GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK 42 1990 ČÍSLO 1

DUŠAN HOLÝ*

METEOROLOGICKÉ PODMIENKY VZNIKU LAVÍN V ZÁPADNÝCH KARPATOCH

Dušan Holý: Meteorological Conditions for the Rise of Avalanches in the West Carpathians. Geogr. Čas., *42*, 1990, 1; 3 figs, 5 photos, 34 refs.

The submitted study analyses meteorological causes of the rise of avalanches in the region of the West Carpathians situated prevailingly in the territory of Czechoslovakia. The evaluation expresses both relationship between certain synoptic situation and avalanche forming and percentage expression of avalanche occurrence related to the individual meteorological elements. While at the dynamic-climatic evaluation supported by the Catalogue of Weather Situations in the Territory of the ČSSR, we have employed 10 cyclonic and 9 anticyclonic weather situations, in evaluating relationship between the individual meteorological elements and avalanche formation we have used results of measurements of snow precipitation intensity, wind acting, air temperature and solar radiation. The mentioned data have been adopted from the meteorological station on the Chopok (2009 m above sea level) in the Nízke Tatry (Low Tatra) Mountains. In total, 658 avalanches have been evaluated, those being registered in the individual montane regions for a period 1973 to 1977. In 318 cases (49 per cent) they were slab avalanches, in 213 cases (32 per cent) ground ones and in 127 cases (19 per cent) loose-snow ones.

ÚVOD

Lavíny sú charakteristickým javom každej vysokohorskej oblasti. Popri škodách na majetku a lesnom hospodárstve si vyžiadajú každoročne aj to najcennejšie — ľudské obete. Podľa štatistiky Švajčiarskeho výskumného ústavu snehu a lavín si lavínové katastrofy vyžiadali len v Európe za zimné obdobie 1972—1973 až 1976—1977 578 obetí (M. Schild, S. Gliott, H. J. Etter 1973—1977).

Na území Slovenska prišlo v rokoch 1950—1987 o život 137 občanov. Najväčšie lavínové katastrofy boli zaznamenané vo Veľkej Fatre, kde r. 1954 lavína čiastočne zasypala osadu Rybô, pričom usmrtila 18 obyvateľov. Roku 1956 lavína zasiahla robotnícku ubikáciu Štátnych lesov v katastri Dolná Lehota v Nízkych Tatrách a usmrtila 16 lesných robotníkov. Roku 1974 zahynulo v lavíne pri Popradskom Plese vo Vysokých Tatrách 12 lyžiarov (študentov).

* Ing. Dušan Holý, CSc., Horská služba, Stredisko lavínovej prevencie Jasná, 032 51 Demänovská Dolina.

Popri obetiach na ľudských životoch spôsobujú lavíny rozsiahle škody aj na lesných porastoch, komunikáciách, horských tokoch (foto 1, 2, 3) a pod. Podľa V. Bukovčana (1960) lavína pri Dolnej Lehote znehodnotila viac ako 3000 m^3 drevnej hmoty. Vo švajčiarskych Alpách znehodnotili lavíny za zimné obdobie 1950—1951 až 1974—1975 329 645 m^3 dreva (M. Schild, S. Gliott, H. J. Etter 1976), pričom podľa K. Ganda (1976) len v dňoch 3.—10. apríla 1975 560 lavín znehodnotilo viac ako 135 000 m^3 drevnej hmoty.

Výskum v oblasti vzniku a formovania snehových lavín má v zahraničí bohatú tradíciu, či už išlo o skúmania snehových pomerov, fyziky snehu, tvorby lavín alebo protilavínovej ochrany. Keďže sa touto problematikou zaoberá veľký počet prác, nemožno na tomto mieste uviesť prehľadnú rešerš, uvedieme len práce týkajúce sa problematiky snehu a lavín študovaného územia.

V oblasti fyziky snehu sú to predovšetkým práce M. Vrbu a B. Urbánka (1954; v oblasti vzniku a formovania lavín práce I. Houdeka a M. Vrbu (1954), M. Klapa (1959), V. Bukovčana (1960), K. Chomicza (1960, 1964), L. Kňazovického (1967), M. Klapowej (1968, 1969), K. Chomicza a L. Kňazovického (1974) a D. Holého (1980); v oblasti snehových pomerov ide o práce M. Končeka a V. Briedoňa (1959, 1964), M. Klapowej (1963), J. Turčana (1975), Š. Valoviča (1973, 1979), F. Šamaja (1976) a D. Holého (1982, 1985); spracovaním lavínových katastrov sa zaoberali L. Kňazovický (1978) a L. Milan (1981); protilavínovou ochranou L. Kňazovický (1964), M. Blahout a J. Palc (1965), R. Midriak (1974, 1979), R. Midriak a D. Zachar (1975) a D. Holý (1977).

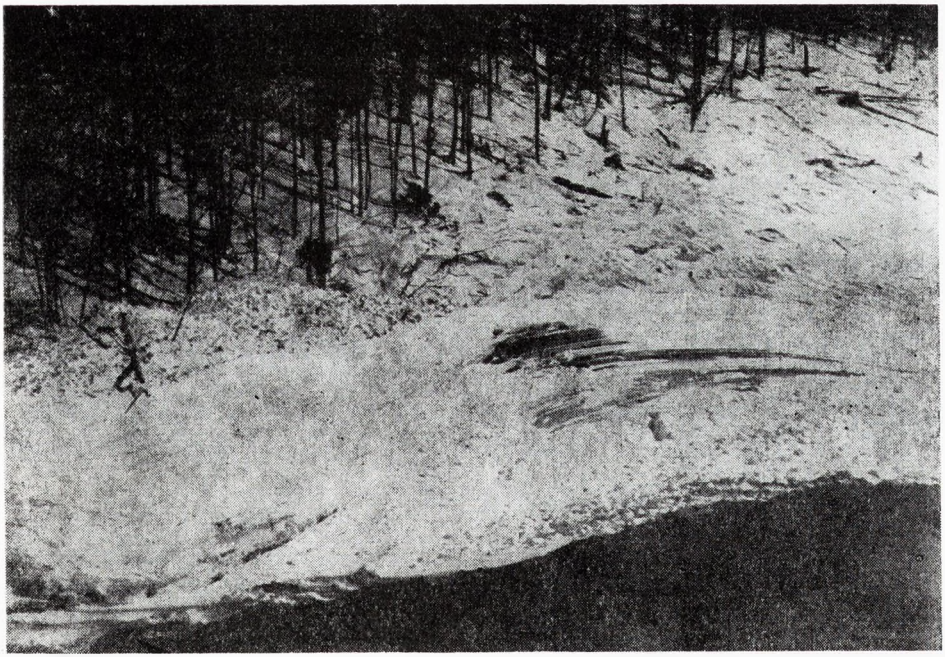


Foto 1. Lavína v Dolnej Lehote zničila viac ako 12 ha lesného porastu. Foto: D. Holý.

Foto 2. Lavínu v oblasti Donovalov vo Veľkej Fatre zastavila až štátna cesta I. triedy. Foto D. Holý.

Akútnosť lavínového nebezpečenstva a potreba protilavínovej ochrany (foto 4) postavila problematiku snehu a lavín najmä v alpských krajinách do popredia už dávnejšie. Rozmachom cestovného ruchu a výstavbou horských rekreačných zariadení však vstúpilo postupne riešenie lavínovej problematiky do popredia aj v iných horských systémoch.

Foto 3. Chybným zásahom do prírodného prostredia došlo nad obcou Turecká vo Veľkej Fatre k uvoľneniu lavíny, ktorá spôsobila značné materiálne škody. Foto D. Holý.

