

VEDECKÉ SPRÁVY

GALINA MURÍNOVÁ, MARIÁN OSTROŽLÍK

**VERTIKÁLNE ZMENY RELATÍVNEJ VLNKOSTI VZDUCHU V TATRÁCH
A VO VÝCHODNÝCH ALPÁCH**

Galina Murínová, Marián Ostrožlík: Vertical Changes of Relative Air Humidity in the Tatra Mts and in the Eastern Alps. Geogr. Čas., 35, 1983, 1; 6 figs, 5 tables, 5 refs.

The time and spatial changes of relative air humidity in the mountains are pursued in the papers. As the basis the term measurements of relative air humidity in the Tatra Mts and in the Eastern Alps for a 20-year period (1951—1970) at observation terms of 7, 14 and 21 hours have been used. The results gained enable laying out 3 characteristic zones, for which a certain annual and daily variation relative air humidity is typical.

ÚVOD

Otázkou vlhkosti vzduchu v horách sa od konca 19. stor. zaoberali už viacerí autori a ešte aj dnes je to stále aktuálny problém. Zmena vlhkosti v horách má veľký význam nielen z teoretického, ale aj z praktického hľadiska, a to najmä v biometeorológii. V horských oblastiach je veľa rekreačných a liečebných stredísk a relatívna vlhkosť vzduchu tu má osobitný význam pre pocity ľudského organizmu.

Problematika zmeny relatívnej vlhkosti vzduchu v horských polohách, na rozdiel od rovinných, je o to zložitejšia, že okrem teploty vzduchu sa prejavujú ešte ďalšie dynamické faktory. Niekedy je vplyv týchto faktorov väčší ako vplyv teploty vzduchu, výparu, a iných meteorologických činiteľov. Spoločne však spôsobujú značnú premenlivosť relatívnej vlhkosti vzduchu, striedanie nasýteného vzduchu suchým vzduchom s nízkou relatívnou vlhkosťou.

Úlohou tejto práce je porovnať vlhkosťné pomery vzduchu vo Vysokých Tatrách a vo Východných Alpách na základe analýzy relatívnej vlhkosti vzduchu. V oblasti Tatier sa použili meteorologické pozorovania z 8 československých staníc a v oblasti Álp z 8 rakúskych staníc, ktoré reprezentujú rozdielnú orografickú polohu a rôznu nadmorskú výšku (tab. 1). Geografická poloha tatranských staníc je približne o 2—3 stupne severnejšia a o 5—8

Tab. 1. Zoznam staníc v oblasti Tatier a Východných Álp a ich zemepisné súradnice

Oblasť	Stanica	Nadmorská výška (m)	Zemepisná šírka (φ)	Zemepisná dĺžka (λ)
Tatry	Liptovský Mikuláš	576	49°05'	19°37'
	Liptovský Hrádok	648	49°02'	19°44'
	Poprad	703	49°03'	20°18'
	Tatranská Lomnica	850	49°10'	20°17'
	Starý Smokovec	1018	49°08'	20°13'
	Štrbské Pleso	1330	49°07'	20°04'
	Skalnaté Pleso	1778	49°12'	20°14'
	Lomnický štít	2635	49°12'	20°13'
Východné Alpy	Lunz am See	615	47°51'	15°04'
	Semmering	1012	47°39'	15°50'
	Schöckl	1432	47°12'	15°28'
	Feuerkogel	1598	47°49'	13°44'
	Hahnenkamm	1665	47°25'	12°22'
	Patscherkofel	1909	47°13'	11°27'
	Villacher Alpe Sonnblick	2140 3106	46°36' 47°03'	13°40' 12°57'

stupňov východnejšia ako poloha východoalpských staníc. Zo všetkých uvedených staníc (tab. 2, 3) sa spracovali termínové merania relatívnej vlhkosti vzduchu za rovnaké 20-ročné obdobie (1951—1970).

Zmena relatívnej vlhkosti vzduchu s nadmorskou výškou

Relatívna vlhkosť vzduchu sa s nadmorskou výškou mení. Táto zmena je určená pomerom tlaku vodnej pary e a napätia nasýtenia E ($U = \frac{e}{E} 100 \%$) pri danej teplote. Všeobecne tlak vodnej pary s nadmorskou výškou klesá, rovnako aj napätie nasýtenia, ale ich pokles je odlišný v jednotlivých častiach roka. Napríklad pokles napätia nasýtenia je v zime miernejší ako pokles tlaku vodnej pary, kým v lete je to zasa naopak, rýchlejší, čo zrejme súvisí s vyššími teplotnými gradientmi. Okrem toho v teplom ročnom období treba brať do úvahy aj vývoj konvekcie v horách, v dôsledku čoho sa vodná para prenáša z oblastí nížin do vyšších horských poľôh.

Na základe priemerných hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu z 3 pozorovacích termínov na obr. 1 porovnávame zmeny relatívnej vlhkosti s nadmorskou výškou v jednotlivých ročných obdobiach. Možno pozorovať, že celková tendencia zmeny relatívnej vlhkosti vzduchu s nadmorskou výškou je v porovnávaných horstvách približne rovnaká. Priebeh kriviek ďalej ukazuje, že v Tatrách sú zmeny relatívnej vlhkosti s výškou pravidelnejšie ako v Alpách, a to najmä v stredných nadmorských výškach (1300—1800 m). Tieto menšie rozdiely hodnôt sú determinované vzájomnou polohou tatranských staníc; menšie horizontálne vzdialenosti do určitej miery tvoria súvislý horský vertikálny profil, na druhej strane zasa alpské stanice nielenže sú priestorovo podstatne viac vzdialené, ale sa vyznačujú aj značne odlišnými podmienkami

Tab. 2. Mesačné a ročné priemery relatívnej vlhkosti vzduchu (%) v Tatrách podľa pozorovacích termínov o 7., 14., 21. h. Priemer za obdobie 1951—1970

