného potravného reťazca. Zvyšky potravy a zdochliny všetkých živočíchov sa hromadia na morskom dne, kde sa nimi živí bohatá benthická fauna - mäkkýše, červy, hviezdovce a iné živočíchy dna, ktoré sú zas nevyhnutnou zložkou potravy mnohých rýb a mrožov. Zo zimnej prítomnosti medveďa bieleho ťaží aj líška polárna, ktorá sa živí mäsitými zvyškami tuleňov, pretože medvede z nich žerú iba kožu a tuk.

Adaptácie

V drsnom prostredí Arktídy sa vtáky chránia pred chladom hustým perím a hrubou podkožnou vrstvou tuku, napriek tomu však celoročne žije v tamojších podmienkach iba niekoľko druhov. Najodolnejšie druhy cicavcov, medzi ktoré patria napríklad pižmoň severský, medveď biely či líška polárna, žijú v Arktíde po celý rok. Vyznačujú sa hustou srstou, ktorá ich účinne chráni pred chladom. Pomáha im v tom aj hrubá vrstva podkožného tuku, ktorá súčasne slúži ako zásoba energie. Niektoré cicavce sa zahrabávajú pod sneh, kde je teplejšie a nefúka vietor, ktorý inak tiež odoberá veľa tepla. Tulene trávajú väčšinu života v mori a pred chladom ich chráni hrubá vrstva podkožného tuku. Niektoré druhy, napríklad tulene krúžkované, dokážu v zime prežiť dokonca aj pod ľadom. Pravda, z času na čas sa musia vynoriť, aby sa nadýchli. Preto si robia do ľadu dýchacie otvory, ktoré udržiavajú obnažené zubami. Iné tuleňotvaré sa do polárnych oblastí sťahujú iba počas teplejších letných mesiacov. Niektoré polárne živočíchy prežívajú krutú zimu aj pomocou chemických látok, ktoré zabráňujú zamŕznutiu ich telových tekutín. Vďaka tomu môžu žiť aj v prostredí, kde teploty klesajú pod bod mrazu a v tele sa im netvoria ľadové kryštály. Antarktické chvostoskoky sú drobný bezkrídly hmyz, ktorý dokáže prežiť teploty až $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nemrznúce látky v krvi majú zasa ryby ľadovky (*Chaenocephalus aceratus*).

Iba nedávno bola objavená zvláštna fyziologicko-etologická adaptácia medveďa bieleho, ktorá mu umožňuje prežiť aj v najtuhších mrazoch drsného severu. Ide o jeho výnimočnú schopnosť prejsť zo stavu plnej aktivity do stavu letargie. O tom, že ťarchavé medvedice zimujú v brlohoch, sa vie už dávno, ale až donedávna sa vedci domnievali, že samce a mladé medvede prežívajúce celú zimu na ľade nezimujú a zostávajú celý čas aktívne. Biológ Ralph Nelson však postrehol, že niektoré jedince spia aj postojačky, alebo, ako sám hovorí, "zimujú počas chôdze"! Podľa Nelsona sú tieto medvede schopné vlastnou vôľou prechádzať z jedného stavu do druhého, čo im umožňuje bez ťažkostí prekonávať ťažké obdobia.

Antarktída

Antarktická oblasť tvorí svetadiel Antarktída a priľahlé južné časti Atlantického, Indického a Tichého oceána (obr. 8.14.). Antarktída je veľká približne ako Európa a USA dohromady. Pokrýva ju vrstva ľadu, ktorá miestami dosahuje hrúbku až 4,8 km. Životné podmienky sú v antarktickej oblasti sú ešte drsnejšie ako v Arktíde. Priemerná teplota najteplejšieho mesiaca na pobreží nedosahuje ani 0 °C, vo vnútrozemí je ešte chladnejšie. V zime klesá teplota až na -87 °C, v lete dosahuje zväčša -25 až -35 °C. Nad oceánom je o niečo teplejšie, pričom v zime prevládajú teploty okolo -30 °C, v lete vystupujú na 0 až +4 °C. V celej oblasti sa takmer neprestajne preháňa silný vietor až uragán, veľmi časté sú hmly a snehové búrky. Mimoriadne prudký vietor - blizzard - niekedy dosahuje rýchlosť až 300 kilometrov za hodinu, pričom ťahá so sebou množstvo ľadových čiastočiek. Vedci odhadujú, že cez jeden štvorcový meter plochy kolmej na smer vetra sa pri blizzarde vanúcom rýchlosťou 125 kilometrov za hodinu preženie až 10 ton ľadu za hodinu! Miernejšie podnebie poskytuje iba Antarktický polostrov. Zrážky sú bohatšie ako v Arktíde, pričom ich ročný úhrn dosahuje 300 až 350 mm, v zóne cyklón až 800 mm, sú však prakticky výlučne vo forme snehu, iba nad oceánom môže byť aj dážď.