Čeliť tomuto prírodnému živlu môžeme účinne len vtedy, keď budeme poznať jeho podstatu, t. j. príčiny vzniku a rozšírenia lavín. Doterajší výskum vyriešil mnoho teoretických a praktických otázok, ktoré nadobúdajú všeobecnú platnosť. Musíme však konštatovať, že tieto všeobecne platné závery môžeme využívať predovšetkým po stránke metodickej, pretože každý horský systém alebo horská oblasť má svoje špecifické príčiny vzniku lavín, ktoré závisia od klimatických, ako aj od topografických podmienok lavínového územia.

S týmto zámerom sme pristupovali aj k spracovaniu tohto príspevku, ktorý analyzuje meteorologické príčiny vzniku lavín v Západných Karpatoch.

VŠEOBECNE

Napriek tomu, že počasie v miernych zemepisných šírkach vykazuje nepretržité zmeny, zachováva si isté charakteristické vlastnosti, ktoré sa striedajú v nerovnako dlhých časových intervaloch. Podobne aj pri analýze lavínových situácií môžeme konštatovať, že hoci každé zimné obdobie má svoj špecifický priebeh, sú všeobecné zákonitosti, ktoré možno vzhľadom na tvorbu lavín aplikovať na každé zimné obdobie. Sú to predovšetkým synoptické typy počasia,

Foto 4. Protilavínové zábrany v oblasti Krížnej zabraňujú uvoľneniu aj rozsiahlejších lavín. Foto D. Holý.

ktoré ako nositelia určitého rázu počasia ovplyvňujú v kombinácii s topografickými podmienkami druhovú skladbu lavín, ako aj ich veľkosť a častosť.

Jednotlivé poveternostné situácie boli podľa polohy určujúcich tlakových útvarov a frontálnych zón zatriedené do typov s približne zhodným prúdením vo väčšom priestore. Predpokladom pre predloženú prácu bol kalendár typov počasia, ktorý zostavili pracovníci synoptickej služby HMÚ v Katalógu povětrnostních situací pro území ČSSR (1968). Z celkového počtu 25 poveternostných typov počasia sme použili 10 cyklonálnych a 9 anticyklonálnych situácií.

Cyklonálne typy počasia:
Wc — západná cyklonálna situácia
Wcs — západná cyklonálna situácia s južnou dráhou
NWc — severozápadná cyklonálna situácia
NC — severná cyklonálna situácia
NEc — severovýchodná cyklonálna situácia

Ec — východná cyklonálna situácia
SEc — juhovýchodná cyklonálna situácia
SWc — juhozápadná cyklonálna situácia
B — brázda nízkeho tlaku vzduchu nad strednou Európou
C — cyklóna nad strednou Európou

Anticyklonálne typy počasia:

Wa — západná anticyklonálna situácia
NWa — severozápadná anticyklonálna situácia
NEa — severovýchodná anticyklonálna situácia
Ea — východná anticyklonálna situácia
SEa — juhovýchodná anticyklonálna situácia
Sa — južná anticyklonálna situácia
SWa — juhozápadná anticyklonálna situácia
A — anticyklóna nad strednou Európou
Ap — putujúca anticyklóna nad strednou Európou

Podrobnejší opis priebehu počasia počas jednotlivých poveternostných situácií je uvedený v práci „Počasie na území Slovenska za typických poveternostných situácií" (1964), ako aj v už citovanej publikácii kolektívu synoptickej a leteckej služby HMÚ (1968).

Všeobecne sú pri tvorbe lavín určujúce dva druhy faktorov, a to stále a premenlivé faktory.

Stále faktory sú dané topografiou lavínového územia, ktorá zahŕňa sklon a orientáciu svahov, ako aj členitosť terénu. K premenlivým faktorom patrí priebeh jednotlivých meteorologických prvkov, ktoré sú okrem všeobecnej cirkulácie ovzdušia ovplyvňované aj okolitým prostredím.

Vzhľadom na rozličné topografické podmienky hodnoteného územia sme jednotlivé do úvahy prichádzajúce orografické celky Západných Karpát rozdelili do troch častí:

I. oblasť — Nízke Tatry, Malá Fatra, Veľká Fatra,
II. oblasť — Vysoké Tatry,
III. oblasť — Západné Tatry.

Zatiaľ čo I. oblasť s prevažne hôľnym reliéfom vytvára podmienky pre výskyt rozsiahlejších, ale menej častých lavín, II. oblasť so svojím svojráznym glaciálnym reliéfom a morfologicky obzvlášť výrazne modelovanými žlabmi, často so sklonom väčším ako 40°, je charakteristická prevažne menšími, ale častejšími lavínami. III. oblasť vytvára prechod medzi I. a II. oblasťou.

V dôsledku relatívne malej plochy hodnoteného územia sme príčiny vzniku lavín vo vzťahu k jednotlivým meteorologickým prvkom hodnotili pre všetky tri horské oblasti súhrnne. Ako podklad na hodnotenie sme použili údaje z meteorologických staníc na vrchole Chopka (2012 m n. m.), z Jasnej (1200 m n. m.), Lomnického štítu (2635 m n. m.) a z Kasprovho vrchu (1991 m n. m.). Hodnotené bolo 5-ročné obdobie (za roky 1973—1977).

V I. oblasti (Nízke Tatry, Malá Fatra, Veľká Fatra) bolo počas sledovaného obdobia zaevidovaných a hodnotených celkom 277 lavín. Z uvedeného počtu sa jednalo v 204 prípadoch o lavíny základové, v 73 prípadoch o lavíny doskové,

lavíny voľného snehu sa za sledované obdobie v I. oblasti nevyskytli. Toto druhové členenie s prevahou základových lavín je typické len pre I. horskú oblasť.

V II. oblasti (Vysoké Tatry) bolo zaevidovaných 224 lavín, pričom v 118 prípadoch išlo o doskové lavíny, v 106 prípadoch o lavíny voľného snehu. Základové lavíny, vzhľadom na skalný reliéf, sa vo vysokých Tatrách vyskytujú len v nepatrnom počte.

V III. oblasti (Západné Tatry) sme hodnotili 157 lavín, z ktorých 127 bolo doskových, 21 voľného snehu a 8 základových.

Z celkového počtu 658 zaevidovaných lavín išlo v 49 % o lavíny doskové, 32 % o lavíny základové a v 19 % o lavíny voľného snehu.

Charakteristickým znakom doskových a základových lavín je čiarový odtrh (foto 5, pričom sa sneh dostáva do pohybu skoro súčasne v celej šírke odtrhu. Zatiaľ čo pri doskových lavínach sklznú plochu tvorí určitá vrstva snehovej pokrývky, pri základových lavínach tvorí sklznú plochu pôda. Ak k uvoľneniu lavíny dochádza v jednom bode (bodový odtrh), hovoríme o lavíne voľného snehu. Sklznú plochu, podobne ako pri doskových lavínach, tvorí vrstva snehovej pokrývky.

Hodnotenie vzťahu medzi tvorbou lavín a jednotlivými meteorologickými prvkami sme urobili dvoma spôsobmi. Na jednej strane sme hodnotili vzťah medzi rôznymi synoptickými typmi počasia a tvorbou lavín, na druhej strane sme hodnotili pravdepodobnosť výskytu lavín vo vzťahu k jednotlivým meteorologickým prvkom.