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	Ampli- túda
	7 h													
Liptovský Mikuláš	85	86	84	80	78	79	82	85	87	87	86	87	84	9
Liptovský Hrádok	87	87	86	83	79	81	83	86	89	90	88	89	86	11
Poprad	85	85	85	83	80	80	80	84	87	89	89	87	84	9
Tatranská Lomnica	88	88	87	83	80	80	84	89	87	87	87	90	86	10
Starý Smokovec	89	89	88	85	81	77	79	88	90	89	91	91	86	14
Štrbské Pleso	80	85	81	79	77	78	79	80	80	80	85	83	80	8
Skalnaté Pleso	71	71	72	75	79	80	79	79	74	68	73	72	74	12
Lomnický štít	76	77	76	80	85	84	82	82	74	71	79	79	79	14
	14 h													
Liptovský Mikuláš	73	69	59	50	51	55	55	54	54	58	72	78	61	28
Liptovský Hrádok	75	69	60	52	55	58	58	57	57	61	74	84	63	32
Poprad	74	72	63	53	55	58	56	55	54	58	74	79	63	26
Tatranská Lomnica	71	68	62	56	57	61	61	61	56	58	72	77	63	7
Starý Smokovec	79	75	69	61	62	62	61	65	64	67	81	85	69	8
Štrbské Pleso	78	75	69	64	65	67	66	66	66	69	81	80	70	17
Skalnaté Pleso	72	76	77	74	76	78	79	78	79	77	77	74	76	7
Lomnický štít	76	78	79	88	91	91	90	90	84	76	80	79	84	15
	21 h													
Liptovský Mikuláš	84	84	78	75	74	78	80	82	83	84	85	86	81	12
Liptovský Hrádok	86	79	82	78	78	80	81	82	84	85	86	87	82	9
Poprad	84	83	82	79	80	79	82	84	84	85	88	86	83	9
Tatranská Lomnica	87	85	83	81	82	85	86	88	85	85	86	90	85	9
Starý Smokovec	91	89	88	84	84	81	81	86	88	88	91	91	86	10
Štrbské Pleso	84	85	82	81	81	82	83	83	84	82	86	84	83	5
Skalnaté Pleso	73	73	75	79	82	82	83	82	79	72	74	74	77	11
Lomnický štít	77	78	77	84	88	90	88	87	77	71	80	78	77	19
	priemer													
Liptovský Mikuláš	81	79	74	68	68	70	73	74	75	76	81	84	75	16
Liptovský Hrádok	83	79	76	71	71	73	74	75	77	78	83	87	77	16
Poprad	81	80	77	72	71	72	73	74	75	77	83	84	77	13
Tatranská Lomnica	82	81	78	73	73	76	77	79	76	77	81	86	78	13
Starý Smokovec	86	84	82	77	76	73	74	80	81	82	88	89	81	16
Štrbské Pleso	81	82	77	75	74	76	76	76	77	77	84	82	78	10
Skalnaté Pleso	72	73	75	76	79	80	80	80	77	73	75	73	76	8
Lomnický štít	77	78	77	85	88	88	87	86	78	73	80	78	81	15

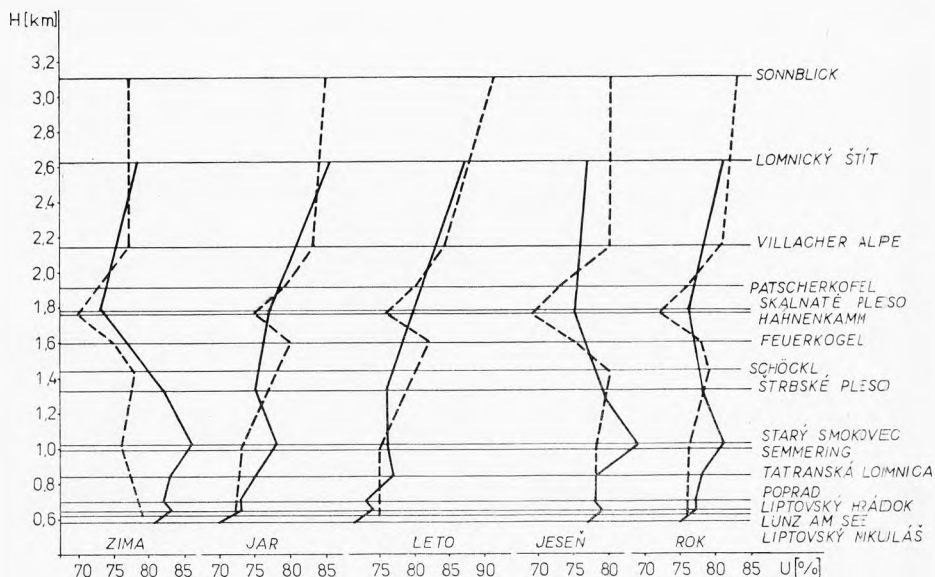
Tab. 3. Mesačné a ročné priemery relatívnej vlhkosti vzduchu (%) vo Východných Alpách podľa pozorovacích termínov o 7., 14., 21. h. Priemer za obdobie 1951—1970

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok	Amplítuda
	7 h													
Lunz am See	85	86	87	86	87	88	89	93	90	91	88	87	88	8
Schöckl	74	80	80	76	80	80	75	81	81	77	80	78	78	7
Feuerkogel	75	78	77	80	80	82	82	80	77	71	74	75	78	11
Villacher Alpe	76	79	79	85	85	85	82	83	82	76	81	77	81	9
Sonnblick	77	77	78	84	87	89	86	85	78	72	78	76	80	17
	14 h													
Lunz am See	71	60	52	49	51	54	52	53	53	54	70	77	58	28
Schöckl	70	75	74	67	72	76	72	77	81	76	77	75	75	14
Feuerkogel	74	77	77	79	82	84	82	83	78	72	73	74	78	12
Villacher Alpe	76	77	78	82	80	82	80	82	80	75	80	76	79	6
Sonnblick	77	78	81	88	90	92	91	91	87	77	79	76	84	16
	21 h													
Lunz am See	84	83	83	80	81	83	85	88	88	88	86	86	85	8
Schöckl	75	81	81	75	81	83	79	84	85	81	81	78	80	10
Feuerkogel	75	78	78	80	82	82	81	81	77	73	74	74	78	9
Villacher Alpe	77	80	82	87	88	88	86	87	85	80	81	77	83	11
Sonnblick	77	77	81	88	93	95	94	93	88	76	80	76	85	19
	priemer													
Lunz am See	80	76	74	71	72	74	75	77	76	78	81	82	76	11
Semmering	78	77	74	72	73	76	74	75	77	79	79	74	76	7
Schöckl	73	79	78	79	78	80	80	81	82	78	80	77	79	5
Feuerkogel	75	77	78	80	81	82	82	81	78	72	74	74	78	10
Hahnenkamm	68	73	72	75	77	77	76	76	73	66	67	68	72	11
Patscherkofel	73	75	76	81	80	81	80	80	76	71	73	71	76	10
Villacher Alpe	76	79	80	85	84	85	82	84	82	77	81	77	81	9
Sonnblick	77	77	80	86	90	92	90	90	85	75	79	76	83	17

