

## VEDECKÉ SPRÁVY

ARNOLD NEMČOK – TIBOR MAHR

## KAMENNÉ LADOVCE V TATRÁCH

Arnold Nemčok, Tibor Mahr: Les glaciers de pierre dans la Tatra. Geografický časopis, Bratislava 1974, XXVI, 4; 5 figures, 6 cartes, 19 bibliogr.

Les auteurs analysent dans l'article en détail les glaciers de pierre qui représentent un phénomène assez curieux, peu examiné dans l'évolution morphologique de la Tatra. Les formes fossiles des glaciers de pierre, souvent cachées par l'érosion fluviale, s'échappaient à l'attention des géomorphologistes et géologues. Dans la Haute et Basse Tatra, vers la fin de la période glaciaire, le climat froid subsistait encore pendant un certain temps, ce qui permettait l'origine et le mouvement des glaciers de pierre. Ils se formaient des éboulis de roches et de glace intersticielle. Ce mélange de pierre et glace glissait lentement au milieu des cuvettes glaciaires, lacs ou cirques. Les glaciers de pierre sont linguiformes, lobés ou en forme de cuillère et atteignent jusqu'à 1950 m de longueur et 650 m de largeur. Dès le climat modéré ce phénomène extraordinaire disparaissait.

## 1. ÚVOD

Po ústupe ľadovcov z určitej zóny vysokého pohoria, pokiaľ určitý čas ešte trvá chladná klíma, nahromadené sutiny pod stenami kotlov a ľadovcových dolín sa za pomoci intersticiálneho ľadu začínú pohybovať po spáde vo forme kamenných ľadovcov. Výrazné výsledné formy tohoto plazivého svahového pohybu boli opísané v mnohých vysokých pohoriach sveta.

V Alpách ich opísali viacerí odborníci. A. Chaix [4] ako coulees de blocs, E. De Martonne [2] ako glaciers rocheux, W. Salamon [15] ako Block glätscher, J. Domaradzki [3] ako Blockströme a G. Mangeroni [10] pod názvom colate di pietre. V pohorí Wrangel Mountains na Aljaške ich študoval R. S. Capps [11], ktorý prvý použil v klasifikáciách dodnes najviac zaužívaný termín rock glaciers. V Rocky Mountains kamenné ľadovce prvý opísal H. B. Patton r. 1910, v Andách ich opísal L. Lliboutry [8], na Altaji S. N. Matvejev [9] a v Sierre Nevada J. E. Kesseli [7]).

Problematikou vzniku kamenných ľadovcov a im príbuzných javov sa zaoberali aj u nás viacerí, a to Z. Roth r. 1944, Q. Záruba r. 1944, 1956, J. Fencľ – A. Svatoš r. 1962, J. Petránek r. 1953. Na tento jav upozornil v Tatrách už r. 1923 J. Partsch. V poslednom období kamenné ľadovce v Tatrách a Nizkých Tatrach identifikoval a na niektorých lokalitách opísal ako kamenné ľadovcové prúdy A. Nemčok [11].

Najúplnejší obraz o vzniku a pohybe kamenných ľadovcov podali G. Wahrhaftig a A. Cox [18], ktorí preštudovali cca 200 lokalít aktívnych i ukľudnených kamenných ľadovcov vo vysokých pohoriach klasického výskytu tohto javu — na Aljaške.

Vo vysokých pohoriach slovenských Karpát bol aj tento povrchový plazivý svahový pohyb v období po ústupe ľadovcov veľmi rozšírený, o čom svedčia desiatky fosílnych kamenných ľadovcov v kotloch a ľadovcových dolinách Tatier. Preto v ďalšom opíšeme ich vznik, pohyb, zloženie a výsledné morfológické tvary.

## 2. VZNIK A POHYB KAMENNÝCH ĽADOVCOV

Pre vznik kamenných ľadovcov je potrebné klíma blízke ľadovcovej, dostatočne studená na to, aby bolo podložie stále premrznuté. Vo vysokých, dnes zaľadnených pohoriach vidieť priamu závislosť medzi vertikálnou klimatickou zonálnosťou a vznikom, resp. zánikom kamenných ľadovcov. V nižších pásmach s vyššou priemernou ročnou teplotou sa nachádzajú fosílné kamenné ľadovce, vo vyšších pásmach s nízkou priemernou ročnou teplotou sa nachádzajú aktívne kamenné ľadovce a v najvyšších pásmach s najnižším priemerom ročných teplôt sa tvoria ľadovce. Kamenné ľadovce vo vysokých pohoriach sa tvoria v zóne 500—600 m pod spodnou hranicou zóny ľadovcov.

Kamenitý materiál pre tvorbu kamenných ľadovcov pochádza zo svahových sutín, ktoré sa hromadia na svahoch pod strmými stenami kotlov a trógov. Do pohybu ich uvádza ľad, ktorý sa vytvára v medzerách medzi úlomkami a blokmi sutín. Ľad sa pod vplyvom pôsobenia šmykových síl plasticky pretvára. Priaznivé podmienky pre vznik kamenných ľadovcov vytvárajú také skalné horniny, ktorých úlomky a bloky majú približne rovnaké rozmery vo všetkých troch priestorových smeroch. Nahromadené svahové uloženie takýchto zvetralín majú veľké medzipriestory, v ktorých sa môže akumulovať ľad. Preto sa kamenné ľadovce predovšetkým viažu na komplexy hornín, ako sú granitoidy, ortoruly, amfibolity, kremence, vulkanity, konglomeráty a pod. Kamenné ľadovce sa zriedka vytvárajú v územiach z lavicovitých alebo bridličnatých súvrství, ktorých sutiny sa za rovnakých podmienok pohybujú sofiflukciou.

Intersticiálny ľad môže vzniknúť viacerými spôsobmi — stlačením až zľadovatením snehu, tak ako to býva pri ľadovcoch, ďalej je to zamrzutie dažďovej vody alebo vody z roztopeného snehu, ktorá pretečie do medzier v spodnej vrstve sutín. Tretím, zriedkavejším zdrojom pre tvorbu ľadu je podzemná voda vyvierajúca pod sutinami, ktorá v styku so studeným vzduchom v medzerách sa premení na ľad.

