

Voda a ekosystémové funkcie biodiverzity na prahu dôsledkov klimatickej zmeny

Väčšina ľudí má bezprostrednú skúsenosť s biotickou reguláciou klímy a s príjemným chládzkom v hustom lese, ktorý sa udrží i počas horúceho letného dňa. Priestor pod korunami stromov si vďaka ich tieňu, obmedzenému prúdeniu vzduchu a vysokému výparu udržuje stálu vlhkosť a relatívne stálu teplotu. Takmer 100 % vlhkosť vzduchu tesne nad povrchom pôdy a aerostatická rovnováha vďaka teplotnej inverzii (vyššej teplote v korunách ako pri zemi) počas dňa zabraňuje úniku pôdnej vlhkosti do atmosféry. Vyrovnanosť vlhkosti a teploty pod korunami stromov je priamo úmerná hustote a výške porastu. Hospodárenie lesa s vodou pod korunami stromov je také účinné, že stromy si zo svojich korún môžu dovoliť vysoký výpar, ktorým ochladzujú vzduch nad nimi. Zalesnené územia sa na infračervených satelitných snímkach počas slnečného dňa javia ako chladnejšie, v porovnaní s ich nezalesneným okolím. V riedkom lese a v otvorených ekosystémoch nedochádza k teplotnej inverzii počas slnečného dňa, a preto trpia vysokým únikom vodnej pary z pôdy. Nočná teplotná inverzia nad korunami stromov a nad otvorenými ekosystémami často vedie ku kondenzácii a tvorbe hmly. Časť z nej gravituje k zemi, pričom v uzavretých lesných ekosystémoch sa, na rozdiel od otvorených priestranstiev, v podobe vlhkosti udrží aj počas dňa. Iným prípadom je zachytávanie tzv. horizontálneho dažďa korunami stromov. Tieto tzv. oblačné lesy, vyskytujúce sa najmä v tropických pásmach, môžu získavať zo zachytávania horizontálneho pohybu hmly viac vlhky ako z regulárnych zrážok. Mikrocyklus vody je podľa nemeckého hydrologa W. Rippla (2003) obehom vody medzi výparom a zrážkami. Tento obeh vody, ktorý sa v našich podmienkach prejavuje kvapôčkami rosy na tráve alebo ihličí, je najčastejším prejavom obehu vody vo vegetácii a najdôležitejším stabilizačným procesom na pevnine. Mimoriadne účinne disipuje slnečnú energiu bez negatívnych vedľajších účinkov, ako je napr. vysušanie, dezertifikácia a erózia pôdy.

Veľké lesné porasty spôsobujú „nasávanie“ vlhkého vzduchu z oceánu nad pevninu. Ruskí prírodovedci V. G. Gorškov a A. M. Makarieva (2006, 2007) došli k jednoznačnému záveru, že na nezalesnených úsekoch kontinentov úhrny zrážok