morfológie povrchu. V ročnom priemere v Tatrách relatívna vlhkosť vzduchu s nadmorskou výškou stúpa asi do výšky 1000 m n. m. V Liptovskom Mikuláši priemerná ročná hodnota relatívnej vlhkosti bola 75 % a v Starom Smokovci 81 %. Ďalej relatívna vlhkosť s výškou klesá asi do 1800 m n. m. — Skalnaté Pleso 76 %, potom stúpa — Lomnický štít 81 %. V Alpách možno tiež pozorovať určitý vzrast relatívnej vlhkosti s nadmorskou výškou, a to asi do výšky 1400 m n. m. — Lunz am See 76 % a Schöckl 79 %. Potom relatívna vlhkosť vzduchu klesá asi do výšky 1700 m n. m. a ďalej už relatívna vlhkosť stúpa, a to z hodnoty 72 % na Hahnenkamme až na 83 % na Sonnblicku.

V jednotlivých ročných obdobiach (obr. 1) je zmena relatívnej vlhkosti s výškou podstatne odlišná ako jej celková tendencia v roku. Na jar a v lete hodnoty relatívnej vlhkosti s rastúcou nadmorskou výškou vcelku stúpajú. V lete v Tatrách v priemere až o 15 % (72 % v Liptovskom Mikuláši a 87 % na Lomnickom štíte) a v Alpách o 16 % (75 % v Lunz am See a 91 % na Sonnblicku). Toto stúpanie relatívnej vlhkosti vzduchu s nadmorskou výškou v teplom ročnom období je podmienené predovšetkým intenzívnejším vývojom konvektívneho prúdenia vzduchu. V zime hodnoty relatívnej vlhkosti s výškou v obidvoch horstvách klesajú, a to v Tatrách z 81 na 78 %, v Alpách zo 79 na 77 %, čo je zrejme spôsobené vysušovaním vzduchu pri jeho subsidencii v zimných anticyklónoch. Na jeseň sú diferencie relatívnej vlhkosti na úpäti hôr i na končiaroch vysokých horstiev malé, iba v stredných nadmorských výškach (1500—2000 m) pozorujeme rovnako ako vcelku najväčšie rozdiely v hodnotách relatívnej vlhkosti vzduchu.

Porovnanie hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu v odpovedajúcich výškových



Obr. 1. Zmena relatívnej vlhkosti vzduchu (%) s nadmorskou výškou (km) na tatranských (—) a alpských (-----) staniách v jednotlivých ročných obdobiach a v roku. Priemer za obdobie 1951—1970.

pásmach obidvoch pohorí ukazuje, že najmenšie rozdiely sú v najnižších a najvyšších polohách, kým vo výškach 1000, resp. 1800 m n. m. sú diferencie najväčšie (4—5 %). V jednotlivých ročných obdobiach tieto rozdiely sú nápadnejšie. Napríklad v zime, vo výške okolo 1000 m n. m. v spracovanom 20-ročnom období bola relatívna vlhkosť v Tatrách až o 10 % väčšia ako v Alpách, čo bolo zrejme spôsobené rozdielnou zemepisnou šírkou obidvoch pohorí. Severnejšia poloha tatranských staníc sa prejavuje v zime v priemere asi o 2 °C nižšími teplotami vzduchu ako v odpovedajúcich výškach v Alpách. V lete je zasa naopak relatívna vlhkosť vyššia v Alpách ako v Tatrách a to najmä vo vrstve 1300—1400 m n. m. a na končiaroch hôr, čo súvisí zrejme s celkovo mohutnejším vývojom konvekcie v Alpách. Vo výške 1800 m n. m. bola však relatívna vlhkosť v Tatrách väčšia ako v Alpách (porovnanie Skalnatého Plesa a Hahnenkammu), čo iste súvisí s rozdielnymi podmienkami morfológie povrchu v týchto polohách.

Vertikálne gradienty relatívnej vlhkosti vzduchu

Presnejší obraz o zmene relatívnej vlhkosti s nadmorskou výškou poskytujú vertikálne gradienty. Za tým účelom sa vypočítali vertikálne gradienty (%/100 m) v troch vrstvách: v Tatrách medzi stanicami Poprad, Starý Smokovec, Skalnaté Pleso a Lomnický štít a v Alpách medzi stanicami Lunz am See, Schöckl, Villacher Alpe a Sonnblick (tab. 4).

Rozbor údajov vertikálnych gradientov ukazuje, že v obidvoch horstvách majú gradienty určitý denný a ročný chod (tab. 4, obr. 2). Vcelku najväčšie gradienty sú o 14. h, čo iste súvisí s denným chodom gradientu teploty vzduchu. Výnimkou je iba vrstva medzi Starým Smokovcom a Skalnatým Plesom, a to najmä v jesenných a v zimných mesiacoch, ako aj vrstva v celom priereze medzi Popradom a Lomnickým štítom v zime, kedy sú gradienty o 14. h najmenšie. Je pozoruhodné, že v Alpách sa takéto odlišnosti nevyskytujú. Okrem toho možno vidieť, že najväčšie kladné gradienty medzi Starým Smokovcom a Skalnatým Plesom sú v jesenných a v zimných mesiacoch (až 2,4 % na 100 m) a najväčšie záporné gradienty v prvej vrstve v jeseni, a to medzi Popradom a Starým Smokovcom (−2,8 % na 100 m) a medzi Lunz am See a Schöcklom (−2,3 % na 100 m). V tretej vrstve sú vcelku najmenšie gradienty, a to tak v Tatrách, ako aj v Alpách.