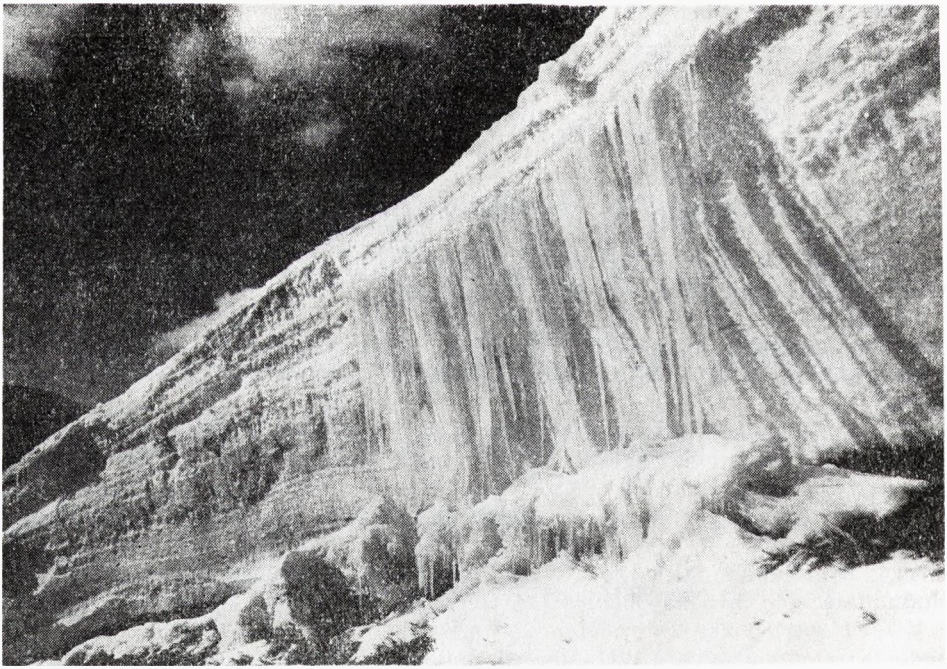


Foto 5. Typický odtrh základovej lavíny. Foto D. Holý.

Napriek tomu, že celkovú stavbu snehovej pokrývky ovplyvňuje priebeh počasia cez celé zimné obdobie, rozhodujúci impulz na vytvorenie lavínovej situácie má počasie posledných dní pred pádom lavíny. Keďže až 81 % zaevidovaných lavín má za sledované obdobie minimálne 1 deň pred pádom lavíny totožný typ počasia ako predchádzajúci deň, predložené výsledky hodnotenia môžeme zovšeobecniť.

ZÁVISLOSŤ TVORBY LAVÍN V ZÁPADNÝCH KARPATOCH OD METEOROLOGICKÝCH PRVKOV

Doskové lavíny

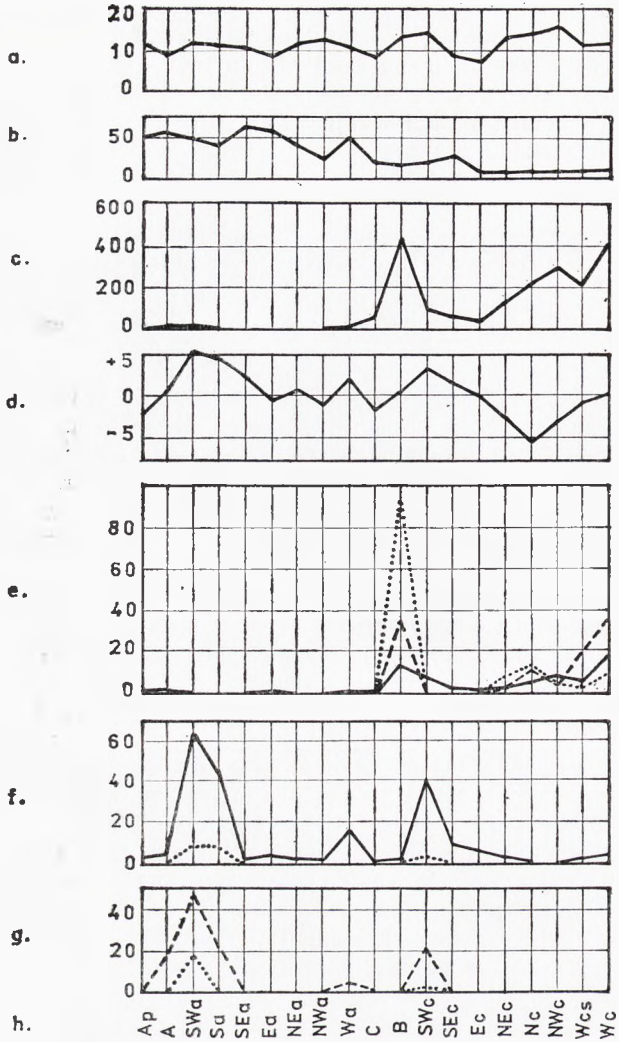
Na základe analýzy vzťahu medzi dynamicko-klimatickým hodnotením a tvorbou lavín môžeme všeobecne konštatovať, že až 99 % doskových lavín bolo zaevidovaných v priebehu cyklonálnych typov počasia, s maximálnym zastúpením pri typoch B, Wc, Wcs a NWc. Tieto poveternostné typy súvisia s maximálnou intenzitou snehových zrážok, nadpriemernou rýchlosťou vetra, teplotou vzduchu v rozmedzí priemerných hodnôt, resp. so zápornou odchýlkou a s nepatrným počtom hodín slnečného svitu (obr. 1).

Za najdôležitejší faktor pri tvorbe doskových lavín môžeme považovať snehové zrážky, s ktorými súviselo až 95 % výskytu tohto typu lavín. Na ilustráciu uvádzame, že počas cyklonálnych typov počasia napadalo v Jasnej za sledované obdobie celkom 1940 cm snehu. Najväčšie množstvo nového snehu sme za 5-ročné obdobie zaznamenali pri poveternostnom type Wc 416 cm, pri type B 412 cm, pri NWc 292 cm a pri type Wcs 234 cm. Súhrn uvedených hodnôt, 1354 cm, predstavuje až 70 % z celkovej výšky nového snehu napadaného pri cyklonálnych typoch počasia. V priebehu anticyklonálnych typov počasia napadalo za to isté obdobie len 48 cm nového snehu (D. Holý 1980).

Podiel nového snehu pri tvorbe doskových lavín nám potvrdzuje aj obr. 2b, ktorý vyjadruje % pravdepodobnosti výskytu doskových lavín (y_4) pri určitej výške nového snehu napadaného za 24 hodín (x_4). S pribúdajúcou výškou nového snehu stúpa aj % pravdepodobnosti výskytu doskových lavín. Pri výške nového snehu napr. 65 cm za 24 hod. dosahuje pravdepodobnosť pádu doskových lavín až 80 %. Matematické vyjadrenie tohto vzťahu je

