

ZVLÁŠTNOSTI ROČNÉHO CHODU ZLOŽIEK ROVNICE ENERGETICKEJ BILANCIE POVRCHU NA VYBRANÝCH STANICIACH SLOVENSKA

Ján Tomlain

Summary:

Peculiarities of the annual course of energy balance equation components of soil surface on selected stations of Slovakia

The Department of Astronomy, Physics of the Earth and Meteorology (Faculty of Mathematics, Physics and Informatics of the Comenius University in Bratislava) has developed a mathematical/physical model for estimation of energy balance equation components. The model computation following from common solution of the energy and water balance equations was performed and discussed for 5 meteorological stations located in different climatic conditions for period 1951-2000, as well as for extreme droughty and humid years. The input model data are: air temperature and humidity, cloudiness, precipitation and number of days with snow cover.

Key words: energy balance equation components, Bowen ratio, extremes

Úvod

Rovnica energetickej bilancie je špeciálnym prípadom jedného zo základných fyzikálnych zákonov – zákona zachovania energie. Môžeme ju zostaviť pre Zem ako planétu, pre určitý povrch alebo vrstvu v atmosfére, hydrosfére a litosfére. Vyjadruje algebraický súčet všetkých tokov tepla, ktoré do určitého systému prichádzajú a odchádzajú za určitý časový interval.

Rovnica energetickej bilancie zemského povrchu zahŕňa toky energie medzi elementárnou plochou povrchu a jeho okolím. Najčastejšie má tvar

$$B = LE + H + Q, \quad (1)$$

kde B je celková bilancia žiarenia aktívneho povrchu, LE – teplo spotrebované na evapotranspiráciu alebo výpar z vodnej hladiny, H – turbulentný tok tepla medzi aktívnym povrchom a atmosférou a Q – tok tepla od povrchu do nižšie ležiacich vrstiev (pôdy, vody) a naopak. B pokladáme za kladné, ak tok radiačného tepla smeruje k uvažovanému povrchu. LE, H, Q sú kladné v prípade odtoku tepla od povrchu (L je merné skupenské teplo vyparovania, $L = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$). Ďalšie zložky rovnice energetickej bilancie (tok tepla od disipácie energie vetra a prílivových vln, teplo prenášané zrážkami, teplo spotrebované na fotosyntézu, teplo uvoľňované pri oxidácii

biomasy) sú spravidla oveľa menšie ako jednotlivé toky tepla v rovnici (1).

Materiál a metódy

Predkladaná práca prináša analýzu ročného chodu zložiek energetickej bilancie zemského povrchu na 5 lokalitách Slovenska, nachádzajúcich sa v rôznych klimatických podmienkach tak v priemere za obdobie 1951 až 2000, ako aj v suchých a vlhkých rokoch za obdobie 1951 až 2003. Jednotlivé zložky rovnice (1) boli stanovené aplikáciou fyzikálno-matematického modelu, ktorý bol rozpracovaný na Katedre astronómie, fyziky Zeme a meteorológie Fakulty matematiky, fyziky a informatiky UK v Bratislave [5]. Vstupnými údajmi modelu sú teplota a vlhkosť vzduchu, oblačnosť, atmosferické zrážky a počet dní so snehovou pokrývkou.

Výsledky a diskusia

Podunajská nížina je charakterizovaná ako oblasť teplá a suchá s miernou zimou. V priemere za rok jeden m^2 povrchu pôdy v Hurbanove dostáva 492 kWh radiačného tepla, z ktorého na evapotranspiráciu sa spotrebuje 64 % a na zohrievanie atmosféry 36 %. Z ročného úhrnu zrážok 544 mm evapotranspirácia tvorí 83 %. V ročnom chode najväčšie sumy LE pozorujeme v máji v dôsledku väčších zásob vody v pôde zo zimných a jarných zrážok. Celková bilancia žiarenia dosa-

huje maximum v júni a záporné hodnoty nadoháda v decembri a januári. Záporné hodnoty v decembri a januári má aj turbulentný tok tepla s maximom v júli. Pomer turbulentného toku tepla k teplu spotrebovanému na evapotranspiráciu (Bowenov pomer) tvorí za rok 57% a za vegetačné obdobie 62 %. V roku 2003 chudobnom na zrážky (ročný úhrn $P = 333$ mm) Bowenov pomer mal hodnotu za rok 82 % a za vegetačné obdobie 92 %. V roku 1965 bohatom na zrážky (ročný úhrn $P = 827$ mm), $H/LE = 26$ % tak za rok, ako aj vegetačné obdobie.