V priebehu roka ročný chod gradientov v porovnávaných horstvách je veľmi podobný a charakterizuje ho jednoduchý priebeh. V Tatrách je o niečo výraznejší ako v Alpách. V mesiacoch chladného polroka (september až marec) je gradient väčší v Tatrách, kým v letných mesiacoch (apríl až august) je, naopak, väčší v Alpách. Tieto rozdiely spôsobujú aj o niečo väčší celkový gradient v Alpách (−0,3 % na 100 m) ako v Tatrách (−0,2 % na 100 m). V obidvoch oblastiach sú kladné gradienty až 0,2 resp. 0,3 % na 100 m v zimných mesiacoch a záporné až −0,9 % na 100 m na začiatku leta. Rovnako sa zistilo, že aj teplotné gradienty boli najväčšie v tejto časti roka [2], čo zrejme spôsobuje prílev chladného morského vzduchu od oceánu a intenzívnejší vývoj konvekcie na začiatku leta.

Vplyv počasia na zmenu vlhkosti s výškou možno do určitej miery považovať na základe údajov tab. 5. V celej vrstve medzi Popradom a Lomnickým štítom vertikálny gradient za cyklonálnych typov počasia je záporný a sú-

časne väčší ako za anticyklonálnych typov. Na druhej strane za anticyklonálnych typov je vzduch v priemere rovnako vlhký na svahoch i na končiaroch horstiev. Najväčšie rozdiely medzi anticyklonálnymi a cyklonálnymi typmi počasia sú v zime a v jesennom období. Výrazný pokles relatívnej vlhkosti za anticyklonálnych typov na Skalnatom Plese v zime, keď vertikálny gradient medzi Starým Smokovcom a Skalnatým Plesom je až 2,0 %

Tab. 4. Vertikálne gradienty relatívnej vlhkosti vzduchu (%/100 m) v Tatrách a vo Východných Alpách. Priemer za obdobie 1951—1970

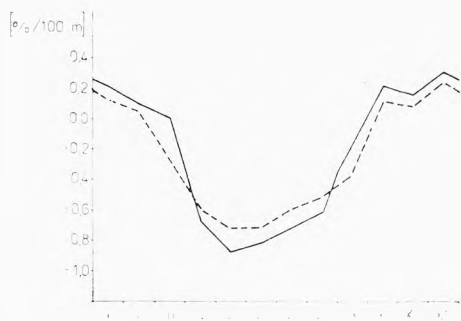
Výškový rozdiel	Pozorovací termín	Zima	Jar	Leto	Jeseň	Rok
Poprad — Starý Smokovec $\Delta H = 315$ m	7 h	-1,3	-0,6	0,0	-0,5	-0,6
	14 h	-1,5	-2,2	-2,0	-2,8	-2,1
	21 h	-1,8	-1,6	-0,3	-1,1	-1,2
	priemer	-1,5	-1,6	-0,8	-1,6	-1,4
Starý Smokovec — Skalnaté Pleso $\Delta H = 761$ m	7 h	2,4	1,2	0,3	2,3	1,6
	14 h	0,7	-1,5	-2,1	-1,0	-1,0
	21 h	2,2	0,9	0,0	1,8	1,2
	priemer	1,8	0,2	0,6	1,1	0,6
Skalnaté Pleso — Lomnický štít $\Delta H = 750$ m	7 h	-0,8	-0,7	-0,4	-0,4	-0,6
	14 h	-0,5	-1,4	-1,6	-0,3	-1,0
	21 h	-0,4	-0,6	-0,8	0,0	-0,5
	priemer	-0,7	-0,9	-0,9	-0,3	-0,7
Porad — Lomnický štít $\Delta H = 1932$ m	7 h	0,4	0,2	0,0	0,7	0,3
	14 h	-0,1	-1,5	-1,8	-0,9	-1,1
	21 h	0,3	-0,1	-0,4	0,5	0,1
	priemer	0,2	-0,5	-0,7	0,1	-0,2
Lunz am See — Schöckl $\Delta H = 817$ m	7 h	1,1	1,0	1,4	1,3	1,2
	14 h	-0,5	-2,5	-2,5	-2,3	-2,0
	21 h	0,8	0,3	0,4	0,6	0,5
	priemer	0,4	-0,7	0,6	-0,2	-0,3
Schöckl — Villacher Alpe $\Delta H = 708$ m	7 h	0,0	0,2	-0,7	0,0	-0,1
	14 h	-0,4	-1,3	-0,9	-0,1	-0,6
	21 h	0,0	-0,9	-0,7	0,0	-0,4
	priemer	-0,1	-0,6	-0,5	0,0	-0,3
Villacher Alpe — Sonnblick $\Delta H = 966$ m	7 h	0,1	0,0	-0,3	0,7	0,0
	14 h	-0,1	-0,6	-1,0	-0,3	-0,5
	21 h	0,1	-0,2	-0,7	0,1	-0,2
	priemer	0,0	-0,2	-0,7	0,0	-0,2
Lunz am See — Sonnblick $\Delta H = 2491$ m	7 h	0,4	0,2	0,1	0,7	0,3
	14 h	-0,3	-1,5	-1,5	-1,0	-1,0
	21 h	0,3	-0,2	-0,4	0,2	0,0
	priemer	0,1	-0,5	-0,6	-0,1	-0,3

na 100 m v porovnaní s 0,1 % na 100 m za cyklonálnych typov, potvrdzuje veľký vplyv klesajúcich pohybov vzduchu v zimných anticyklónach na znižovanie vlhkosti vzduchu v stredných nadmorských výškach. V lete a na jar je tendencia zmeny vlhkosti s výškou za anticyklinálnych a cyklonálnych typov počasia takmer rovnaká.

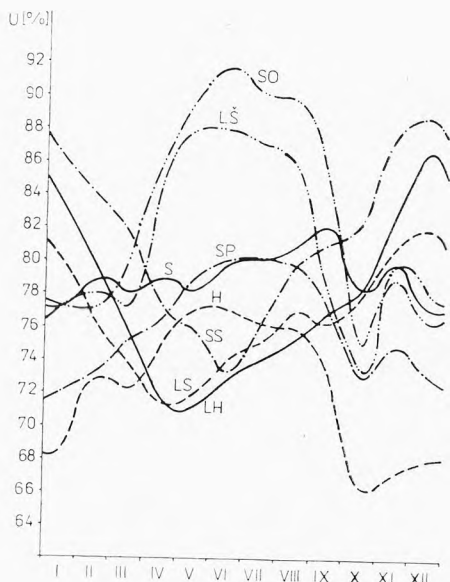
Veľké zmeny relatívnej vlhkosti s výškou sa pozorovali napr. 8. 12. 1968 v Tatrách. Podľa termínových pozorovaní bol za anticyklonálnej situácie A vertikálny gradient medzi Popradom a Lomnickým štítom 3,0 % na 100 m a vo vrstve medzi Starým Smokovcom a Skalnatým Plesom dokonca ešte väčší [8,7 % na 100 m]. Túto veľkú vertikálnu zmenu zrejme spôsobilo to, že v nižšie položených staniách za inverzie teploty vzduchu bolo oblačné počasia s vysokou relatívnou vlhkosťou (99 %), kým vo vrstve nad Skalnatým Plesom sa výrazný pokles relatívnej vlhkosti prejavoval v dôsledku subsiden- cie vzduchu.

Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu

Charakter ročného chodu relatívnej vlhkosti vzduchu sa v rôznych nadmorských výškach líši, čo potvrdzujú údaje v tab. 1, 2 a obr. 3. Rozbor týchto údajov ukazuje, že vo výškach asi do 1300—1400 m n. m. je ročný chod podobný ako na rovinných staniách. Maximum pripadá na mesiace december



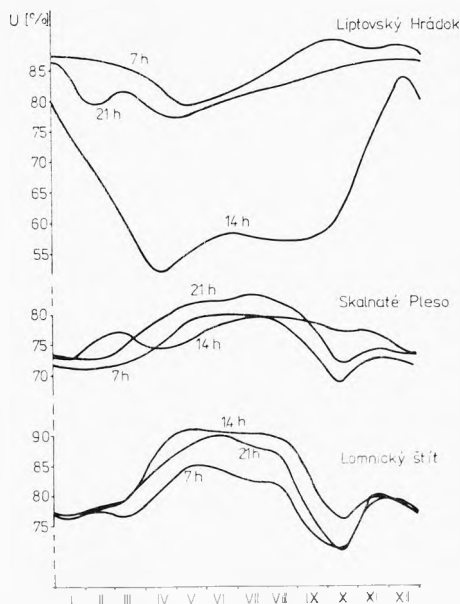
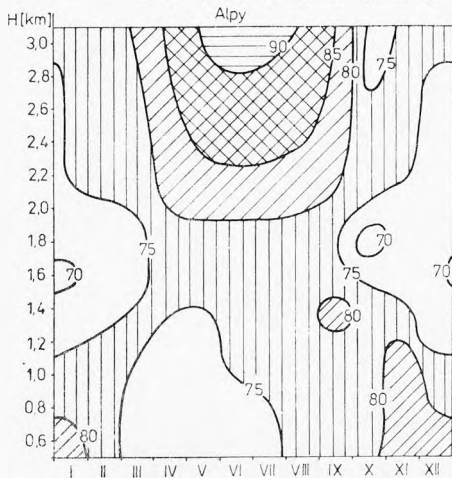
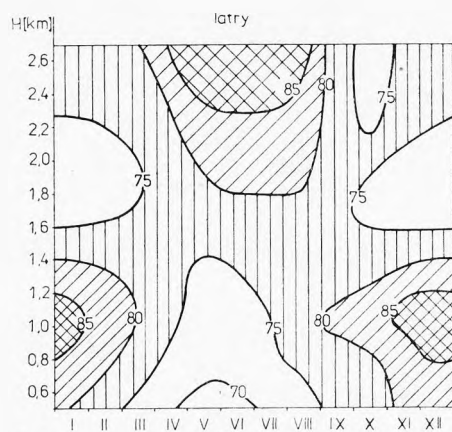
Obr. 2. Ročný chod gradientov relatívnej vlhkosti vzduchu vo Vysokých Tatrách medzi Popradom a Lomnickým štítom (—) a vo Východných Alpách medzi Lunz am See a Sonnblickom (---). Priemer za obdobie 1951—1970.



Obr. 3. Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu (%) na vybraných tatranských a alpských staniách: Liptovský Hrádok (LH), Starý Smokovec (SS), Skalnaté Pleso (SP), Lomnický štít (LŠ), Lunz am See (LS), Hahnenkamm (H), Schöckl (S) a Sonnblick (SO).

Tab. 5. Vertikálne gradienty relatívnej vlhkosti vzduchu [%/100 m) v Tatrách za anti-cyklonálnych (\bar{A}) a cyklonálnych (\bar{C}) typov počasia. Priemer za obdobie 1951—1970

Výškový rozdiel	Typ počasia	Zima	Jar	Leto	Jeseň	Rok
Poprad — Starý Smokovec	\bar{A}	0,6	-1,2	-1,2	-0,8	-0,6
	\bar{C}	0,4	-0,8	-1,1	-1,5	-0,6
Starý Smokovec — Skalnaté Pleso	\bar{A}	2,0	0,0	-0,4	1,8	0,8
	\bar{C}	0,1	-0,4	-0,4	0,5	-0,1
Skalnaté Pleso — Lomnický štít	\bar{A}	-0,5	-0,5	-0,8	0,0	-0,5
	\bar{C}	-0,3	-0,3	-0,9	-0,4	-0,5
Poprad — Lomnický štít	\bar{A}	0,7	-0,4	-0,7	0,4	0,0
	\bar{C}	0,0	-0,6	-0,7	-0,3	-0,4

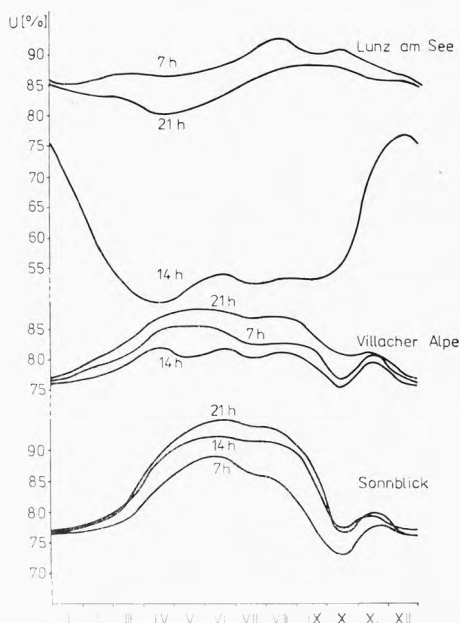


Obr. 5. Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu [%] v pozorovacích termínoch na vybraných tatranských staniách. Priemer za obdobie 1951—1970.