Iba dve percentá povrchu Antarktídy sú bez ľadovej pokrývky, ani na tejto obnaženej súši však nie je pôda. Z rastlín prevládajú na súši lišajníky a machorasty, pričom jedinými stálymi živočíchmi Antarktídy sú určité druhy drobného hmyzu. Skalnaté a ľadové prostredie Antarktídy tak predstavuje najdrsnejšie životné podmienky na celej planéte. Oceán obklopujúci Antarktídu je však bohatý na živiny a poskytuje dostatok potravy pre množstvo rýb, tuleňotvarých a veľrybotvarých cicavcov, ako aj morských vtákov.



Obr. 8.14. Antarktída.

Organizmy Antarktidy

Flóra Antarktídy je veľmi chudobná a tvoria ju iba riasy lišajníky, a dva druhy semených rastlín. Podobné konšтовanie platí aj pre faunu, ktorá je podobne ako v arktickej oblasti chudobná na druhy, ale veľmi bohatá na počet jedincov. V antarktiskej oblasti úplne chýba lietajúci hmyz, sladkovodné ryby aj suchozemské cicavce. Vo vnútrozemí žijú iba mikroskopické živočíchy, ale na pobreží sa zdržiava veľa vtákov, najmä víchrovníky a tučniaky. Väčšina života antarktiskeho ekosystému sa odohráva v mori.

Fungovanie ekosystému a potravné vzťahy

Antarktída neposkytuje nijaký zdroj potravy. Celý antarktický ekosystém závisí od mora, v ktorom dosahuje rozvoj planktónu, čiže základného ohnivka potravného reťazca, najvyššiu mieru v lete od novembra do apríla. V niektorých úsekoch býva až 33 kilogramov planktónu v jednom metri kubickom morskej vody. Takáto hustota vzniká v oblastiach, kde pod vplyvom prúdov, vetra a otáčania Zeme vystupujú k hladine studené prúdy bohaté na nerastné látky. Sezónny charakter zvýšenej abundancie (hustoty) planktónu, predovšetkým pancieroviek antarktických (*Euphausia superba*), ktoré sú takmer nevyčerpatelným zdrojom bielkovín, umožňuje väčšine druhov zosúladiť svoj rozmnožovací cyklus s obdobím najpriaznivejšieho počasia a najväčšej hojnosti potravy.

Adaptácie – príklad tučniaka cisárskeho

Morfologické a fyziologické adaptácie živočíchov obývajúcich antarktickú oblasť, majú vo všeobecnosti rovnaký charakter, ako adaptácie arktických živočíchov. Ešte drsnejšie podmienky však vyžadujú od živočíchov ešte viac prispôbení. Bohaté zdroje potravy, ktoré ponúkajú oceány v okolí Antarktídy, sú však pre živočíchy veľmi lákavé, a tak sa viaceré z nich vyrovnali s nehostinným životným prostredím veľmi osobitými adaptáciami. Platí to najmä pre jednu skupinu – tučniaťvaré vtáky. Azda najvýnimočnejšie morfologické, fyziologické a etologické adaptácie možno pozorovať na tučniakovi cisárskom.

Tučniak cisársky osídlil brehy Antarktídy, pretože tamojšie more oplýva nesmiernymi zásobami potravy. Živí sa výlučne v mori, vďaka tomu môže konzumovať obrovské množstvá kôrovcov, ale aj rýb (*Pleuragramma antarcticum*) a hlavonožcov (*Psychrotentis glacialis*). Keď loví, zvyčajne najskôr pláva na hladine a potom sa na niekoľko minút ponorí. Tak ako mnohé iné morské vtáky, aj tučniačky často lovia v krdľoch. Plávajú vpred ženú korisť pred sebou a zmocňujú sa jej, keď sa usiluje uniknúť na breh. Keď sú na mori, vôbec neopúšťajú vodu a hojne sa krmia, aby si vytvorili dostatočné zásoby tuku a bielkovín. Tie potrebujú na to, aby v čase rozmnožovania a výmeny peria dlho vydržali na ľadovej pokrývke.