so vzdialenosťou od mora prudko klesajú, kým na územiach pokrytých prirodzenými lesmi úhrny zrážok so vzdialenosťou od mora nielenže neklesajú, ale v niektorých prípadoch dokonca stúpajú, a to i na niekoľkotisíc kilometrov dlhých úsekoch. Na základe týchto a ďalších faktov, ako aj fyzikálnych a biologických úvah, sformulovali princíp tzv. *biotической pumpy*. Dokázali, že ak existujú dva susediace regióny s rozličným výparom a s rozličnými výstupnými prúdmi vlhkosti, vzniká horizontálny tok vlhkého vzduchu z oblasti s menším výparom do oblasti s vyšším výparom. Tento pohyb proti vlhkosťnému gradientu ochudobňuje zrážky v suchej a prispieva k zrážkam vo vlhkej oblasti. Lesné ekosystémy, vďaka väčšej kumulatívnej ploche vyparovania, dokážu vypariť až niekoľkonásobne viac vody v porovnaní s vyparovaním z voľnej vodnej hladiny tej istej rozlohy. Lesy sa tak stávajú biotickou pumpou, ktorá zabezpečuje nasávanie vlhkého vzduchu z oceánu na pevninu. Čím viac vody sa vyparí, tým väčšie množstvo vlhky krajina získa. Opačným javom je, ak sa výpar v krajine zníži v porovnaní s výparom v mori, ktoré ju obmýva. Vtedy bude naznačený fyzikálny mechanizmus fungovať opačným smerom a bude odčerpávať vlhkosť z krajiny. Môže sa tak stať vplyvom odlesnenia. Lúky a poľnohospodárska pôda efekt biotической pumpy nedokážu zabezpečiť a ich vodný cyklus závisí od ich vzdialenosti od mora a od náhodných fluktuácií počasia prinášajúceho vlhku. Zaiste to nie je jediný mechanizmus, ktorým sa vlhka dostáva nad kontinenty. Avšak bez ohľadu na to, či je popis fyzikálnej podstaty mechanizmu biotической pumpy správny, alebo nie, z rozličných kútov sveta prichádzajú svedectvá o javoch, ktoré mu zodpovedajú.

Biota a uhlíkový cyklus

Globálna zmena koncentrácie CO₂ v atmosfére je daná bilanciou jeho množstva v atmosfére vplyvom spaľovania fosílnych palív, pozemného biosférického toku CO₂, ako aj v dôsledku požiarov a intenzívne orientovaného využívania pôdy a tokom CO₂ medzi oceánom a atmosférou. Kým ekosystém oceánu a prírodné terestriálne ekosystémy uhlík z atmosfé-

ry viažu, narušené suchozemské ekosystémy ho do atmosféry emitujú. Výmena uhlíka medzi zemským povrchom a atmosférou vykazuje veľkú medziročnú premenlivosť, ktorá dosahuje až hodnoty spaľovania fosílnych palív človekom. Interakcia s hydrologickým cyklom tu zohráva podstatnú úlohu. Závisí najmä od zrážok. Najväčší vplyv majú suchá v miernom pásme severnej pologule, kde je pozemná sekvestrácia CO₂ najväčšia. Suchá a horúčavy znižujú fotosyntézu, ale zvyšujú pravdepodobnosť výskytu veľkých lesných požiarov. Ohromné množstvo uhlíka viazaného v organickej hmote lesov mierneho pásma predstavuje pri náhlom uvoľnení hrozbu zvýšenia koncentrácie uhlíka v atmosfére. Na kompenzáciu súčasných antropogénnych emisií uhlíka by stačilo znížiť plochy využívané človekom o približne 7 % a na tej istej ploche obnoviť prirodzené alebo prírode blízke ekosystémy (prírodné alebo poloprárodné biotopy). To zhruba zodpovedá 40 % obmedzeniu ťažby dreva. Obnova (ekologická reštaurácia) prirodzených ekosystémov a vytváranie umelých poloprárodných ekosystémov však nemusia byť z hľadiska konečného očakávania eliminácie uhlíkových emisií rovnaké. Ak by sa na všetkých plochách využívaných človekom mohli obnoviť prirodzené alebo prírode blízke ekosystémy, predindustriálny obsah CO₂ v atmosfére by sa teoreticky mohol obnoviť asi za 70 – 80 rokov.

Obnoviť hydrologický režim narušených (dokonca i polopúštnych a púštnych) území stále možno zalesnením. Ak by nepôsobil vietor, voda odparená z lesa by spadla nad tým istým územím a les by bol v dodávke vody sebestačný. Aj keď drsnosť zalesneného zemského povrchu a vyrovnávanie teplotných rozdielov prostredníctvom účinkov vodnej pary môže znižovať veternosť, na zabezpečenie sebestačnosti treba pomerne veľké plochy lesa. Rozloha takéhoto lesa závisí od doby zdržania vodnej pary v atmosfére a od rýchlosti vetra. Likvidácia pobrežného pásu lesa na kontinente môže byť z hľadiska teórie biotickej pumpy mimoriadne deštruktívna, pretože izoluje vnútrozemie od možnosti nasávať vlhký morský vzduch.