$$y_4 = -2{,}48 + 1{,}05\ x_4 + 0{,}0032\ x^2_4.$$

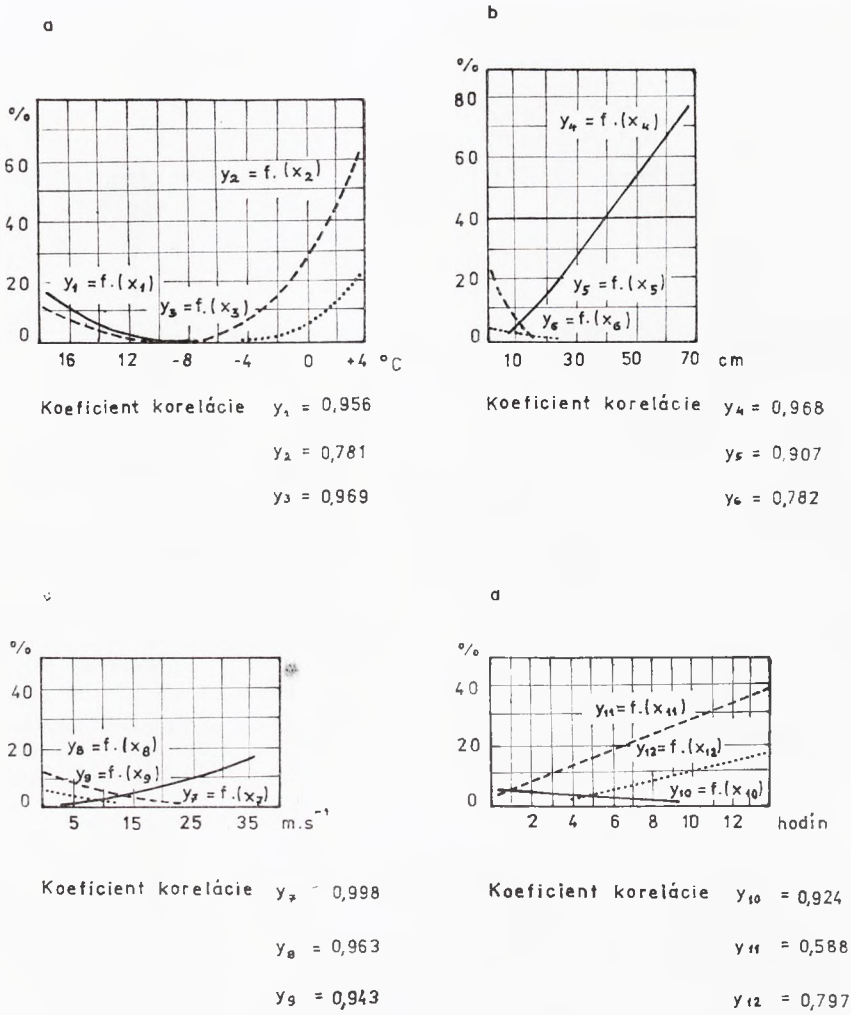
Na druhom mieste v poradí dôležitosti sa pri tvorbe doskových lavín javí vplyv vetra, hoci jeho bezprostredné pôsobenie v deň pádu lavíny nie je jednoznačné. Napriek tomu, že na základe dynamicko-klimatického hodnotenia sa so zvyšujúcou rýchlosťou vetra zvyšuje aj počet zaevidovaných doskových lavín, pravdepodobnosť výskytu lavínovej situácie (y_7) vo vzťahu k bezprostrednému pôsobeniu rýchlosti vetra (x_7) dosahuje veľmi nízku maximálnu hodnotu (obr. 2c). Nízke % pravdepodobnosti svedčí o tom, že rýchlosť vetra je len v malom počte prípadov bezprostrednou príčinou vzniku doskových lavín. Treba však podotknúť, že pôsobenie vetra má dlhšiu pôsobnosť a súvisí nielen s obdobím snehových zrážok, pretože k premiestňovaniu snehu dochádza aj v období po



Obr. 1. Vzťah medzi počtom zaevidovaných lavín a dynamicko-klimatickým hodnotením základných meteorologických prvkov v oblasti Západných Karpát (obdobie 1973—1977): *a* — priemerná rýchlosť vetra v m.s^{-1}, *b* — slnečný svit v % astronomicky možného svitu, *c* — celková výška nového snehu v cm, *d* — odchýlka od priemernej teploty vzduchu v °C, *e* — počet doskových lavín — I. oblasť ———, II. oblasť — — —, III. oblasť . . . , *f* — počet základových lavín — I. oblasť ———, III. oblasť . . . , *g* — počet lavín voľného snehu — II. oblasť — — —, III. oblasť . . . , *h* — typy počasia.

snehových zrážkach. Krivka pravdepodobnosti výskytu lavín vo vzťahu k rýchlosti vetra má v analytickom vyjadrení tvar

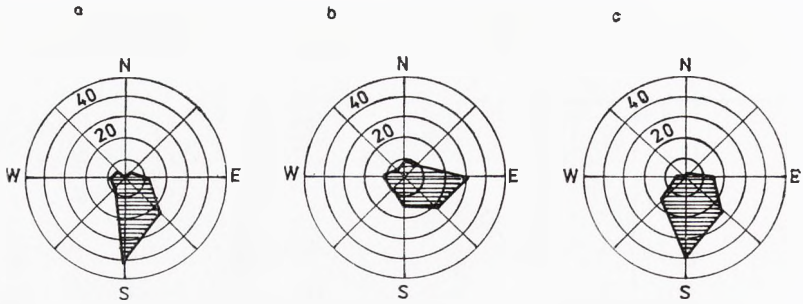
$$y_7 = 0{,}712 + 0{,}182\ x_7 + 0{,}006\ x^2_7.$$



Obr. 2. Pravdepodobnosť výskytu lavín vo vzťahu k jednotlivým meteorologickým prvkom (obdobie 1973—1977): doskové lavíny ———, základové lavíny — — —, lavíny voľného snehu . . . , *a* — teplota vzduchu, *b* — výška nového snehu, *c* — rýchlosť vetra, *d* — slnečný svit.

Intenzita snehových zrážok je v našich horských systémoch všeobecne nízka. Z celkového počtu 471 dní so snežením, výška nového snehu 1—10 cm za 24 h sa vyskytla v 91 % prípadoch, 11—20 cm za 24 h v 8 % prípadoch, viac ako 21 cm za 24 h len v 1 % prípadov (D. Holý 1982). Je to však práve vietor, ktorého pôsobením dochádza k premiestňovaniu snehu, teda meteorologickými procesmi vyvolané zrážky nie sú identické s množstvom snehu uloženom na pôde.

Výrazný pohyb vzduchu je v klimatických podmienkach Západných Karpát sprievodným javom každého sneženia. S pribúdajúcou intenzitou sneženia sa



Obr. 3. Expozičné rozdelenie zaevidovaných lavín v % (obdobie 1973—1977): *a* — základové lavíny, *b* — doskové lavíny, *c* — lavíny voľného snehu.

všeobecne zvyšuje aj rýchlosť vetra. Podľa hodnotenia z meteorologickej stanice na vrchole Chopka v Nízkych Tatrách, dosahuje priemerná rýchlosť vetra za zimné obdobie 11,6 $m . s^{-1}$. Pri intenzite sneženia 1—5 cm za 24 h dosahuje priemerná rýchlosť vetra bez ohľadu na jeho smer 12,0 $m . s^{-1}$, pri intenzite 6—20 cm za 24 h je to už 15,9 $m . s^{-1}$, pri intenzite viac ako 21 cm nového snehu napadanom za 24 h priemerná rýchlosť vetra dosahuje až 16,8 $m . s^{-1}$ (D. Holý 1985).

Pri tvorbe doskových lavín má dôležitú úlohu najmä smer vetra. V najväčšom počte prípadov sneženie je sprevádzané severozápadným prúdením (D. Holý 1989). Súbežné kumulovanie snehu vytvára na juhovýchodných záveterných svahoch optimálne podmienky pre tvorbu doskových lavín. Túto skutočnosť nám potvrdzuje expozičné rozdelenie doskových lavín (obr. 3), z ktorého vyplýva, že až v 65 % prípadov boli doskové lavíny zaznamenané na týchto svahoch.