Celá telesná stavba tučniaka, najmä pevné telo a krátky krk, je prispôbená plávaniu. Telo tučniaka sa vyznačuje vysokou mernou hmotnosťou, vďaka čomu sa vták ľahko a rýchlo ponára. Krídla má premenené na plutvy, ktoré sú porovnateľné s plutvami veľrybotvarých cicavcov. Slúžia mu ako pohonná jednotka. Zadné nohy, ktoré drží stále pri sebe, používa ako kormidlo a v podstate možno povedať, že pod vodou nepláva, ale lieta! Tento spôsob pohybu je účinný, veď tučniak dosahuje pod vodou rýchlosť 5 až 10 kilometrov za hodinu a na krátke vzdialenosti aj 20 až 30 kilometrov za hodinu. Turbulencie, ktoré vznikajú pozdĺž tela každého morského zvieratá pri dosiahnutí určitej rýchlosti a odoberajú mu energiu, tučniačky znižujú tak, že vyskakujú nad hladinu a opäť sa ponárajú, podobne ako to robia sviňuchy. Predpokladá sa tiež, že vodotesné perá a značné množstvo vzduchu, ktoré sa v nich ukrýva, sa pri vyššej rýchlosti rozkmitajú a potláčajú tak nežiaduce turbulencie.

Na jeden nádech tučniak cisársky zvyčajne nebýva pod vodou dlhšie než niekoľko minút, najviac 18 minút. Výnimočné výkony však tučniačky cisárske dosahujú v hĺbkovom potápaní. Istý jedinec sa ponoril až do hĺbky 382 metrov a vzápätí, len po dvoch minútach oddychu, do hĺbky 370 metrov! Prebytočnej soli, ktorá je sprievodným javom života v mori, sa tučniačky zbavujú sol'nými žľazami, ktoré majú pod očami. Vylučovaná soľ im steká pozdĺž zobáka a na konci vytvára kvapku, ktorá odpadne vždy keď vták potrasie hlavou.

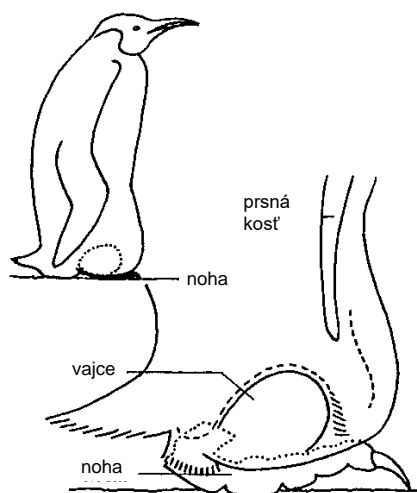
Tučniak cisársky je životu v mimoriadne chladnom prostredí prispôsobený aj tým, že má cievnú sústavu v krídlach usporiadanú veľmi zvláštnym spôsobom: žily a tepny vedú tesne pri sebe, aby sa teplo z tepnovej krvi prenášalo na studenú žilovú krv a zbytočne neunikalo do okolia, ako z končatín iných stavovcov.

Tučniak cisársky je vďaka dobre vyvinutým fyziologickým adaptáciám, spojeným s termoreguláciou, veľmi odolný voči chladu. Zjednodušene by sme mohli povedať, že teplota prostredia -10 °C preň znamená to isté, čo pre nahého človeka 27 °C. Ú tvar "korytnačka", o ktorom ešte bude reč, tiež predstavuje značné úspory energie. Vedci vypočítali, že takto zoskupené tučniačky nespotrebovávajú pri teplote -30 °C viac energie ako osamelé stojace jedince pri -5 °C. V "korytnačke" sa úbytok ich telesnej hmotnosti znižuje o 27 až 50 percent.

Rovnako výnimočná je aj schopnosť dlhodobého hladovania tučniakov. Tučniak cisársky celkovo strávi až pol roka bez akejkoľvek potravy. Aby to dokázal, vytvára si bohaté tukové zásoby. V marci, pred začiatkom hladovania, pozostáva telo 38-kilogramového samca zo 17 kilogramov svaloviny a 11 kilogramov tukového tkaniva, zvyšok pripadá na kosti a vnútornosti. Prekvapujúca je však aj rýchlosť, akou tučniaky priberajú: každý kilogram hmotnosti nadobudnú dva razy rýchlejšie ako on prišli.