Východoslovenská nížina je podľa klimatickej klasifikácie charakterizovaná ako podoblasť teplá a mierne suchá s chladnou zimou. Priemerný ročný úhrn zrážok v Somotore za obdobie 1951-2000 dosiahol 564 mm a ročný úhrn evapotranspirácie 455 mm (81 %). Ročný chod celkovej bilancie žiarenia a turbulentného toku tepla je charakterizovaný zápornými sumami počas 4 mesiacov od novembra po február s výskytom maxima B v júni a H v júli. Z priemernej ročnej sumy $B = 477$ kWh.m⁻² na evapotranspiráciu sa spotrebuje 66 % a na turbulentný tok tepla 34 %. Priemerná hodnota H/LE za rok dosiahla 51 % a za vegetačné obdobie 54 %. V suchom roku 1992 (ročný úhrn $P = 394$ mm) Bowenov pomer za rok sa rovnal 92 % a za vegetačné obdobie 110 %. Evapotranspirácia za tento rok tvorila až 86 % spadnutých zrážok. V roku 1970 s bohatými zrážkami (ročný úhrn $P = 758$ mm) H/LE tak za rok, ako aj vegetačné obdobie dosiahlo hodnotu 38 % a energetické možnosti evapotranspirácie stačili na vyparenie 45 % ročných zrážok.

V Liptovskom Hrádku, ktorý má mierne teplú a mierne vlhkú klímu s chladnou zimou, priemerná ročná suma B dosiahla 422 kWh.m⁻². Z tejto zásoby energie sa na evapotranspiráciu spotrebovalo 78 % a turbulentný tok tepla 22 %. Bowenov pomer za rok mal hodnotu 27 % a za vegetačné obdobie 31 %. Lokalita je charakterizovaná priemerným ročným úhrnom zrážok 672 mm, z ktorého 71 % sa spotrebovalo na evapotranspiráciu. Ročný chod B a H je charakterizovaný zápornými hodnotami od novembra do februára. V ročnom chode celková bilancia žiarenia dosahuje maximum v júni a turbulentný tok tepla v máji. V relatívne suchom roku 2003 (ročný úhrn zrážok $P = 480$ mm) sa z ročnej sumy $B = 454$ kWh.m⁻² na evapotranspiráciu spotrebo-

valo 73 % a na H 27 %. Bowenov pomer za rok mal hodnotu 37 % a za vegetačné obdobie 43 %. Ročný úhrn zrážok v roku 1970 dosiahol 873 mm, z čoho 53 % sa vyparilo. Bowenov pomer za rok činil 21 % a za vegetačné obdobie 27 %. Z ročnej sumy celkovej bilancie žiarenia 394 kWh.m⁻² sa na evapotranspiráciu spotrebovalo 83 % a na turbulentný tok tepla len 17 %.

V horských oblastiach Slovenska pozorujeme dostatok zrážok počas celého roka, a preto evapotranspirácia je tu limitovaná len energetickými možnosťami. V Oravskej Lesnej, ktorá sa nachádza v chladnej a veľmi vlhkej podoblasti, priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1951 až 2000 dosiahol 1100 mm, z ktorého 40 % činila evapotranspirácia. Priemerná ročná suma celkovej bilancie žiarenia sa rovnala 389 kWh.m⁻², z čoho 79 % sa spotrebovalo na evapotranspiráciu a 21 % na turbulentný tok tepla. Priemerná hodnota Bowenovho pomeru za rok dosiahla 27 % a za vegetačné obdobie 34 %. Ročný chod B je charakterizovaný výskytom maxima v júli a zápornými sumami od novembra do februára. H dosahuje maximum v máji a záporné sumy má od novembra do marca. V relatívne suchom roku 2003 Bowenov pomer mal hodnotu za rok 36 % a za vegetačné obdobie 44 %. Evapotranspirácia z ročného úhrnu zrážok 949 mm tvorila 46 %. Maximálna suma H sa vyskytla v auguste. Veľmi vlhkým rokom bol rok 2000 s ročným úhrnom zrážok 1445 mm, z čoho evapotranspirácia činila okolo 33 %. Z ročnej sumy $B = 429$ kWh.m⁻² sa na evapotranspiráciu spotrebovalo 77 % a na H okolo 23 %.