K ďalším meteorologickým faktorom ovplyvňujúcim lavínovú aktivitu patrí teplota vzduchu, hoci jej pôsobenie nie je jednoznačné. Dynamicko-klimatické hodnotenie (obr. 1), podobne ako matematické vyjadrenie vzťahu medzi pravdepodobnosťou výskytu doskových lavín (y_1) a teplotou vzduchu (x_1) ukazuje, že s klesajúcou teplotou vzduchu sa pravdepodobnosť výskytu doskových lavín zvyšuje. V matematickom vyjadrení má vzťah tvar

$$y_1 = 3{,}86 + 1{,}41\ x_1 + 0{,}13\ x^2_1.$$

Nižšie teploty vzduchu udržujú novonapadnutú snehovú pokrývku, resp. novovytvorené snehové dosky dlhší čas v stave nízkej konzistencie s podkladovou vrstvou, čo môže viesť k uvoľneniu doskových lavín bezprostredne po alebo pri snežení.

S vyššími teplotami vzduchu súvisí intenzívnejšia deštruktívna metamorfóza, v dôsledku ktorej dochádza k výraznejšiemu sadaniu, a tým aj k spevňovaniu snehovej pokrývky.

Vplyv slnečného žiarenia sa vzhľadom na prevažne cyklonálny ráz počasia pri tvorbe doskových lavín prejavuje len veľmi slabo (obr. 1). Pravdepodobnosť výskytu lavínovej situácie s tvorbou doskových lavín (y_{10}) vo vzťahu k slnečnému žiareniu (x_{10}) môžeme matematicky vyjadriť takto (obr. 2d):

$$y_{10} = 4{,}42 - 0{,}412\ x_{10}.$$

Na rozdiel od doskových lavín súvisí až 70 % základových lavín s priebehom anticyklonálnych typov počasia, s maximálnym výskytom pri poveternostnom type SWa, Sa a Wa. Ako ukazuje obr. 1, uvedené typy počasia súvisia predovšetkým s relatívne vysokými kladnými odchýlkami od priemernej teploty vzduchu, so zvýšenou insoláciou, minimálnym množstvom atmosferických zrážok a rýchlosťou vetra v rozmedzí zimného priemeru.

Počas cyklonálnych typov počasia sme zaevidovali 30 % z celkového počtu základových lavín, s maximálnym výskytom pri poveternostnom type SWc. Charakteristickým znakom tohto typu, podobne ako pri anticyklonálnych typoch SWa, Sa a Wa, je vysoká kladná odchýlka od priemernej teploty vzduchu.

Uvedené konštatovanie, pri ktorom sa javí ako podstatný faktor vzniku základových lavín všeobecné oteplenie, nám potvrdzuje závislosť vyjadrujúca pravdepodobnosť výskytu základových lavín (y_2) vo vzťahu k priemernej teplote vzduchu daných dní (x_2)

$$y_2 = 28{,}77 + 6{,}68\ x_2 + 0{,}46\ x^2_2 + 0{,}0073\ x^3_2.$$

So zvyšujúcou sa teplotou vzduchu % pravdepodobnosti výskytu základových lavín výrazne stúpa (obr. 2a). Hodnotenie ukazuje, že až 88 % základových lavín súvisí s celkovým oteplením, v dôsledku ktorého dochádza k ubúdaniu pevnosti v snehovej pokrývke.

Vplyv teploty na ubúdanie pevnosti snehovej pokrývky nám potvrdzuje aj krátkodobé meranie kladivovou sondou (zariadením na meranie prienikového odporu v snehovej pokrývke). Výsledky meraní ukázali, že pri všeobecnom oteplení v dňoch 20.—28. 4. 1979 na pozorovanom objekte v Jasnej pevnosť snehu klesla za 9 dní pri priebežnom zvyšovaní teploty vzduchu z —3,8 °C na +3,4 °C z pôvodných 9,2 kg . cm^{-2} na 0,4 kg . cm^{-2}. Výška snehovej pokrývky súčasne poklesla z 54 cm na 35 cm (D. Holý 1980).

Prevládajúci výskyt základových lavín zaevidovaných počas anticyklonálneho rázu počasia súvisí so zvýšeným počtom hodín slnečného svitu (obr. 2d). Hodnotenie ukazuje, že so zvyšujúcim sa počtom hodín slnečného svitu (x_{11}) sa zvyšuje aj percentuálna pravdepodobnosť výskytu základových lavín (y_{11}). V matematickom vyjadrení má tento vzťah tvar:

$$y_{11} = 2{,}98 + 2{,}44\ x_{11}.$$

Vplyv insolácie pri tvorbe základových lavín potvrdzuje aj obr. 3. Z celkového počtu sa vyskytlo už 81 % základových lavín v kvadrante S—E, teda na svahoch, ktoré súvisia s maximálnym slnečným osvitom.

Výška novonapadnutého snehu nehrá pri tvorbe základových lavín dôležitú úlohu. Z evidencie lavín vyplýva, že až 87 % prípadov výskytu základových lavín bezprostredne nepredchádzalo sneženie. Konštatovanie potvrdzuje aj obr. 2b, ktorý vyjadruje vzťah medzi pravdepodobnosťou výskytu základových lavín (y_5) a výškou nového snehu (x_5). Zo vzťahu, ktorý má v matematickom vyjadrení tvar

$$x_5 = 2{,}92 - 3{,}85\ x_5 + 0{,}13\ x^2_5$$

vyplýva, že % pravdepodobnosti výskytu základových lavín s klesajúcou výškou nového snehu má stúpajúcu tendenciu.

Podobne ani rýchlosť vetra sa neprejavuje ako bezprostredná príčina tvorby základových lavín (obr. 2c). Vzťah medzi rýchlosťou vetra (x_8) a pravdepodobnosťou výskytu základových lavín (y_8) má v matematickom vyjadrení tvar

$$y_8 = 12{,}21 - 0{,}43\ x_8.$$

Je potrebné pripomenúť, že vietor premiestňovaním a kumulovaním snehu na záveterné svahy pripravuje podmienky pre tvorbu základových lavín v priebehu celého zimného obdobia. Môžeme predpokladať, že s pribúdajúcou rýchlosťou vetra sa uvedený proces urýchľuje.

Lavíny voľného snehu

Lavíny voľného snehu, podobne ako základové lavíny, súvisia predovšetkým s relatívne vyššími teplotami vzduchu, prevažne za podpory slnečného žiarenia. Tento súvis je markantný jednak pri dynamicko-klimatickom hodnotení (obr. 1), jednak pri stanovení percenta pravdepodobnosti výskytu lavín voľného snehu vo vzťahu k jednotlivým meteorologickým prvkom (obr. 2).

Až 77 % týchto lavín súviselo s anticyklonálnym rázom počasia, pričom ich maximálny výskyt bol zaevidovaný pri poveternostnom type SWa, Sa a Wa. Tieto typy, ako sme už spomenuli v súvislosti s tvorbou základových lavín, sú charakteristické maximálne kladnou teplotnou odchýlkou od priemernej teploty vzduchu, zvýšeným počtom hodín slnečného svitu, nepatrným množstvom zrážok a podpriemernou rýchlosťou vetra. Menší počet lavín voľného snehu bol zaevidovaný aj v priebehu cyklonálneho typu SWc, ktorého priebeh tiež súvisí s relatívne veľkou kladnou teplotnou odchýlkou a nepatrným množstvom atmosferických zrážok. Na rozdiel od anticyklonálnych typov počasia však súvisí s nepatrným slnečným svitom a nadpriemernou rýchlosťou vetra.