Napokon sa tučniaky líšia od väčšiny ostatných vtákov aj spôsobom vymieňania peria. Väčšine vtákov vypadávajú staré perá jedno po druhom a postupne ich nahrádzajú nové. U tučniaka cisárskeho nové perá vytláčajú staré tak, že sa do nich zasúvajú. Staré perá vypadávajú, až keď z nových trčí jeden centimeter, vďaka čomu nijaká časť tela nie je ani na chvíľku obnažená a straty tepla sa znižujú na čo najmenšiu možnú mieru.

Nemenej zaujímavý je rozmnožovanie tučniaka cisárskeho. Desať až pätnásť dní po párení, ktoré sa odohráva v apríli až máji, samica znesie jediné vajce vážiace 450 gramov. Pomocou chvosta ho opatrne nechá skotúľať sa medzi nohy, kde ho pred chladom dokonale chráni brušný kožný záhyb. Potom si obaja partneri opäť navzájom zaspievajú a po niekoľkých hodinách odovzdá samica vajce samcovi. Táto operácia je veľmi náročná a odohráva sa v niekoľkých etapách. Samica najskôr ukáže vajce svojmu partnerovi, ktorý skloní hlavu a nasmeruje k nemu zobák. Potom oba vtáky spievajú, a samica sa začne drobnými krokmi otáčať okolo samca. V istej chvíli opatrne rozťahne nohy a vajce sa pomaly zošmykne na ľad. Samec si ho napokon zobákom nakotúľa medzi nohy a potom s veľkým úsilím vydvihne na nohy. Potom, čo samica odovzdá vajce samcovi, krúži okolo neho a vysoko dvíha nohy. Potom sa uvoľní, začne sa pohybovať normálne, spieva a predvádza sa. Celú činnosť niekoľkokrát zopakuje, pričom sa od samca postupne vzdiali, až ho napokon nechá, aby na vají sedel sám. Sama sa vyberie na otvorené more, aby načerpala stratenú energiu, veď predchádzajúcich 40 až 50 dní hladovala a stratila 25 percent pôvodnej hmotnosti. Pravda, samec tiež, ale toho čaká ďalší dvojmesačný pôst na ľadovej pokrývke, počas ktorého bude udržiavať vajce v teplom (okolo 34 °C) "inkubátore" (obr. 8.15).



Obr. 8.15. Inkubačný vak samca tučniaka cisárskeho.

V priebehu júla, po 65 dňoch, sa z vajca vyliahne mláďa. Vtedy sa samice vrátia späť do kolónie a spev opäť zohrá významnú úlohu - podľa neho si nájdu svojich partnerov. Každá samica spieva dovtedy, pokiaľ sa nedočká odpovede toho pravého samca. Spev tučniakov sa ozýva zo všetkých strán, ale každý samec napokon spozná svoju samičku. Keď sa vtáky, ktoré k sebe patria, nájdu, spustia silný dvojhlasný spev. Nadišiel čas, aby otec zveril mláďa matke a vydal sa na more načerpať sily. Za štyri mesiace hladovania stratil 40 percent hmotnosti, keď mu z pôvodných 40 kilogramov zostalo len 23. Pravda, kým sa dostane k moru a prehltnie prvé sústo, čaká ho ešte 100 až 200-kilometrový pochod po ľadovej pokrývke. Ak sa samica oneskorí, zúfalý vyhľadnutý samec je schopný kŕmiť mláďa ešte desať dní. Vyrhúje výlučky z hrvoľa, ktoré pozostávajú najmä zo zmesi bielkovín (60 percent) a tukov (30 percent; oboje vyjadrené v hmotnosti sušiny).

Ak sa samica ani potom neobjaví, samec je nútený mláďa opustiť, inak by sa sám vystavil smrteľnému nebezpečenstvu: zo zásob mu už zvýšili len jeden-dva kilogramy tuku nevyhnutne potrebné na cestu, ktorá ho delí od mora. Kým si samec v mori obnovuje sily a zásoby energie, samica kŕmi mláďa vývržkami z potravy, ktorú si uschovala v žalúdku počas pobytu v oceáne. Spočiatku ho kŕmi každú hodinu, neskôr iba dva až tri razy denne. Keď sa

samec po štyroch týždňoch vráti, opäť prevezme starostlivosť o mláďa a samica znovu odíde na more.