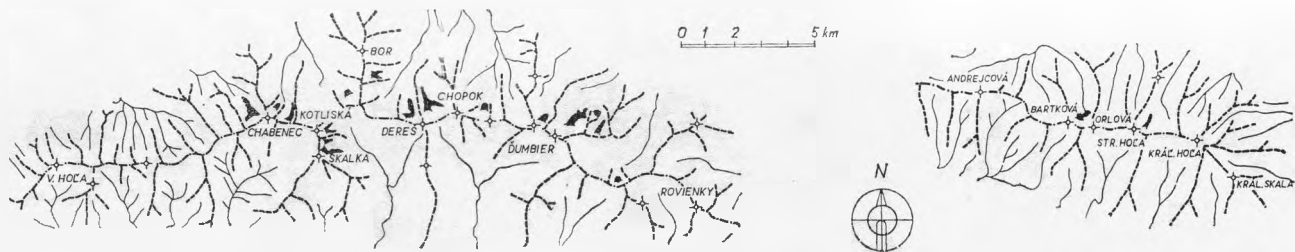
G. Wahrhaftig a A. Cox [18] merali geodetickou metódou rýchlosť pohybu aktívneho kamenného ľadovca v kotle doliny Clear Creek. Dĺžka kamenného ľadovca bola 1050 m, max. šírka 360 m, výška čela sa pohybovala v rozmedzí 30—40 m a priemerný sklon povrchu bol 14,5°. Priemerný pohyb povrchu kamenného ľadovca počas 8-ročného merania bol 72 cm za rok a čelo sa posúvalo priemerne o 48 cm za rok. K obdobným výsledkom dospel aj A. Chaix (5, 6), ktorý meral rýchlosť pohybu dvoch kamenných ľadovcov vo Švajčiarskych Alpách. Rýchlosť pohybu kamenného ľadovca je v závislosti k výške rozdelená nepravidelne.

## 3. ZLOŽENIE KAMENNÝCH ĽADOVCOV

Kamenné ľadovce sa skladajú z hrubozrnného, blokového materiálu sutinových uložení, z ľadu, ako aj piesčitých zŕn a prachu, prevažne eolického pôvodu. Horizontálne sa dajú rozčleniť na dve vrstvy [3].

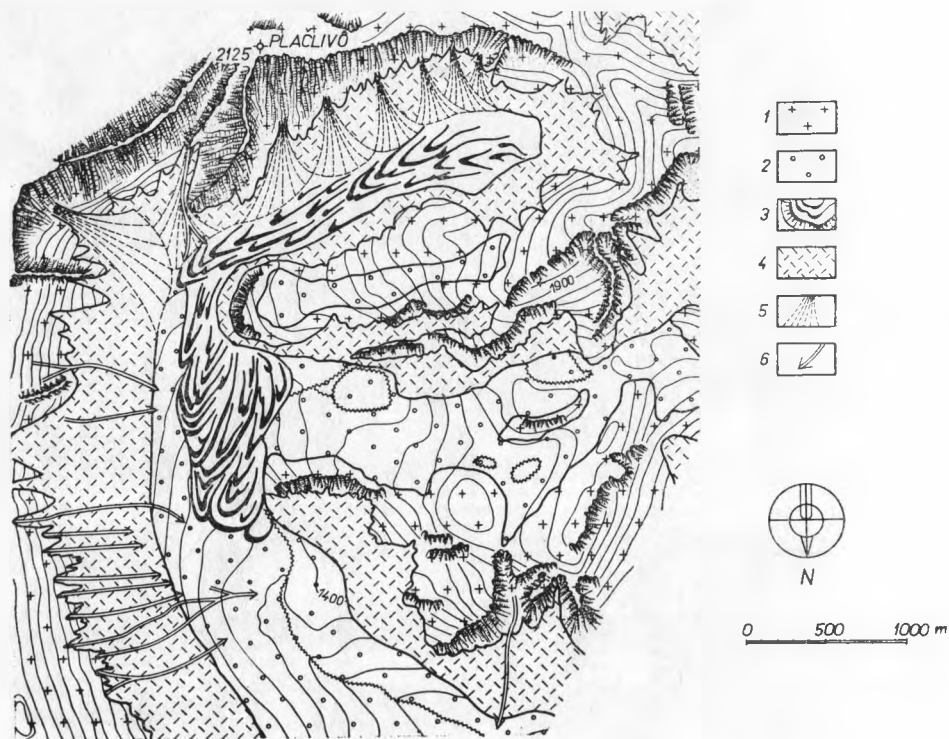


Mapa 1. Prehľad kamenných ľadovcov v Tatrách.



Mapa 2. Prehľad kamenných ľadovcov v Nizkych Tatrách.

Hornú vrstvu tvorí hrubozrný sutinový materiál silnený intersticiálnym ľadom. Táto vrstva predstavuje asi štvrtinu až pätinu celkovej výšky kamenného ľadovca. Spodná vrstva obsahuje navyše jemnejší materiál — drobné úlomky, piesok a prach. Jemnejší materiál tvorí niekedy až 50 % objemu. Do telesa kamenného ľadovca sa dostáva jednak prepadávaním eolického materiálu cez hrubú frakciu hornej vrstvy, splachovaním cez hornú vrstvu pretekajúcou vodou a získava sa aj mechanickým rozrušovaním hrubých frakcií samej spodnej vrstvy.