Priemerný ročný úhrn zrážok na Štrbskom Plese, ležiacom na južnom sklone Vysokých Tatier, činil 976 mm, z ktorého evapotranspirácia tvorila 43 %. Z ročnej sumy

$B = 356$ kWh.m⁻² sa na evapotranspiráciu spotrebovalo 82 % a na H len 18 %. H v ročnom chode je charakterizované zápornými hodnotami od novembra do marca a výskytom maxima v máji. Bowenov pomer za rok dosiahol 22 % a vegetačné obdobie 34 %. V relatívne suchom roku 2003 ročná suma B dosiahla 369 kWh.m⁻², z čoho na evapotranspiráciu sa spotrebovalo 75 % a turbulentný tok tepla okolo 25 %. Bowenov pomer za rok činil 34 % a za vegetačné obdobie 44 %. V roku 1958 (ročný úhrn zrážok bol 1160 mm) ročná suma $B = 334$ kWh.m⁻², z ktorej na

H sa spotrebovalo 16 % a na LE 84 %. Bowenov pomer za rok dosiahol hodnotu 19 % a za vegetačné obdobie 26 %.

Tab. 1 Priemerné sumy zložiek rovnice energetickej bilancie povrchu v kWh. m ⁻²											
(B – celková bilancia žiarenia, H – turbulentný tok tepla, LE – teplo spotrebované na evapotranspiráciu), H/LE – Bowenov pomer v % a P – atmosférické zrážky v mm											
Hurbanovo ($\varphi = 47^{\circ} 52'$; $\lambda = 18^{\circ} 12'$; h = 115 m a.s.l.)											
			1951-2000			Suchý rok			Vlhký rok		
		Rok		IV-IX	Rok	2003	IV-IX	Rok	1965	IV-IX	
	B	492		448	484		450	507		466	
	LE	314		257	266		217	402		346	
	H	178		160	218		200	105		89	
	H/LE	57		62	82		92	26		26	
	P	544		313	333		189	827		604	
Somotor ($\varphi = 48^{\circ} 24'$; $\lambda = 21^{\circ} 49'$; h = 100 m a.s.l.)											
		Rok		IV-IX	Rok	1992	IV-IX	Rok	1970	IV-IX	
	B	477		448	456		435	484		454	
	LE	316		271	237		189	352		307	
	H	161		145	217		207	132		116	
	H/LE	51		54	92		110	38		38	
	P	564		351	394		172	758		576	
Liptovský Hrádok ($\varphi = 49^{\circ} 02'$; $\lambda = 19^{\circ} 44'$; h = 640 m a.s.l.)											
		Rok		IV-IX	Rok	2003	IV-IX	Rok	1970	IV-IX	
	B	422		412	454		450	394		406	
	LE	331		291	331		292	326		296	
	H	91		91	123		125	68		79	
	H/LE	27		31	37		43	21		27	
	P	672		425	480		318	873		620	
Oravská Lesná ($\varphi = 49^{\circ} 22'$; $\lambda = 19^{\circ} 11'$; h = 780 m a.s.l.)											
		Rok		IV-IX	Rok	2003	IV-IX	Rok	2000	IV-IX	
	B	389		407	412		447	429		443	
	LE	306		283	303		289	331		304	
	H	83		95	109		127	98		109	
	H/LE	27		34	36		44	30		36	
	P	1100		631	949		533	1445		582	
Štrbské Pleso ($\varphi = 49^{\circ} 07'$; $\lambda = 20^{\circ} 04'$; h = 1360 m a.s.l.)											
		Rok		IV-IX	Rok	2003	IV-IX	Rok	1958	IV-IX	
	B	356		382	369		407	334		358	
	LE	292		268	275		261	281		262	
	H	64		90	94		114	53		69	
	H/LE	22		34	34		44	19		26	
	P	976		578	794		449	1160		679	