Podobne ako dynamicko-klimatické hodnotenie aj grafické vyjadrenie pravdepodobnosti výskytu lavín voľného snehu (y_3) vo vzťahu k priemernej teplote vzduchu (x_3) ukazuje, že percento pravdepodobnosti stúpa so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu (obr. 2a). Vzťah môžeme vyjadriť takto:

$$y_3 = 4{,}62 + 2{,}52\ x_3 + 0{,}405\ x^2_3 + 0{,}016\ x^2_3.$$

Podobne stúpa percento pravdepodobnosti výskytu lavín voľného snehu (y_{12}) aj vo vzťahu k počtu hodín slnečného svitu (x_{12}). Analyticky vyjadrený vzťah má tvar (obr. 2d):

$$y_{12} = -4{,}51 + 1{,}65\ x_{12}.$$

Skutočnosť, že až 79 % lavín voľného snehu bolo zaevidovaných na slnkom osvietených svahoch v kvadrante SW—SE nám potvrdzuje značný vplyv slnečného žiarenia pri tvorbe uvedených lavín (obr. 3).

Hoci bezprostredný vplyv nového snehu sa javí pri tvorbe lavín voľného snehu ako nevýrazný predovšetkým pri anticyklonálnych typoch počasia, treba podotknúť, že sneh napadaný bezprostredne alebo niekoľko dní pred pádom

lavín najmä v priebehu cyklonálnych typov počasia môže pri postupnom zvyšovaní teploty vzduchu až po kladné hodnoty dať podnet na tvorbu väčšieho počtu lavín voľného snehu (obr. 2b). Pravdepodobnosť výskytu lavínovej situácie (y_6) s pribúdajúcim množstvom nového snehu (x_6) nemá stúpajúcu tendenciu. V matematickom vyjadrení má vzťah tvar

$$y_6 = 0{,}406 - 0{,}249\ x_6.$$

Keďže pád lavín voľného snehu súvisí predovšetkým s premočením starého alebo nového snehu, vplyv vetra nie je podstatný (obr. 2c). So zvyšujúcou sa rýchlosťou vetra (x_9) percento pravdepodobnosti výskytu lavín voľného snehu nestúpa (y_9). Vzťah môžeme analyticky vyjadriť tvarom

$$y_9 = 2{,}52 - 0{,}142\ x_9.$$

ZÁVER

Na základe hodnotenia príčin vzniku lavín v závislosti od pôsobenia jednotlivých meteorologických prvkov v čs. časti Západných Karpát môžeme konštatovať, že teplota vzduchu, snehové zrážky, veterné pomery a intenzita slnečného žiarenia sú prvky, ktoré v rozhodujúcej miere ovplyvňujú podmienky vzniku snehových lavín. Určiť všeobecné poradie dôležitosti týchto prvkov pri tvorbe lavín je ťažké. Každý typ lavín má špecifické podmienky svojho vzniku, pričom podiel jednotlivých meteorologických faktorov je rozdielny.

Pri doskových lavínach sa stabilita stráca vtedy, keď sa zníži pevnosť alebo zvýši napätie v snehovej pokrývke. Pevnosť snehu sa znižuje predovšetkým v dôsledku oteplenia, resp. zvodnatenia snehu, zvýšené napätie môže nastať aj v dôsledku výdatnejšieho sneženia, najmä ak je sprevádzané silnejším vetrom (nerovnomerné rozloženie snehovej pokrývky), premiestňovaním napätia spojeným s pohybom snehu na svahu (relatívne vyššie teploty vzduchu urýchľujú pohyb snehu) alebo s dynamickým narušením vrstiev snehu (človek, zver a pod.).

Lavíny voľného snehu a základové lavíny predpokladajú sneh slabej súdržnosti. Proces smerujúci k znižovaniu súdržnosti snehovej pokrývky podporujú predovšetkým relatívne vysoké teploty vzduchu s podporou slnečného žiarenia.

Do akej miery sú jednotlivé poveternostné typy nositeľmi určitého priebehu počasia, dynamicko-klimatické hodnotenie vzťahu medzi poveternostnou situáciou a tvorbou lavín, to nám potvrdzuje predchádzajúce konštatovanie.

Anticyklonálne typy počasia s prevažne vyššími teplotami vzduchu, zvýšenou insoláciou, minimálnymi atmosferickými zrážkami a s rýchlosťou vetra v rozmedzí priemerných hodnôt súvisia s tvorbou základových lavín a lavín voľného snehu.

Cyklonálny ráz počasia, ktorý charakterizujú relatívne nižšie teploty vzduchu, maximálne zrážky, nadpriemerná rýchlosť vetra a nepatrný počet hodín slnečného svitu, dáva predpoklad pre tvorbu doskových lavín.

Počas anticyklonálnych typov počasia bolo zaevidovaných celkom 250 lavín, z ktorých v 148 (59 %) prípadoch išlo o základové lavíny, v 93 (39 %) prípadoch o lavíny voľného snehu a len v 4 (2 %) prípadoch išlo o lavíny doskové.

Počas cyklonálnych typov počasia zo 408 zaevidovaných lavín išlo v 314 (77 %) prípadoch o doskové lavíny, v 65 (16 %) prípadoch o základové lavíny a v 29 (7 %) prípadoch o lavíny voľného snehu.

Podobné výsledky ako pri dynamicko-klimatickom hodnotení sme získali aj pri hodnotení percenta pravdepodobnosti výskytu lavín vo vzťahu k jednotlivým meteorologickým prvkom. So zvyšujúcou sa teplotou vzduchu a za podpory slnečného žiarenia sa zvyšuje aj percento pravdepodobnosti výskytu základových lavín a lavín voľného snehu. Percento pravdepodobnosti tvorby doskových lavín stúpa predovšetkým so vzrastajúcou výškou novonapadnutého snehu pri relatívne nižších teplotách vzduchu. Proces urýchľuje aj vplyv vetra, s ktorým súvisí premiestňovanie a následné nerovnomerné rozloženie snehovej pokrývky.

Na záver môžeme konštatovať, že meteorologické podmienky majú rozhodujúci význam pri formovaní podmienok vzniku všetkých druhov lavín. Ich vplyv súvisí so všeobecnou cirkuláciou ovzdušia, ako aj so zemepisnou polohou, členitosťou a priestorovou výstavbou horstiev. Striedanie jednotlivých poveternostných situácií v súvislosti s cirkuláciou ovzdušia sa odráža v chode meteorologických prvkov, ktoré svojím charakteristickým priebehom ovplyvňujú lavínovú aktivitu.

Stanovenie uvedených meteorologických kritérií lavínovej ohrozenosti upresnilo podklady na posudzovanie možnosti tvorby lavín v podmienkach Západných Karpát, pre prognózu lavín, ktorá v danom prípade nie je a ani nemôže byť presnou prognózou miesta a času pádu lavíny, ale vyjadruje vedecky podložený predpoklad o všeobecnom nebezpečenstve a tendencii tvorby lavín.

LITERATÚRA

1. BALON, L., FORGÁČ, P., MOLNÁR, F.: Počasie na území Slovenska za typických poveternostných situácií. HMÚ, Praha 1964. — 2. BLAHOUT, M., PALC, J.: Návrh na protilavínovú ochranu žľabu Nižné Nohavice. Zborník prác o TANAP-e, *8*, 1965, 303—434. — 3. BUKOVČAN, V.: Lavíny a lesy. SVPL, Bratislava 1960, 196 s. — 4. GAND, K.: Waldschadenlawinen und Waldschaden der Lawinenkatastrophe vom April 1975. In: Schnee und Lawinen in der Schweizer Alpen, Winter 1974—1975, Weisfluhjoch, *39*, Davos 1976, 218—230. — 5. HOLÝ, D.: Protilavínová ochrana v súvislosti s rekonštrukciou hornej hranice lesa. In: Rekonštrukcia hornej hranice lesa, Zborník referátov, RIZ Banská Bystrica, Králová Studňa 1977, 56—69. — 6. HOLÝ, D.: Meteorologické a topografické podmienky a faktory vzniku lavín v Západných Karpatoch. (Kandidátska dizertačná práca), Jasná 1980, 142 s. — 7. HOLÝ, D.: Nerovnomerné rozloženie zásob snehu v oblasti Chopku. Vodohosp. Čas., *5*, 1982, 549—555. — 8. HOLÝ, D.: Veterné pomery a ich vplyv na priestorové rozdelenie snehovej pokrývky a tvorbu lavín (na príklade oblasti Chopku). Vodohosp. Čas., *1*, 1985, 46—62. — 9. HOLÝ, D.: Uplatnenie meteorologických údajov v predpovedi lavín. Ročenka SLP, Jasná 1988, 51—56. — 10. HOUDEK, I., VRBA, M.: Zimní nebezpečí v horách. STN, Praha 1954.