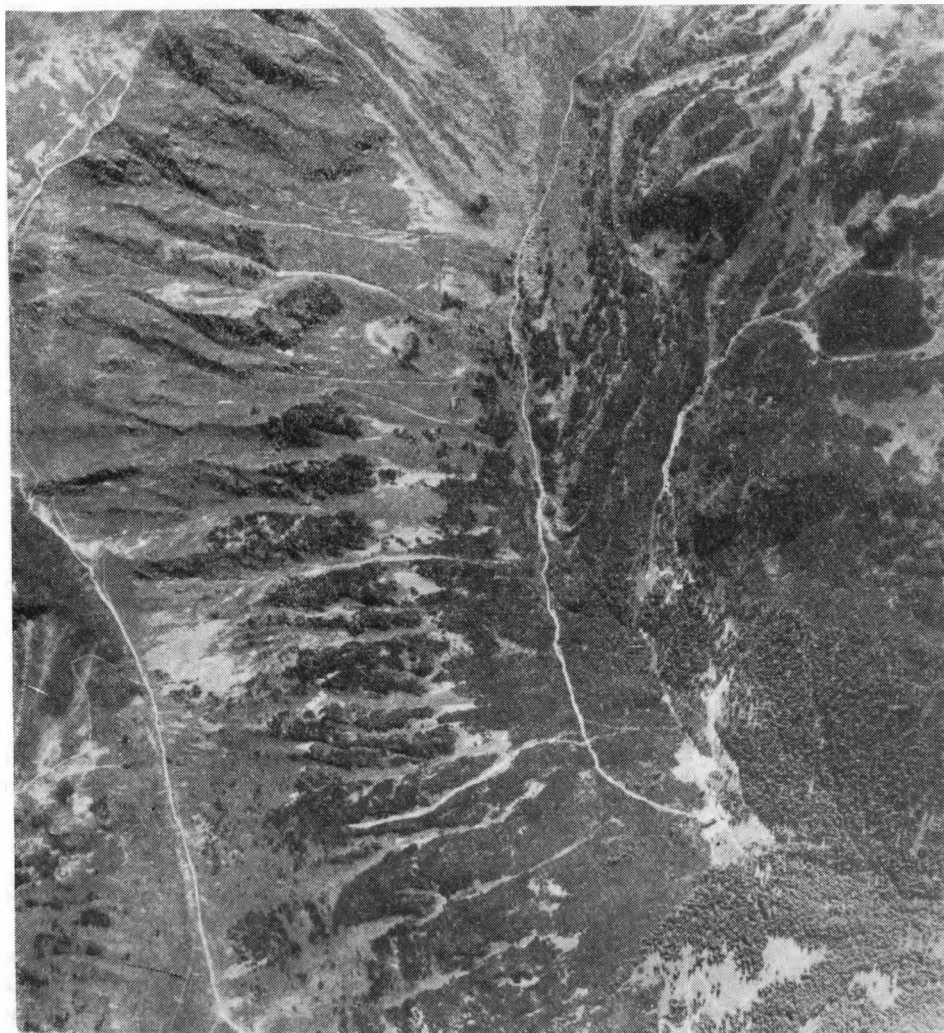


Mapa 3. Kamenný ľadovec v závere Roháčskej doliny.

1 — biotitické kremenné diority a granodiority (paleozoikum), 2 — bloky a štrky glaciálnych morénových uloženín, 3 — fosilné kamenné ľadovce, 4 — hlinito-kamenité sutiny, 5 — opadové kužele, úsypy, 6 — kamenné prúdy (2–6 kvartér).

Velkosť fragmentov, ako aj vzájomný pomer frakcií závisí od typu horniny, z ktorej pohybujúce sa sutiny pochádzajú, ako aj od primárnych a sekundárnych plôch deliteľnosti pretínajúcich horninových masív kotla alebo trógu.

Ľadová zložka nie je v telese aktívneho kamenného ľadovca rozdelená rovnomerne. Od koreňovej zóny smerom k čelu ľadovej zložky ubúda. Kým v čele kamenného ľadovca sa nachádza 1 m i viacmocná vrstva sutín, ktorých medzery nie sú vyplnené ľadom, v koreňovej zóne sú časté i viac metrov hrubé plochy ľadu [3].

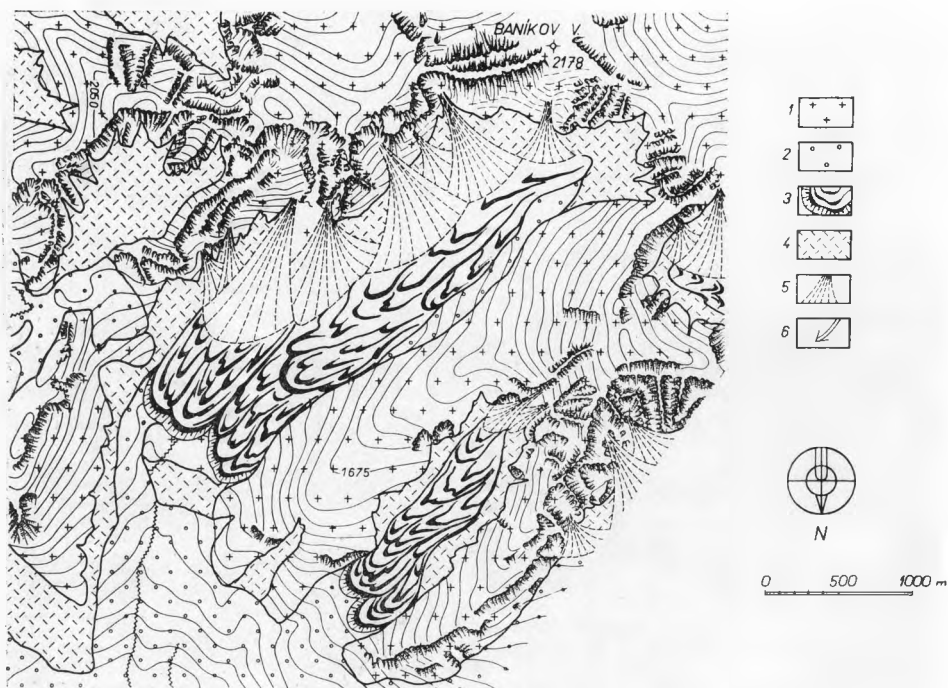


Obr. 1. Pohľad na rozšírenú čelnú oblasť lyžicovitého kamenného ľadovca v závere Rohácskej doliny. Letecká snímka (Voj. topografický ústav).

#### 4. MORFOLOGICKÉ TVARY A MIKRORELIÉF POVRCHU KAMENNÝCH ĽADOVCOV

Opisovaný jav má svojrázne morfológické tvary. V teréne pri pohľade z hrebeňov alebo pri stereoskopickom pozorovaní leteckých snímok vyzerajú kamenné ľadovce v dňoch kotlov ako roztečené bahno, asphalt alebo láva.

Podľa celkového tvaru rozoznávajú G. Wahrhaftig a A. Cox [18] *lalokovité* kamenné ľadovce, ktoré majú väčšiu šírku ako dĺžku, ďalej *jazykovité*, ktorých dĺžka prevažuje šírku a *lyžicovité* kamenné ľadovce. Ide vlastne o jazykovité kamenné ľadovce, ktoré



Mapa 4. Kamenné ľadovce v kotloch pod Banikovom.

1 — biotitické kremenné diority a granodiority (paleozoikum), 2 — bloky a štrky glaciálnych morénových uloženín, 3 — fosílné kamenné ľadovce, 4 — hlinito-kamenité sutiny, 5 — opadové kužeľe, úsypy, 6 — kamenné prúdy (2–6 kvartér).

sa z bočnej doliny vyliali do širšieho hlavného trógu a vytvárajú v čelnej časti lyžicovité rozšírenie.