V porovnaní so stanicami ležiacimi v nížinách sú priemerné ročné sumy jednotlivých zložiek rovnice energetickej bilancie vo vyšších polohách oveľa menšie. Tak napr. v Oravskej Lesnej ročná suma celkovej bilancie žiarenia tvorí len 79 % a na Štrbskom Plese 72 % a ročná suma H v Oravskej Lesnej len 47 % a na Štrbskom Plese 36 % hodnôt v Hurbanove.

Záver

1. Rozloženie zložiek rovnice energetickej bilancie na území Slovenska závisí v podstatnej miere od orografie a stupňa kontinuality lokality stanice. Rastom nadmorskej výšky pribúda zrážok a sumy celkovej bilancie žiarenia a turbulentného toku tepla sa zmenšujú.

2. Podiel ročných úhrnov evapotranspirácie na zrážkach sa rastom nadmorskej výšky znižuje (od 81 % v nížinách do menej ako 40 % v horských oblastiach).

3. Podiel tepla, ktoré sa z celkovej bilancie žiarenia spotrebuje na evapotranspiráciu rastom nadmorskej výšky sa zväčšuje (Hurbanovo 64 %, Somotor 66 %, Liptovský Hrádok 78 % a Štrbské Pleso 82 %).

4. Hodnoty Bowenovho pomeru rastom nadmorskej výšky sa znižujú. Za vegetačné obdobie sú väčšie ako v priemere za rok. V relatívne suchších rokoch sú väčšie ako v rokoch bohatších na zrážky.

5. Na všetkých uvažovaných staniach Slovenska sú sumy tepla spotrebovaného na evapotranspiráciu väčšie ako sumy tepla prenášané turbulentnou. Výnimku tvoria len mesiace s malými úhrnmi zrážok na nížinách.

6. V ročnom chode maximálne sumy celkovej bilancie žiarenia pripadajú najčastejšie na jún (na Štrbskom Plese na júl). Rastom nadmorskej výšky a stupňa kontinuality sa obdobie trvania záporných súm celkovej bilancie žiarenia a turbulentného toku tepla zväčšuje. V nížinách turbulentný tok tepla smeruje k povrchu 2 mesiace (december a január), v horách 4 až 5 mesiacov (november až marec). Celková bilancia žiarenia je záporná na Podunajskej nížine 2 mesiace (december a január), na Východoslovenskej nížine 3 mesiace (december až február) a v horách až 5 mesiacov (november až marec). Maximálne sumy LE v nížinách pozorujeme v máji, v horských oblastiach v júli. Turbulentný tok tepla nadobúda maximálne sumy v nížinách v júli a v horách v máji.

Použitá literatúra

- [1] Budyko, M. I.: Klimat v prošom i v buduščem. Gidrometeoizdat, Leningrad, 1980, 350 s.
- [2] Tomlain, J.: Verteilung der Jahressummen einzelner Komponenten der Energiebilanz der Erdoberfläche auf dem Territorium der CSSR. Zeitschrift für Meteorologie, Band 34, Heft 2, 1984, s. 106-116
- [3] Špánik, F., Šiška, B., Tomlain, J., Antal, J., Škvarenina, J., Repa, Š.: Biometeorologia, SPU, Nitra, 2004, ISBN 80-8069-315-3, 227 s.
- [4] Hrvol', J., Lapin, M., Tomlain, J.: Changes and variability in solar radiation and evapotranspiration in Slovakia in 1951-2000. Acta Meteorologica Universitatis Comenianae, Bratislava, 2001, Vol. XXX, ISBN 80-223-1692-X, s. 31-58
- [5] Tomlain, J.: Expected climatic change impacts on changes of potential and actual evapotranspiration on the territory of Slovakia. Acta Meteorologica Universitatis Comenianae, Bratislava, 1999, Vol. XXVIII, ISBN 80-223-1439-0, s. 21-33