Obr. 4. Závislosť relatívnej vlhkosti vzduchu [%] od nadmorskej výšky [km] v Tatrách a v Alpách v priebehu roka. Priemer za obdobie 1951—1970.

alebo november a minimum na máj, čo značí, že jeho priebeh je vcelku opačný vzhľadom na ročný chod teploty vzduchu. Vo vyšších horských polohách má tendencia ročného chodu relatívnej vlhkosti podobný charakter ako ročný chod teploty vzduchu, s hlavným minimom v januári a s vedľajším v októbri. Hlavné maximum možno pozorovať v mesiaci júni. V najvyšších polohách — na Lomnickom štíte a na Sonnblicku — je hlavné minimum v októbri a maximum v júni. Tieto odlišnosti v ročnom chode sa vysvetľujú najmä vplyvom dynamických činiteľov v horách. Ako sme už spomenuli, v lete, za vývoja konvekcie, relatívna vlhkosť s výškou stúpa, kým na jeseň a v zime za subsidencie vzduchu v anticyklónach klesá. V stredných nadmorských výškach (1300—1400 m n. m.) ročný chod relatívnej vlhkosti tvorí určitý prechod od rovinného typu k vysokohorskému. Vyznačuje sa predovšetkým nevýrazným priebehom, pričom maximum sa vyskytuje v jesenných mesiacoch a minimum v máji. Ako príklad možno uviesť polohu Štrbského Plesa a Schöckla.

Na základe spracovaného materiálu na obr. 4 znázorňujeme časové i výškové rozdelenie priemerných mesačných hodnôt relatívnej vlhkosti vzduchu. V Tatrách možno vidieť, že takmer do výšky 1500 m n. m. sa vyskytuje vcelku vysoká relatívna vlhkosť vzduchu (80 % a viac) v chladnej časti roka, kým v letných mesiacoch sú tam podstatne nižšie hodnoty relatívnej vlhkosti (75 % a menej). Vo vyšších nadmorských výškach (od 1800 m n. m. nahor) možno pozorovať iné rozdelenie relatívnej vlhkosti v priebehu roka. Vyššia relatívna vlhkosť (80 % a viac) je predovšetkým v mesiacoch teplého polroka, kým v chladnej časti je tu nízka relatívna vlhkosť. Zhruba podobná je situácia aj v Alpách, avšak v zimných mesiacoch už nie je taká výrazná ob-



Obr. 6. Ročný chod relatívnej vlhkosti vzduchu (%) v pozorovacích termínoch na vybraných alpských staniách. Priemer za obdobie 1951—1970.

last' vyšších hodnôt relatívnej vlhkosti v nižšie položených polohách ako v Tatrách. Na druhej strane však vo vyšších nadmorských výškach (nad 1800 m n. m.) je v letných mesiacoch veľmi výrazná oblasť vyšších hodnôt relatívnej vlhkosti a miestami jej hodnoty dosahujú až nad 90 %.

Denný chod relatívnej vlhkosti vzduchu

Určitý obraz o dennom chode relatívnej vlhkosti vzduchu umožňujú aj výsledky termínových meraní relatívnej vlhkosti zo všetkých tatranských a z 5 alpských staníc: Lunz am See, Schöckl, Feuerkogel, Villacher Alpe a Sonnblick. Hodinové hodnoty sa neanalyzovali, pretože neboli k dispozícii hydrografické záznamy. Avšak aj na základe údajov z tab. 1 a 2, akc aj obrázkov 5 a 6 môžeme posúdiť, ku ktorému typu — rovinnému, resp. nížinnému, prechodnému alebo vysokohorskému možno uvažované polohy zaradiť z hľadiska tejto charakteristiky. Podľa literatúry [1], polohy s nadmorskou výškou do 1200 m sú zaradené na základe priebehu denného chodu relatívnej vlhkosti do typu kotlín a predhorí. Vyššie položené miesta — 1300 až 2000 m n. m. — sa radia k prechodnému typu a ešte vyššie polohy k vysokohorskému typu. Takéto rozdelenie je vcelku analogické ako pri analýze ročného chodu relatívnej vlhkosti na tatranských a alpských stanicích. Kotlinový typ tu reprezentujú polohy Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok a Lunz am See s najvyššou relatívnou vlhkosťou v ranných hodinách a s najnižšou relatívnou vlhkosťou v popoludňajších hodinách. K prechodným typom možno zaradiť polohy Poprad, Tatranská Lomnica, Starý Smokovec a Schöckl, v ktorých spravidla najvyššia relatívna vlhkosť vzduchu sa vyskytuje v neskorších popoludňajších až večerných hodinách, a to predovšetkým v mesiacoch letrého polroka a najnižšia znovu okolo 14. h. Vo vyšších horských polohách Štrbské Pleso, Skalnaté Pleso, Lomnický štít, Villacher Alpe, Sonnblick a to v priebehu celého roka, hodnoty relatívnej vlhkosti sú zhruba vyššie v neskorých popoludňajších až večerných hodinách, a to v porovnaní s rannými. Je pozoruhodné, že na Lomnickom štíte v priebehu celého roka je relatívna vlhkosť vzduchu najvyššia v popoludňajších hodinách, čo potvrdzujú aj hydrografické záznamy, podľa ktorých relatívna vlhkosť tu začína klesať už o 19. h. Z hydrografických záznamov na Skalnatom Plese však možno presnejšie pozorovať dvojitý denný chod relatívnej vlhkosti s minimami v skorých ranných a popoludňajších hodinách. Odlišný denný chod relatívnej vlhkosti vzduchu vo vyšších horských polohách v porovnaní s kotlinovými spôsobuje prevládajúci vplyv dynamických faktorov nad teplotnými. V ranných hodinách sa začína vyvíjať konvekcia a vodnú paru vynášajú výstupné prúdy do vyšších výšok. Tam sa jej obsah neustále zväčšuje, až dosahuje svoje maximum v neskorých popoludňajších až večerných hodinách.