Lalokovité kamenné ľadovce vznikajú pod stenami kotlov a trógov a majú jeden alebo viac lalokovitých valov. Keď sa napr. spoja lalokovité kamenné ľadovce z bokov a čela kotla, vytvára sa jazykovité kamenné ľadovec. Uvedené tri typy možno pravdepodobne pokladať za tri vývojové štádiá toho istého javu.

Uvedení autori udávajú rozmery jednotlivých typov kamenných ľadovcov zo študovaného územia na Aljaške. Lalokovité kamenné ľadovce mali šírky 90–3000 m a dĺžky 60–1050 m. Jazykovité boli 150–1500 m dlhé a 60–750 m široké, dĺžka lyžicovitých sa pohybovala od 1000 do 1650 m. Avšak 85 % lalokovitých kamenných ľadovcov malo dĺžku menšiu ako 450 m a pri jazykovitých zase 85 % bolo dlhších ako 450 m.

Mikrorelief povrchu kamenných ľadovcov, je tiež veľmi svojrázny. Na povrchu väčšiny veľkých kamenných ľadovcov možno pozorovať valy a ryhy v tvare písmena V, ktoré väčšinou sledujú smer pohybu kamenného ľadovca. Plazivý pohyb usporiadal kamenné fragmenty a intersticiálny ľad do sprehybaných pásov. V niektorých pásoch mal prevahu kamenný materiál, v iných ľad. Keď sa ľad roztopil, ostali po pásoch s prevahou ľadu ryhy a prehĺbeniny a po pásoch s prevahou kamenných fragmentov vyvýšené valy. Pásky



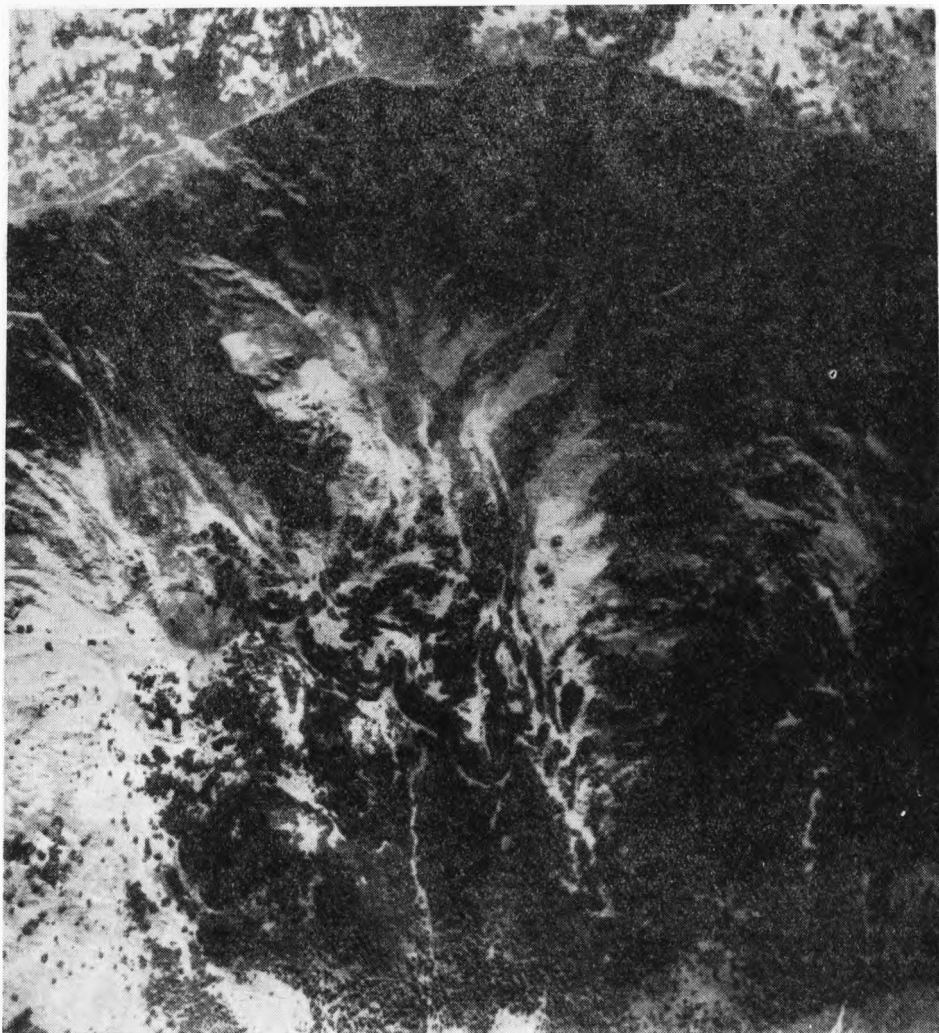
Obr. 2. Letecká snímka kamenných ľadovcov v kotle pod Baníkovom (Voj. topografický ústav).

s prevahou intersticiálneho ľadu majú svoj pôvod v koreňových oblastiach, kde v priestoroch medzi jednotlivými sutinovými kužeľmi sa akumuluje viacej ľadu. Ryhy väčšinou nedosahujú čelo kamenného ľadovca. Ak ho dosiahnu, tak zdanlivo rozčleňujú kamenný ľadovec na dva. Rovnako ako pozdĺžne ryhy i časté kónické priehlbne a tzv. meandrové ryhy majú svoj pôvod v topení sa nerovnomerne rozloženého ľadu. Meandrové ryhy sú vlastne spojením kónických priehlbni, ktoré vznikajú vtedy, keď sa kamenný ľadovec vytvára v čele menšieho normálneho ľadovca. Vytekajúca voda spod ľadovca spojí jednotlivé kónické priehlbne a vytvorí výraznú kľukatú čiaru na povrchu kamenného ľadovca. Veľké priehlbne akoby oddeľujúce kamenný ľadovec od koreňovej zóny sú pozostatkami menšieho ľadovca, v čele ktorého kamenný ľadovec vznikol.

Veľmi typické sú paralelné priečne valy a ryhy ohnuté v smere pohybu kamenného ľadovca. Sú vyvolané zmenou rýchlosti pohybu kamenného ľadovca. Ak sa kamenný ľadovec pri tečení rozširuje, alebo ak sa jeho stredná časť pohybuje rýchlejšie ako okraje, vznikajú v telese kamenného ľadovca ľahové napätia spôsobujúce ľahové trhliny. Trhliny bývajú do 30 m dlhé a 3 m hlboké.