V septembri začína mláďa získavať schopnosť regulovať telesnú teplotu. Krátke páperie, ktoré ho spočiatku vôbec nechráni pred chladom, mu napokon zhustne tak, že môže inkubačný vak opustiť. Po 40 dňoch je schopné udržať si telesnú teplotu aj bez toho, aby sa vracalo do úkrytu u svojich rodičov. Táto etapa vývinu sa niekedy nazýva aj etapou "teplotnej emancipácie". Od toho času môžu obaja rodičia chodiť pre potravu a nechať mláďa bez ochrany na ľade. Kŕmia ho ešte tri a pol mesiaca a za ten čas mu každý z rodičov prinesie potravu najviac šesťkrát. Svoju ratolesť si zakaždým spoznajú podľa spevu, ktorý je od prvých dní života osobitý u každého mláďaťa.

Dočasne opustené mláďatá žijú spolu v "jasličkách". Za nepriaznivého počasia sa navzájom chránia. Uprostred antarktickej zimy vanie ľadový blizzard rýchlosťou až 300 kilometrov za hodinu a teplomer môže klesnúť na -50°C , pričom deň trvá len niekoľko hodín. Aby mláďatá vydržali také kruté podmienky, tisnú sa jeden k druhému a vytvárajú útvar, ktorý dostal prezývku "korytnačka", podľa rovnomenného bojového zoskupenia rímskych vojsk. Mladé vtáky sa pomaly striedajú, aby neboli vystavené chladu stále tie isté jedince, pričom sa mláďatá z okraja presunú do stredu a naopak. Začiatkom decembra, viac než osem mesiacov po príchode dospelých na ľadovú pokrývku, sú mladé tučniaky pripravené opustiť kolóniu. Majú päť mesiacov a vymenené perie, ale nevážia viac než 10 až 12 kilogramov. Celý nasledujúci rok strávia na mori a prvýkrát sa pária, keď majú 3 až 8 rokov (podľa pohlavia). Dospelé vtáky sa po výdatnom kŕmení v mori vrátia na súš, aby prepáchli, pričom šesť týždňov hladujú. Potom opäť odídu kŕmiť sa do mora, až kým sa nezačne nový rozmnožovací cyklus.

Tento zvláštny a náročný spôsob rozmnožovania sa vyvinul ako adaptácia na sezónny charakter zvýšenej abundancie planktónu v mori. Tučniak cisársky je jediný živočích, ktorý sa nerozmnožuje počas antarktického leta (od decembra do marca), ale naopak, začína svoj rozmnožovací cyklus súčasne so začiatkom zimy! Hoci sa to zdá na prvý pohľad nepochopiteľné, pre takúto stratégiu rozmnožovania jestvuje niekoľko dôvodov. Tučniak cisársky je veľký vták a jeho rozmnožovací cyklus trvá vyše osem mesiacov (priemerne 250 dní), čo je očividne viac ako dĺžka krátkeho antarktického leta. Pre zachovanie druhu je najdôležitejšie to, aby mláďatá mali najvhodnejšie podmienky pre život vtedy, keď sa rodičia o ne prestanú starať. Aby teda mohli k moru dôjsť čo najrýchlejšie a v čase, keď je najproduktívnejšie, musia si odchod jednoznačne zosúladiť s ústupom ľadu. Dospelým potom nezostáva iná možnosť, ako rozmnožovať sa v zime a vydržať nesmierne kruté podmienky, aké v tomto období v Antarktíde panujú. Hoci sa to zdá na prvý pohľad paradoxné, zimný rozmnožovací cyklus bol pre tučniaky cisárske jediným riešením, aj keď podmienený nadobudnutím mimoriadnej odolnosti voči chladu a obdivuhodnej schopnosti dlhodobo hladovať.

Globálny význam polárnych oblastí

Pevnina, oceán a atmosféra Antarktídy zohrávajú kľúčovú úlohu pri udržiavaní klimatickej rovnováhy na Zemi. Ľadový pokryv s plochou rovnajúcou sa rozlohe USA a Mexika a priemernou hrúbkou 2,5 km predstavuje 90 % ľadovej hmoty Zeme. Táto gigantická "chladnička" má rozhodujúci vplyv na celú planétu. Hoci v tropických oblastiach po celý rok praží Slnko, ani tam teplota nikdy nevystúpi nad určitú hranicu, pretože prebytočné teplo pohlcuje atmosféra a oceány. Zohriaty vzduch a voda zostupujú smerom k južnému pólu, kde strácajú teplo. Po ochladení zasa stúpajú k rovníku, kde sa opäť zohrejú a celý kolobeh sa opakuje. Na našej planéte panuje citlivý teplotný režim. Antarktída plní úlohu "chladničky", ktorá je pre zachovanie klimatickej rovnováhy nevyhnutná. Bez antarktického ľadu by sa život na rovníku premenil na peklo!