ZÁVER

Rozbor údajov relatívnej vlhkosti vzduchu v oblasti Tatier a Východných Álp ukazuje, že relatívnu vlhkosť vzduchu v horách ovplyvňujú nielen cirkulačné, ale aj rôzne lokálne a okolité morfológické a termodynamické faktory. Získané výsledky umožňujú vymedziť v porovnávaných horstvách 3 charakteristické pásma, pre ktoré je typický určitý ročný a denný chod re-

latívnej vlhkosti. Sú to: 1. kotliny, predhoria (600—1200 m n. m.), 2. stredohorské polohy (1300—2000 m n. m.), 3. vysokohorské polohy (nad 2000 m n. m.) [1]. Výsledky sú tiež prínosom k poznávaniu vlhkostných pomerov v stále viac frekventovaných horských polohách Tatier a Álp z hľadiska ich využitia pre biometeorologické účely.

LITERATÚRA

1. MURÍNOVÁ, G., WISZNIEWSKI, W.: Vlhkosť vzduchu. In: Klíma Tatier. Veda, Bratislava 1974, 347—378. — 2. PETERKA, V.: Vertikálny gradient teploty vzduchu vo Vysokých Tatrách za určitých synoptických typov počasia. In: Príspevok k meteorológii Karpát. Veda, Bratislava 1961, 79—90. — 3. PETROVIČ, Š.: Klimatická charakteristika Lomnického štítu na základe 20-ročných meteorologických pozorovaní. Meteorol. zprávy, XVI, 5, 1963, 129—136. — 4. STEINHAUSER, F.: Meteorologie des Sonnblicks I. Wien 1938. — 5. STEINHAUSER, F.: Ein Vergleich meteorologischer Beobachtungen aus Hohen Tatra mit Beobachtungen auf Ostalpengipfeln und der freien Atmosphäre über Wien. In: Príspevok k meteorológii Karpát. Veda, Bratislava 1961, 47—66.

Галина Муринова, Марьян Острожлик

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В ТАТРАХ И В ВОСТОЧНЫХ АЛЬПАХ

Характеристики относительной влажности воздуха были анализированы на 8 чехословацких метеорологических станциях в области Татр и 8 австрийских в области Восточных Альп на основании срочных измерений за двадцатилетний период 1951—1970 гг.

Анализ показывает, что относительная влажность воздуха изменяется с высотой над уровнем моря, причем общая тенденция ее изменения в сравниваемых горных областях приблизительно одинаковая. С другой стороны, в отдельных сезонах изменение относительной влажности с высотой значительно отличается от изменения в среднем за год. Летом относительная влажность с высотой возрастает, в Татрах в среднем на 15 %, в Альпах на 16 %, что связано, по всей вероятности, с интенсивным развитием конвективных течений воздуха в теплое время. Зимой величины относительной влажности воздуха понижаются, в Татрах с 81 % на 78 %, в Альпах с 79 % на 77 %. Это понижение относительной влажности вызвано, вероятно, высыханием воздуха при его субсиденции в зимних антициклонах.

Сравнение величин относительной влажности воздуха на соответственных уровнях в обеих горных областях показывает, что наименьшие дифференции обнаруживаются на самых низких уровнях и на самых высоких, а самые большие дифференции наблюдаются на высотах 1000 м и 1800 м, что связано с различными геоморфологическими условиями сравниваемых уровней.

В общем воздушном слое (между станциями, расположенными на самом низком и на самом высоком уровнях) вертикальные градиенты относительной влажности в Татрах составляют $-0,2\%$ а в Альпах $-0,3\%$ на 100 м. В обеих областях положительные градиенты наблюдаются прежде всего зимой и отрицательные в теплое время. Самый большой градиент $-0,9\%/100$ м наблюдается в начале лета.

В течение года относительная влажность воздуха тоже изменяется с высотой над уровнем моря. Анализ показывает, что приблизительно до высоты 1300—1400 м н. у. м. годовой ход относительной влажности подобен ходу на равнинных станциях. Максимум влажности наблюдается в декабре или в ноябре, минимум в мае, т. е. ее ход противоположен годовому ходу температуры воздуха. На больших высотах характер годового хода относительной

влажности меняется и становится подобным годовому ходу температуры воздуха с глазным минимумом в январе и второстепенным в октябре, главный максимум наблюдается в июне. На самых высоких уровнях — на Ломницком щите и на Зоннблике главный минимум в октябре и максимум в июне. Эти отличия в годовом ходе объясняются, главным образом, влиянием термодинамических факторов, прежде всего развитием конвекции в теплом периоде и субсиденцией воздуха в антициклонах зимой и осенью.

Определенную картину о суточном ходе относительной влажности нам дают результаты срочных измерений на всех татранских и некоторых альпских станциях. На основании анализа данных наблюдений можно отнести рассматриваемые уровни с точки зрения этой характеристики к определенному типу: равнинному (или предгорному), переходному и высокогорному. Первый тип представлен станциями: Липтовски-Микулаш, Липтовски-Градок и Лунц-ам-Зее с самой высокой относительной влажностью утром и самой низкой после полудня. К переходному типу можно отнести станции Попрад, Татранска-Ломница, Старый-Смоковец и Шокл, на которых самая высокая относительная влажность отмечена в поздние послеполуденные часы или вечером и самая низкая около 14 час. На самых высоких уровнях (Скальнате-Плесо, Ломницки-штит, Филахер-Альпе, Зоннблик) влажность в послеполуденные часы и вечером выше, чем утром.

- Рис. 1. Изменение относительной влажности воздуха (%) в зависимости от высоты над уровнем моря (км) на татранских (—) и альпийских (---) метеостанциях по отдельным временам года и в году. Среднее за период с 1951 по 1970 год.
- Рис. 2. Годовой ход градиентов относительной влажности воздуха в Высоких Татрах между Попрадом и Ломницким штитом (—) и в Восточных Альпах между Лунц-ам-Зее и Зоннбликом (---). Среднее за период с 1951 по 1970 год.
- Рис. 3. Годовой ход относительной влажности воздуха (%) на некоторых татранских и альпийских метеостанциях: Липтовски-Градок (ЛН), Стари-Смоковец (SS), Скальнате-Плесо (SP), Ломницки-штит (LŠ), Лунц-ам-Зее (LS), Ханенкамм (Н), Шокл (S) и Зоннблик (SO).
- Рис. 4. Зависимость относительной влажности воздуха (%) от высоты над уровнем моря (км) в Татрах и в Альпах в течение года. Среднее за период с 1951 по 1970 год.
- Рис. 5. Годовой ход относительной влажности воздуха (%) в наблюдаемые сроки на избранных татранских метеостанциях. Среднее за период с 1951 по 1970 год.
- Рис. 6. Годовой ход относительной влажности воздуха (%) в наблюдаемые сроки на избранных альпийских метеостанциях. Среднее за период с 1951 по 1970 год.