## 5. FOSÍLNE KAMENNÉ ĽADOVCE V TATRÁCH

Priaznivé klimatické podmienky pre vznik kamenných ľadovcov boli v oblasti slovenských Karpát koncom obdobia würmu až začiatkom holocénu. Tvorili sa najmä

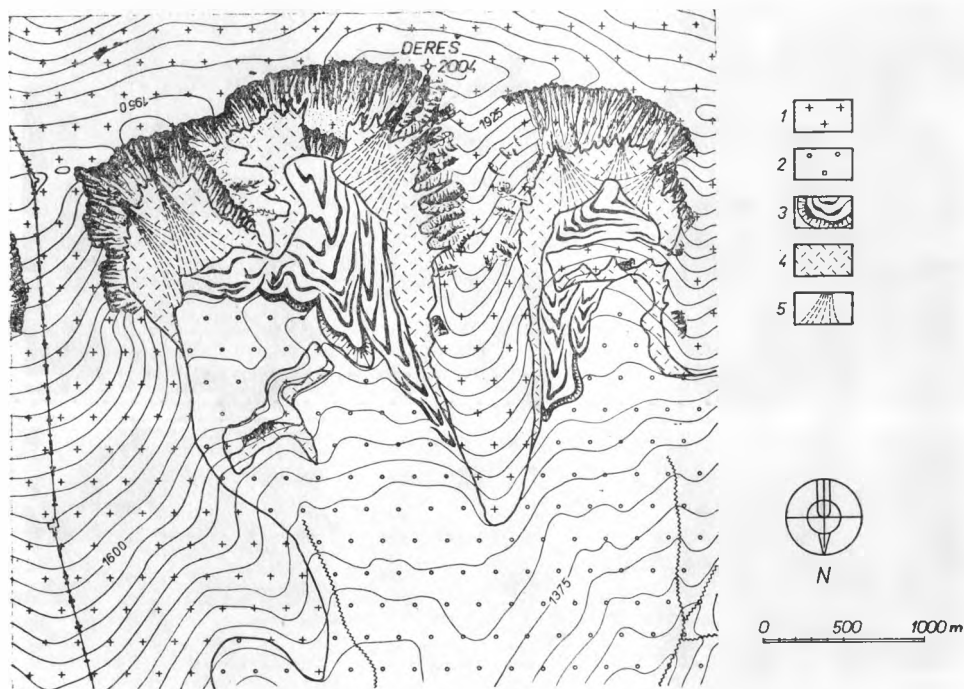


Obr. 3. Letecká snímka kamenných ľadovcov na severných svahoch hlavného hrebeňa Nízkych Tatier medzi Chopkom a Derešami (Voj. topografický ústav).

pod hlavnými hrebeňami Tatier a Nízkych Tatier v ľadovcových kotloch a trógoch obrátených na S a boli viazané na podklade granitoidov. Výsledné formy pomalého plazivého pohybu kamenných blokov, sutín a intersticiálneho ľadu môžeme, vďaka svojráznym tvarom, dodnes sledovať, hoci ich už čiastočne rozrušila riečna erózia, alebo ich zakrývajú formy svahovej modelácie.

M. Lukniš, ktorý urobil dokonalú geomorfologickú analýzu východnej časti Tatier, ich r. 1968 zahrnul do uložení, ktoré vyčlenil vo svojej mape ako firnové morény (névé moraine).





Mapa 5. Kamenné ľadovce v kotloch pod Derešami v Nízkyh Tatrách.

1 — biotitické kremenné diority a granodiority (paleozoikum), 2 — bloky a štrky glaciálnych morénových uloženín, 3 — fosílné kamenné ľadovce, 4 — hlinito-kamenité sutiny, 5 — opadové kužele, úsypy (2—5 kvartér).

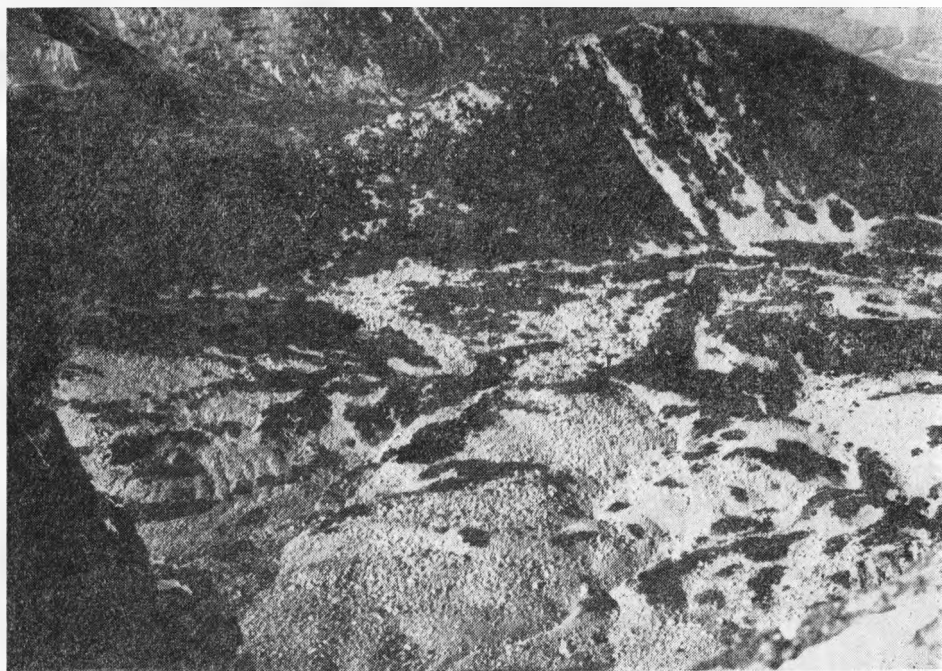
Na základe terénneho mapovania, predovšetkým však študovaním leteckých snímok, vykreslili sme 49 lokalít kamenných ľadovcov. Z nich 18 sa nachádza vo východnej časti Tatier, 13 v západnej časti (mapa 1) a 18 sme našli v Nízkyh Tatráh (mapa 2).

Prevažná väčšina kamenných ľadovcov sa viažu na granitoidy. V nich sa nachádza 42 zo 49 lokalít. V migmatitoch a ortorulách sa nachádzajú 3 kamenné ľadovce, 2 sa vytvorili z materiálu pochádzajúceho z pararúl, 1 sa vytvoril v zbrídlíčenatých granitoch a granodioritoch a 1 v spodnotriasových kremencoch s polohami zlepcov a bridlíc.