11. CHOMICZ, K.: Snieg i lawiny w Tatrach w r. 1959. Prace PIHM, *58*, 1960. — 12. CHOMICZ, K.: Snieg i lawiny w Tatrach w r. 1961. Prace PIHM, *75*, 1964. — 13. CHOMICZ, K., KŇAZOVICKÝ, L.: Lavíny. In: M. Konček, Klíma Tatier, Veda, Bratislava 1974. — 14. KLAPA, M.: Laawiny. Wierchy, *28*, 1960. — 15. KLAPOWA, M.: Stan badań sniegowych w Tatrach Polskich. Gazeta Observatora PIHM, 10, 1963. — 16. KLAPOWA, M.: Zagadnienie prognoz lawinowich w niektorych krajoch. Biuletin PIHM, 5—6, 1968. — 17. KLAPOWA, M.: Obserwacje lawin sniežnych w Tatrach. Wierchy, *38*, 1969, 137—154. — 18. KŇAZOVICKÝ, L.: Protilavínové zábrany pri zalesňovaní. Les. Čas., *10*, 3, 1964,

309—318. — 19. KŇAZOVICKÝ, L.: Lavíny, Vyd. SAV, Bratislava 1967. — 20. KŇAZOVICKÝ, L.: Atlas lavínových dráh SSR. HS ČSZTV, Starý Smokovec 1978.

21. Kolektív: Synoptické a letecké služby HMÚ. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. HMÚ, Praha 1968. — 22. KONČEK, M., BRIEDOŇ, V.: Snehové pomery Vysokých Tatier. Geogr. Čas., *11*, 1959, 3—42. — 23. KONČEK, M., BRIEDOŇ, V.: Sneh a snehová pokrývka na Slovensku. Vyd. SAV, Bratislava 1964. — 24. MIDRIAK, R.: Biologicko-technické protilavínové a pôdoochranné opatrenia v oblasti Krížnej a ich účinnosť. VÚLH, Zvolen 1974. — 25. MIDRIAK, R., ZACHAR, D.: Ochrana proti lavínam. In: Ochrana krajiny ČSSR z hľadiska poľnohospodárstva a lesníctva, Academia, Praha 1975. — 26. MIDRIAK, R.: Protilavínová ochrana lesa. Lesnícke štúdie, *27*, VÚLH, Zvolen 1977, 218 s. — 27. MILAN, L.: Spracovanie katastru lavínových terénov a ich topografickej charakteristiky v horách Slovenska. Geogr. Čas., *33*, 2, 1981, 145—166. — 28. SCHILD, M., GLIOTT, S., ETTER, H. J.: Durch Lawinen verursachte Unfälle und Schaden. In: Schnee und Lawinen in der Schweizer Alpen, Winter 1973—1977. Weisfluhjoch, 37—41, Davos 1973—1977. — 29. ŠAMAJ, F.: Pravdepodobnosť počtu dní so snehovou pokrývkou na Slovensku. VÚVH, SVTS—SVS, II—2, Bratislava 1976. — 30. TURČAN, J.: Vplyv orografie na nerovnomernosť rozloženia zimných zrážok. Vodohosp. Čas., *20*, 6, 1975, 641—651.

31. VALOVIČ, Š.: Zabezpečenosť charakteristík snehovej pokrývky na Slovensku. In: Vplyv klimatických procesov na hydrologické procesy. HMÚ, Bratislava 1973, 61—83. — 32. VALOVIČ, Š.: Priemerná výška snehovej pokrývky na Slovensku. Práce a štúdie HMÚ, Bratislava 1979, 27—35. — 33. VRBA, M., URBANEK, B.: Průběh metamorfosy, diagenesy a teploty ve snehové pokrývce. MZ, 2, 1954, 29—35. — 34. VRBA, M., URBANEK, B.: Průběh metamorfosy, diagenesy a teploty ve snehové pokrývce. MZ, 5, 1954, 121—127.

Душан Голы

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛАВИН В ЗАПАДНЫХ КАРПАТАХ

Статья занимается анализом отношений между основными метеорологическими элементами и образованием лавин в чехословацких Западных Карпатах. Отдельные орографические комплексы нами подразделены на три области с приблизительно одинаковой конфигурацией рельефа. В первую область нами включены Низкие Татры, Малая Фатра и Большая Фатра, во вторую Высокие Татры и в третью Западные Татры. В течение 5-летнего периода (1973—1977) нами отмечено и оценено в общем 658 лавин, причем в 318 случаях это были лавины из снежной доски, в 213 случаях (32 %) это были грунтовые лавины и в 127 случаях (19 %) дело касалось лавин из рыхлого снега.

Принимались во внимание как связь между определенной синоптической обстановкой и образованием лавин, а также процентное выражение возникновения лавин в отношении к отдельным метеорологическим элементам.

В общем можно констатировать, что 99 % лавин из снежной доски было зафиксировано в течение циклональных типов погоды, с максимальным наличием при метеорологических типах B, Wc, Wcs и NWc. С данными типами погоды связана, прежде всего, максимальная интенсивность выпадания снежных осадков и высокая (выше средней) скорость ветра. Температура воздуха в пределах средних величин или же с отрицательным отклонением, равно как и влияние солнечного сияния, являются при возникновении лавин из снежной доски как несущественные.

Роль нового снега при возникновении лавин из снежной доски подтверждается оценкой вероятности их образования. С повышением толщи нового снега повы-

шается также процент вероятности возникновения этих лавин и, например, при достижении толщи нового снега 65 см в течение 24 часов эта вероятность достигает 80 %.

В отличие от лавин из снежной доски, более 70 % грунтовых лавин связано с антициклональным типом погоды, с максимальным наличием при метеорологических типах SWa, Sa и Wa. Характерным признаком этих типов погоды является относительно высокое положительное отклонение от средних температур воздуха, повышенная продолжительность солнечного сияния, незначительное количество атмосферных осадков и скорость ветра в интервале средних величин. Констатирование, что в роли существенного фактора образования грунтовых лавин выступает общее потепление, подтверждается также зависимостью вероятности наличия грунтовых лавин по отношению к средней температуре воздуха. Если при температуре —4 °C вероятность наличия грунтовых лавин составляет примерно 8 %, то при температуре +4 °C эта вероятность доходит до 65 %.

Лавины из рыхлого снега, равно как и грунтовые лавины, связаны, главным образом, с повышенными температурами воздуха при наличии солнечного сияния. До 77 % этих лавин приурочено к антициклональным типам погоды, с максимумом при метеорологических типах SWa, Sa и Wa. Основная характеристика этих типов погоды приведена при оценке грунтовых лавин. Роль температуры воздуха и интенсивности солнечного сияния при образовании лавин из рыхлого снега подтверждается также оценкой вероятности наличия этих лавин по отношению к отдельным метеорологическим элементам.