Табл. 1. Список метеостанций в Татрах и Восточных Альпах и их географические координаты.

Табл. 2. Среднемесячные и среднегодовые величины относительной влажности воздуха (%) в Татрах в наблюдаемые сроки в 7, 17 и 21 часов. Среднее за период с 1951 по 1970 год.

Табл. 3. Среднемесячные и среднегодовые величины относительной влажности воздуха (%) в Восточных Альпах в наблюдаемые сроки в 7, 14 и 21 часов. Среднее за период с 1951 по 1970 год.

Табл. 4. Вертикальные градиенты относительной влажности воздуха (%/100 м) в Татрах и в Восточных Альпах. Среднее за период с 1951 по 1970 год.

Табл. 5. Вертикальные градиенты относительной влажности воздуха (%/100 м) в Татрах при антициклональных (А) и циклональных (С) типах погоды. Среднее за период с 1951 по 1970 год.

Перевод авторов

VERTICAL CHANGES OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN THE TATRA MTS AND IN THE EASTERN ALPS

On the basis of data of term measurements of the relative air humidity from 8 Czechoslovak stations in the Tatra area as well as from 8 Austrian stations in the Eastern Alps area for the twenty-year period 1951—1970 the characteristics of air humidity in the mountains are analysed.

The analysis shows that the relative air humidity changes according to the altitude above sea level, total tendency of its change being approximately the same within the compared mountain region. On the other hand, however, in the individual yearly seasons the change of relative air humidity is substantially different with altitude when compared with the average per year. In summer, and namely both in the Tatra and in the Alps, the relative humidity increases with altitude as much as by 15, or also 16 per cent, which evidently connects with the intensive development of convective air flow in the warm yearly season. In winter the values of relative air humidity decrease, in the Tatra from 81 to 78 per cent and in the Alps from 79 to 77 per cent. Apparently it is caused by the air being dried up when subsided in winter anticyclones.

The comparison of the corresponding values of relative air humidity in different altitudinal zones in both the mountain ranges shows that the least differences are in the lowest and then in the highest positions, and on the contrary the greatest differences are at altitudes from 1000 to 1800 metres, which apparently connects with different orographical conditions of the positions compared.

In the total layer (between the lowest and highest situated stations) vertical gradients are in the Tatra — 0.2 and in the Alps —0.3 per cent per 100 metres. Positive gradients are above all in winter months and negative in warm season. The greatest gradient —0.9 per cent per 100 metres is at the beginning of summer.

In the course of year relative air humidity changes with altitude above sea level, too. The analysis shows that at altitudes approximately up to 1300—1400 metres the annual variation is analogical to that in the plain stations. Maximum falls to December or November and minimum to May, which means that totally its course is contrary in relation to the annual variation of air temperature. In higher positions of the mountains the tendency of annual variation of relative humidity has an analogous character to the annual variation of air temperature with main minimum in January and a subsidiary one in October. The main maximum is observed in June. In the uppermost positions — on the Lomnický štít and on the Sonnblick — the main minimum is in October and maximum in June. These differences concerning the yearly household are being explained mainly due to thermodynamic factors and namely above all due to the development of convection in warm season and the subsidence of air in anticyclones in winter and in autumn.

A certain image of the daily variation of relative air humidity is enabled by the results of term measurements from all the Tatra and from five Alpine stations. On the basis of analysis of data we can derive to which type the positions considered from the viewpoint of this characteristic can be assigned, to the plain, or also the lowland, intermediate or high-mountainous one respectively. The lowland type is represented here by positions of Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok and Lunz am See, with the highest relative humidity in morning hours and lowest in afternoon. To the intermediate type the position may be assigned as follows: Poprad, Tatranská Lomnica, Starý Smokovec and Schöckl, in which the highest relative humidity is in late afternoon to evening hours and the lowest about 14 hours. In higher mountainous positions (Skalnáť Pleso, Lomnický štít, Villacher Alpe, Sonnblick) the relative air humidity is in afternoon to evening hours higher than in morning ones.

- Fig. 1. Change of relative air humidity (%) with altitude above sea level (km) in the Tatra (—) and Alpine (----) stations in the individual seasons and in year. Average for the period 1951—1970.
- Fig. 2. Annual variation of the gradients of relative air humidity in the Tatra Mts between Poprad and the Lomnický Štít Mt (—) and in the Eastern Alps between Lunz am See and the Sonnblick (----). Average for the period 1951—1970.
- Fig. 3. Annual variation of relative air humidity (%) in selected Tatra and Alpine stations: Liptovský Hrádok (LH), Starý Smokovec (SS), Skalnaté Pleso (SP), Lomnický Štít (LŠ), Lunz am See (LS), Hahnenkamm (H), Schöckl (S) and Sonnblick (SO).
- Fig. 4. Dependence of relative air humidity (%) on altitude above sea level (km) in the Tatra Mts and the Alps in the course of year. Average for the period 1951—1970.
- Fig. 5. Annual variation of relative air humidity (%) in observation terms in selected Tatra stations. Average for the period 1951—1970.
- Fig. 6. Annual variation of relative air humidity (%) in observation terms in selected Alpine stations. Average for the period 1951—1970.

Table 1. List of stations in the area of the Tatra Mts and the Eastern Alps and their geographical coordinates.

Table 2. Monthly and yearly averages of relative air humidity (%) in the Tatra Mts by observation terms at 7, 14 and 21 hours. Average for the period 1951—1970.

Table 3. Monthly and yearly averages of relative air humidity (%) in the Eastern Alps by observation terms at 7, 14 and 21 hours. Average for the period 1951—1970.

Table 4. Vertical gradients of relative air humidity (%) 100 m in the Tatra Mts and in the Eastern Alps. Average for the period 1951—1970.

Table 5. Vertical gradients of relative air humidity (%) (100 m) in the Tatra Mts under anticyclonal (A) and cyclonal (C) weather types. Average for the period 1951—1970.

Translated by A. Krajčír