Lalokovitý tvar má 18 kamenných ľadovcov. Dĺžky lalokovitých kamenných ľadovcov sa pohybujú v rozmedzí 50—270 m a šírky v rozmedzí 70—650 m.

Prevládajúcim typom sú jazykovité kamenné ľadovce. Tento tvar má 29 kamenných ľadovcov. Dĺžky sa pohybujú v rozmedzí 130—1650 m a šírky v rozmedzí 50—300 m. Lyžicový tvar majú iba dva kamenné ľadovce. Vo východnej časti Tatier vychádza kamenný ľadovec tohto tvaru z kotla Rumanových plies pod Vysokou. Je dlhý 800 m, široký 160 m s rozšírenou časťou 280 m a v západných Tatráh prúdi v Smutnej doline (záver Roháčskej doliny), vychádzajúci spod Troch Kôp. Je to u nás najdlhší kamenný ľadovec. Má dĺžku 1950 m, šírku 150 m, v rozšírenej časti je široký 350 m.

54 % zo všetkých doteraz nájdených kamenných ľadovcov na území ČSSR smeruje na SZ, S a SV. Prevažná väčšina kamenných ľadovcov pohybujúcich sa na S je však oveľa



Obr. 4. Pohľad na časť kamenného ľadovca v kotle pod Skriniarkami.

Foto T. Maňar

výraznejšia, pretože sme do štatistiky nezahrnuli kamenné ľadovce na S od hlavného hrebeňa, ktoré sa nachádzajú na poľskom území. Napríklad rozľahlé kamenné ľadovce v ľadovcových kotloch a trógoch pod Volovcom, Deravou, Končistou, Klinom, Banistou, Blyštom, Kamenistou, Kopou Kondrackou a Kasprovým Vrchom.

Južnú a juhovýchodnú orientáciu má 26 %, západnú 8 % a východnú 12 % kamenných ľadovcov.

Najlepšie vyvinuté kamenné ľadovce sú v západných Tatrách. Okrem už spomínaného lyžicovitého kamenného ľadovca v závere Rohácskej doliny sú ešte mohutné zvyšky jazykovitých kamenných ľadovcov v kotle pod Baníkovom (dĺžky 1640 m), pod Skriniarkami (1300 m), v kotle medzi Prednou Spálenou a Zadnou Spálenou (830 m), v doline Vreca pod Pachoľou (730 m), v Spálenom žľabe pod Salatínskym vrchom (640 m) a v závere Bobroveckej doliny (510 m).

Vo východnej časti Tatier je mnoho kamenných ľadovcov zasypaných mohutnými úsypmi. V mnohých ľadovcových kotloch, ale i trógoch sú najmä lalokovité kamenné ľadovce úplne prekryté. Pekným príkladom prekrytia kamenného ľadovca je jazykovitý kamenný ľadovec v kotle Terianskych plies, má viditeľnú dĺžku 420 m a šírku 80 m, ktorého väčšia časť (asi 60–70 %) je pod úsypmi zo severnej steny Kriváňa.

Okrem spomínaného lyžicovitého kamenného ľadovca v kotle Rumanových plies sú väčšie kamenné ľadovce pod Bradavicou (780 m), nad Batizovským plesom (850 m), ďalej vo Furkotskej doline, vo Veľkej Studenej doline, v okolí Dračieho pleska, v kotle Žabích plies atď.

V Nízkych Tatrách sú najzachovalejšie zvyšky kamenných ľadovcov v kotloch pod

Chopkom (dĺžky 980 m), Derešami (780 m), Ďumbierom (650 m), Štiavnicou (620 m), Chabencom, Strednou Hoľou a Bartkovou.

V ďalšom podrobnejšie opíšeme niektoré výrazne zachované príklady kamenných ladovcov.

## 5. 1 KAMENNÝ LADOVEC V ZÁVERE ROHÁČSKEJ DOLINY

Tento, na našom území najväčší kamenný ladovec vznikol v kotle pod Tromi Kopami (mapa 3). Materiál kamenného ladovca pochádza z východných stien Troch Kôp. Strmé skalné steny z kremitých dioritov až dvojsludových granodioritov sa rozpadávajú a rozpadávajú na blokové a kamenité sutiny. Koreňovú zónu kamenného ladovca pokrývajú mohutné úsypy.

Kamenný ladovec prechádza najprv kotlom v severovýchodnom smere asi 1200 m a potom sledujúc dolinu sa stočil severným smerom. Keďže vytekol do širšieho údolia, jeho čelo sa lyžicovite rozlialo (obr. 1). V hornej a hlavne strednej časti kamenného ladovca sú dobre vyvinuté pozdĺžne valy a ryhy, kým v dolnej lyžicovite sa rozširujúcej časti prevládajú priečne formy mikroreliefu ako dôsledok častej zmeny rýchlosti pohybu kamenného ladovca.

Celková dĺžka kamenného ladovca je 1950 m. Priemerná šírka nerozšírenej časti je 150 m. Horná časť je však zasypaná úsypmi zo severnej steny Plačlivého. Dá sa predpokladať, že šírka kamenného ladovca v tejto časti bola okolo 200 m. Šírka spodnej rozšírenej časti je priemerne 350 m.