Pri príležitosti ruského podpisu Kjótskeho protokolu Gorškov a Makarieva poukázali na to, že poškodenie ekosystémov človekom môže zmaríť snahu o zmiernenie dôsledkov klimatickej zmeny, ktoré vyvíja medzinárodné spoločenstvo s veľkým nasadením prostredníctvom zníženia antropogénnych emisií skleníkových plynov. Narušenie miliardy rokov sa vyvíjajúcich systémov biosféry nemožno nahradiť žiadnou technológiou a je oveľa nebezpečnejšie, ako emisie produkované človekom.

Pri hľadaní východiska prichádza výzva na redukcii technologickú produkciu skleníkových plynov na

80 % v najbližších 20 rokoch. Bez ohľadu na to, či je to vopred odsúdené na neúspech, riešenie sa ponúka aj v návrhoch, ktoré treba brať vážne. V konečnom dôsledku príroda nakoniec zvíťazí aj bez pričinenia človeka. Ľudstvo má dostatočné množstvo argumentov a dôkazov, aby sa vedelo rozhodnúť.

V úvode knihy Marka Lynasa (2009), ktorá získala Cenu britskej Kráľovskej vedeckej spoločnosti, sa autor priznáva, že počas svojich prednášok o výsledkoch a prognózach globálneho otepľovania a vysušovania pevnín, bol svedkom rozhovoru dvoch poslucháčov, kde sa jeden ospravedlňuje druhému, že ho priviedol vypočuť si niečo také deprimujúce a hrozivé.

O tom, ako (ne)funguje biotická pumpa, keď so do nej dostane niečo, čo ju znefunkční, sme sa presvedčili aj na Slovensku v Karpatoch, kde sa naďalej nekompromisne ťaží drevo a na druhej strane lesy vymierajú v dôsledku straty vhodných podmienok na existenciu vitálneho lesného ekosystému.

Ľudstvo prebralo na seba zodpovednosť za úlohy, ktoré doteraz zabezpečovala príroda. Ťažko si predstaviť hrozivejšiu zodpovednosť. Stav a vývoj biodiverzity a vody, bez ktorej nemôže ľudstvo existovať, je bezprostredným kritériom súčasnej a budúcej úrovne ľudstva, ako poznania dôsledkov pokračujúcej klimatickej a sociálno-spoločenskej zmeny na Zemi. Vyjadruje schopnosť adaptácie biodiverzity na klimatickú zmenu bez ohľadu na to, ako sa ľudstvo s jeho technikou vysporiada s emisiami a politickými deklaráciami.

Literatúra

- Makarieva, A. M., Goškov V. G., Li B. L.: Conservation of Water Cycle on Land via Restoration of Natural Closed-canopy Forests: Implications for Regional Landscape Planning. *Ecological Research*, 21, 2006, p. 897 – 906.
- Makarieva, A. M., Gorškov, V. G.: Biotic Pump of Atmospheric Moisture as Driver of the Hydrological Cycle on Land. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 2007, p. 1 013 – 1 033.
- Lynas, M.: *Six Degrees – Our Future on a Hotter Planet*. London, Oxford. Harper Collins Publisher Ltd., 2009.
- Ripl, W.: *Water: the Bloodstream of the Biosphere*. Philosophical Transactions of the Royal Society London B, 358, 2003, p. 1 921 – 1 934.

Ing. Juraj Kohutiar, MVO Ľudia a voda, Košice,
kohutiar@ludiaavoda.sk

RNDr. Peter Straka, PhD., INECO, Fialkové údolie 43,
811 01 Bratislava, pestraba@gmail.com