В заключении можно отметить, что интенсивность снежных осадков, температура воздуха, ветренные условия и солнечное сияние — это элементы, решающей мерой влияющие на условия возникновения снежных лавин. Общую очередность важности этих элементов определить трудно. Каждый из приведенных выше типов лавин (лавины из снежной доски, грунтовые лавины и лавины из рыхлого снега) обладает специфическими условиями своего возникновения, причем роль отдельных факторов, влияющих на их образование, в значительной степени отличается. Общим признаком воздействия метеорологических элементов на возникновение лавин является факт, что всякая внезапная смена погоды в зимний период сопутствует повышенному лавинообразованию, которое тем интенсивнее, чем интенсивнее сменяется погода.

Рис. 1. Связь между численностью зафиксированных лавин и динамическо-климатической оценкой основных метеорологических элементов в области Западных Карпат (период 1973—1977 гг.).
a — средняя скорость ветра в м/сек, *b* — солнечное сияние в % от астрономически возможного сияния, *c* — общая толщина нового снега в см, *d* — отклонение от средней температуры снега в °C, *e* — численность лавин из снежной доски: 1 область ———, 2 область — — — —, 3 область . . . . . ., *f* — численность грунтовых лавин: 1 область ———, 2 область — — — —, 3 область . . . . . ., *g* — численность лавин из рыхлого снега: 1 область ———, 2 область — — —, 3 область . . . . . ., *h* — типы погоды.

Рис. 2. Вероятность наличия лавин по отношению к отдельным метеорологическим элементам (период 1973—1977 гг.). Лавины из снежной доски ———, грунтовые лавины — — —, лавины из рыхлого снега . . . . . ., *a* — температура воздуха, *b* — толщина нового снега, *c* — скорость ветра, *d* — солнечное сияние.

Рис. 3. Распределение экспозиций зафиксированных лавин в % (период 1973—1977 гг.). *a* — грунтовые лавины, *b* — лавины из снежной доски, *c* — лавины из рыхлого снега.

Фото 1. Лавина в Дольной Леготе уничтожила более 12 га леса. Фото: Д. Голы.
Фото 2. Лавину вблизи Доновалов в Большой Фатре остановила лишь государственная дорога (шоссе) 1-го класса. Фото: Д. Голы.
Фото 3. В результате неправильного вмешательства в природную среду вблизи населенного пункта Турецка в Большой Фатре возникла лавина, которая принесла значительный материальный ущерб. Фото: Д. Голы.
Фото 4. Противолавинные заграждения вблизи г. Крижна препятствуют возникновению даже более крупных лавин. Фото: Д. Голы.
Фото 5. Типичный отрыв грунтовой лавины. Фото: Д. Голы.

Перевод: Л. Правдова

Dušan Holý

METEOROLOGICAL CONDITIONS FOR THE RISE OF AVALANCHES IN THE WEST CARPATHIANS

The submitted study analyses relationship between primary meteorological elements and avalanche formation within the Czechoslovak part of the West Carpathians. We have divided the individual orographical units into three regions with approximately conforming configuration of the field. The Nízke Tatry, Malá Fatra and Veľká Fatra Mountains have been incorporated into the first region, the Vysoké Tatry into the second, and the Západné Tatry into the third one. Within a 5-year period (1973—1977) we have registered and evaluated, in total, 658 avalanches, of which in 318 cases they were slab avalanches, in 213 cases (32 per cent) ground ones, and in 127 cases (19 per cent) loose-snow ones.

The evaluation was aimed at both relationship between certain synoptic situation and avalanche formation on one hand, and avalanche occurrence in relation to individual meteorological elements to be expressed in percentage on the other.

In general, we can state that as much as 99 per cent of slab avalanches were recorded during cyclonic weather types, with maximum occurrence at B, Wc, Wcs and NWc weather types. The mentioned weather types connect above all with maximum intensity of snow precipitation and above-average velocity of wind. Air temperature ranging within average values, or also with negative deviation similarly as the influence of solar radiation appear negligible in slab avalanches formation.

The share of new snow in slab avalanches formation is conformed also by evaluation of slab avalanches occurrence probability related to the individual meteorological elements. Along with increasing altitude of new snow also the occurrence probability percentage of these avalanches increases and at an altitude of new snow, for example, accumulating to 65 cm per 24 hours it attains as much as 80 per cent.

In contrast with slab avalanches, more than 70 per cent of fround avalanches connect with anticyclonic character of weather, with maximum occurrence at weather types SWa, Sa and Wa. Characteristic feature of the mentioned weather types is a relatively high positive temperature deviation from the average air temperature, increased insolation, slight amount of atmospheric precipitation and wind velocity ranging within average values. Stating, at which overall getting warmer shows as the substantial factor in formation of ground avalanches is confirmed also by dependence expressing probability in ground avalanches occurrence related to the average temperature of air. While, for instance, at an air temperature of —4 °C ground avalanches occurrence probability attains about 8 per cent, at +4 °C temperature it does as much as 65 per cent.

Loose-snow avalanches, similarly like ground avalanches connect above all with relative higher air temperatures, supported by solar radiation. As much as 77 per cent of such avalanches connected with anticyclonic character of the weather, with maximum representation at weather types SWa, Sa and Wa. The basic characteristics of the mentioned weather types have been given in evaluating the ground avalanches. The significance of air temperature and solar radiation intensity in loose-snow avalanches formation is confirmed also by evaluation of the occurrence probability in these avalanches related to the individual meteorological elements.

In conclusion we can state that snow precipitation intensity, air temperature, wind conditions and solar radiation are elements exerting influence to a deciding degree on the rise of snow avalanches. It is hard to determine a general sequence of importance among these elements. Each of avalanche types mentioned (slab, ground and loose-snow avalanches) possesses its specific conditions of its own formation, where the share of the individual factors in its forming is considerably different. A common mark in acting of these meteorological elements is the fact that practically every sharp change in weather provokes in winter an increased avalanche activity, which is, in turn, the more marked, the more sharp is the change of weather.

Fig. 1. Relation between the number of avalanches registered and the dynamic-climatic evaluation of primary meteorological elements in the region of the West Carpathians (a period 1973—1977): *a* — average wind velocity in metres per second, *b* — sunshine in percentage related to the shine astronomically possible, *c* — total thickness of new snow in cm, *d* — deviation from average snow temperature in °C, *e* — number of slab avalanches — Ist region ———, IInd region — — —, IIIrd region ..., *f* — number of ground avalanches — Ist region ———, IIIrd region ..., *g* — number of loose-snow avalanches — IInd region — — —, IIIrd region ..., *h* — weather types.

Fig. 2. Avalanche occurrence probability related to individual meteorological elements (period 1973—1977): slab avalanches ———, ground avalanches — — — loose-snow avalanches ..., *a* — air temperature, *b* — thickness of fresh snow, *c* — wind velocity, *d* — sunshine.

Fig. 3. Division of registered avalanches in percentage by exposure (period 1973—1977): *a* — ground avalanches, *b* — slab avalanches, *c* — loose-snow avalanches.

Photo 1. An avalanche at Dolná Lehota destroyed more than 12 hectares of forest stand. Photo by D. Holý.

Photo 2. An avalanche in the Donovaly area in the Veľká Fatra was stopped only by a state road of Ist order. Photo by D. Holý.

Photo 3. Considerable material damage was caused by an avalanche above the community Turecká in the Veľká Fatra, loosened due to a wrong intervention in the natural environment. Photo by D. Holý.

Photo 4. Anti-avalanche barriers in the area of the Krížna Mt prevent even from extensive avalanches to be loosened. Photo by D. Holý.

Photo 5. Typical tear-off of a ground avalanche. Photo by D. Holý.

Translated by A. Krajčír