## 5. 2 KAMENNÉ LADOVCE V KOTLE POD BANÍKOVOM

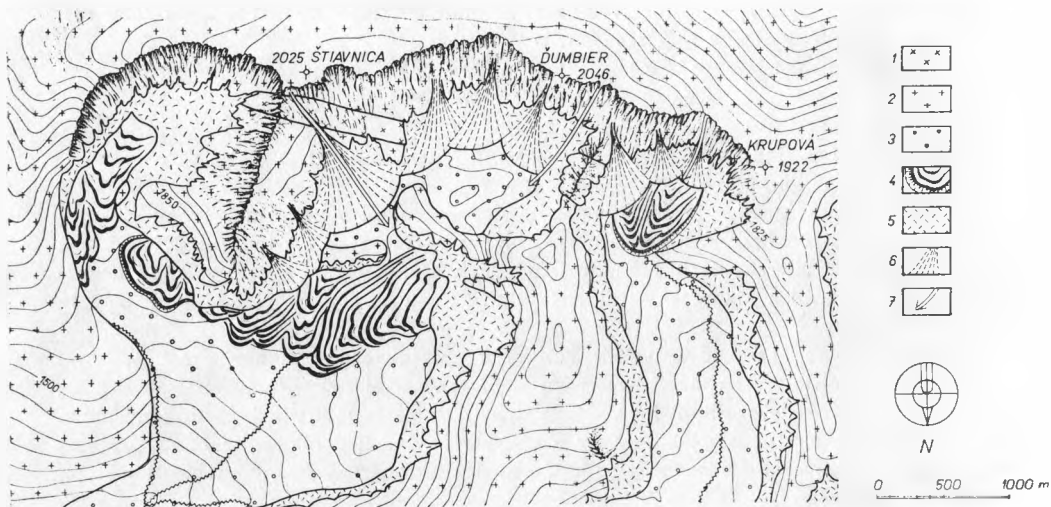
Na mape 4 sú vykreslené kamenné ladovce v kotle pod Baníkovom a kamenný ladovec v kotle medzi Prednou Spálenou a Zadnou Spálenou.

V kotle pod Baníkovom sa vytvoril dlhý (1640 m) jazykovitý kamenný ladovec o priemernej šírke asi 190 m. Pôvodne bola priemerná šírka oniečo väčšia (asi 240 m), ale časť je prekrytá úsypmi zo severozápadnej steny Baníkova. Koreňovú oblasť má pod Pachoľou, kde vznikol zo sutín kremitých dioritov a gradioritov. Má veľmi dobre zreteľné pozdĺžne formy mikroreliefu, ktoré sú zdôraznené, zrejme, aj vodnou eróziou. Priečne formy mikroreliefu sú menej výrazné.

Výraznejšie priečne formy má kamenný ladovec, ktorý má koreňovú zónu pod Hrubou Kopou (obr. 2). Pozdĺžne formy tu nedosahujú čelo kamenného ladovca. Ide o prechodné štádium medzi lalokovitým a jazykovitým kamenným ladovcom. Dĺžka kamenného ladovca je 300 m, jeho šírka 270 m. Koreňová časť je však prekrytá mohutnými úsypmi.

## 5. 3 KAMENNÉ LADOVCE V KOTLOCH POD DEREŠAMI

V kotle východne od kóty Dereše sa vyvinul kamenný ladovec pomerne veľkej plošnej rozlohy (obr. 3). Z pôvodných lalokovitých kamenných ladovcov sa v strednej časti vyvinul jazykovitý prúd s dobre pozorovateľným vysokým čelným valom (výšky priemerne 25 m). Pozdĺžne formy kamenného ladovca sú zdôraznené súčasnou vodnou eróziou. Najmä koreňová časť a západná časť kamenného ladovca je silne rozplavená. Priečne formy mikroreliefu sú však i napriek účinkom vodnej erózie v niektorých častiach dobre pozorovateľné. Jemnejšie formy mikroreliefu sú však zastreté. Tvorba



Mapa 6. Kamenné ľadovce v kotloch pod masívom Ďumbiera.

1 — granitizované biotitické pararuly (proterozoikum), 2 — biotitické granodiority a kremité diority (paleozoikum), 3 — bloky a štrky morénových uloženín, 4 — fosilne kamenné ľadovce, 5 — hlinito-kamenité sutiny, 6 — opadové kužele, úsypy, 7 — kamenné prúdy (3–7 kvartér).

úsypov je i v súčasnosti značná. Časť koreňovej zóny kamenného ľadovca je nimi prekrytá.

V kotle západne od kóty Dereše vznikol menší kamenný ľadovec, ktorý pretiekol z kotla do trógu. Jeho formy sú dosť zastreté. Zaujímavé je, že nevznikol lyžovitý tvar po prechode do trógu, keďže šlo o pomerne malý kamenný ľadovec limitovaný malými rozmermi zdrojovej oblasti.

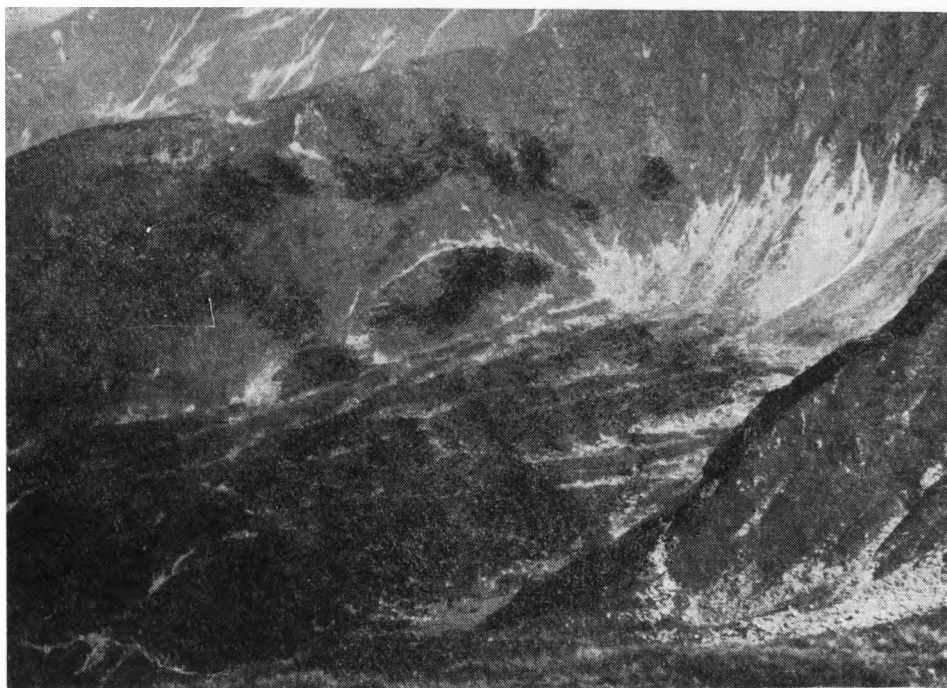
#### 5. 4 KAMENNÉ ĽADOVCE POD ĎUMBIEROM

Celkové sa pod masívom Ďumbiera nachádzajú štyri kamenné ľadovce (mapa 6). Popíšeme ich postupne od východu smerom na západ.

V kotle pod Štiavnicou sa vyvinul kamenný ľadovec jazykovitého tvaru. Viditeľná časť má dĺžku 620 m, ale v koreňovej zóne je viac ako na 200 m prekrytý úsypmi spod Štiavnice. Priemerná šírka je 170 m. V strednej časti sú priečne formy mikroreliefu silne zmazané vodnou eróziou.

Druhým v poradí je typický lalokovitý kamenný ľadovec. Jeho šírka je 300 m a dĺžka 160 m. Dobré je vyvinutý čelný val, kým ostatné formy pôsobia dosť chaoticky vďaka erózii. Výraznejšie sú iba v menšej oblasti pri bokoch kamenného ľadovca.

Ďalším je mohutný kamenný ľadovec, ktorý sa vyvinul pod ľavým svahom trógu a pohyboval sa diagonálne k jeho osi. Neskoršie sa pravdepodobne spojil s kamenným ľadovcom vzniknutým pod pravým svahom. Má veľmi dobre vyvinuté priečne formy a zvláštnu, jemnú kresbu mikroreliefu. V kotloch nad týmto kamenným ľadovcom sme nenašli známky zvyškov fosilných kamenných ľadovcov, hoci v oboch susedných kotloch sú.



Obr. 5. Pohľad na kamenný ľadovec v kotle pod Volovcom.

Foto T. Ma h r

Posledným, najzápadnejším z tejto série je kamenný ľadovec v kotle pod Krupovou Hoľou. Ide o kamenný ľadovec v štádiu prechodu od lalokovitého k jazykovitému typu. Jeho najväčšia viditeľná dĺžka je 270 m a šírka 280 m. V koreňovej zóne je asi na dĺžke 100 m prekrytý úsypmi. Má dobre vyvinutý čelný val a hrubú kresbu mikroreliefu, čím silne kontrastuje s predchádzajúcim.

## 6. ZÁVER

Kamenné ľadovce sú fenomén, ktorý znamená definitívny ústup ľadovcovej klímy a tvorby ľadovcov v Tatrách. Sú dôkazom toho, že mierna klíma nenastúpila náhle, ale naopak, že medzi mierkou klímou dnešného charakteru a klímou ľadovej doby uplynulo pomerne dlhé obdobie prechodnej klímy dosť chladnej na to, aby sa pod jej vplyvom tvorili kamenné ľadovce. Z rýchlosti pohybu, ktorá sa pohybuje okolo 40–60 cm za rok a priemernej dĺžky kamenných ľadovcov sa dá odhadnúť, že toto chladné obdobie po ústupe posledného ľadovca trvalo ešte asi 2,5–3 tisíc rokov.

Kamenné ľadovce sú po ústupových morénach poslednou morfológickou formou, na ktorej vzniku sa ešte zúčastnil ľad. Nástupom miernej klímy sa intersticiálny ľad roztopil, pohyb kamenných ľadovcov ustal a už nikdy viac sa neobnovil. Fosílné kamenné ľadovce v Tatrách predstavujú dnes stabilné územia poskytujúce vhodné základové pôdy pre akúkoľvek výstavbu.

1. CAPPS, S. R.: Rock glaciers in Alaska. *Jour. Geology* v., 18, 1960, s. 359—375. — 2. DE MARTONE, E.: Le rôle morphologique de la neige en Montagne. *La Geographie* v., 34, 1920, s. 255—267. — 3. DOMARADZKI, J.: Blockströme im Kanton Graubünden: Ergebnisse Wiss. Untersuchungen Schweiz. Nationalparks Bd. 3, No 23 (Arb. Geogr. Inst. d. Univ. Zurich, ser. A), No 54, 1951. — 4. CHAIX, A.: Coulées de blocs (rock glaciers, rock streams) in the Swiss National Park of the lower Engadine: *Soc. Physique et d'Histoire Naturelle de Geneve, Compte rendu des seances*, v., 36, No 1, 1919. — 5. CHAIX, A.: Les coulées de blocs du Parc National Suisse d'Engadine. *Le Globe. Genève*, v., 62, 1923, p. 1—34. — 6. CHAIX, A.: Les coulées de blocs du Parc National Suisse, Nouvelles mesures et comparaison avec les „rock streams“ de la Sierra Nevada de California: *Le Globe (Organine de la Societé de Geographie de Geneve)*, v., 82, 1943. — 7. KESSELI, J. E.: Rock streams in the Sierra Nevada: *Geog. Rev.*, v., 31, 1941. — 8. LLIBOUTRY, L.: Internal moraines and rock glaciers: *Jour. Glaciology*, v., 2, 1953. — 9. MATVEJEV, S. N.: Les coulées pierres (rock streams): *Problemy Fizicheskoi Geografii*, v., 6, 1938. — 10. NANGERONI, G.: Neve-acqua-ghiaccio; fenomeni orionivali delle regioni periglaciali nelle Alpi Italiane: Como, Italy, Antonio Noseda, publisher., 1954.
11. NEMČOK, A.: Gravitačné svahové deformácie vo vysokých pohoriach slovenských Karpat. *Sbornik geol. věd, rada HIG*, 10, 1972. — 12. PARTSCH, J.: Die Hohe Tatra zur Eiszeit. Leipzig., 1923. — 13. PETRÁNEK, J.: Skalní ledovec u Malé Morávky v Hrubém Jeseníku. *Přírodověd. sborník ostravského kraje.*, 14, 1953. — 14. RICHMOND, G. M.: Comparison of rock glaciers and block streams in the La sal Mountains, Utah: *Geol. Soc. America Bull.*, v., 63, 1952. — 15. SALOMON, W.: Arktische bodenformen in den Alpen. *Heidelberger Akad. Wiss., Math-natur. Kl., Sitzungsber. Jahrg. 1929, Abh.* 5. — 16. WAHRHAFTIG, C.: The frost-moved rubbles of Jumbo Dome and their significance in the Pleistocene chronology of Alaska: *Jour. Geology*, v., 57, 1949. — 17. WAHRHAFTIG, C.: Observations on rock glaciers in the Alaska Range (Abstract): *Geol. Soc. America Bull.*, v., 65, 1954. — 18. WAHRHAFTIG, C., COX, A.: Rock glaciers the Alaska Range. *Bull. of the Geol. Society of America* 70. 4. Rochester 1959. — 19. WHITE, S. E.: Debris falls at the front of Arapaho rock glacier, Colorado. *Front Range Geografiska Annaler* — 53 A, 1971, s. 86—91.

Arnold Nemčok, Tibor Maňr

#### FOSSIL ROCK GLACIERS IN TATRAS

Rock glaciers are creeping masses of blocky debris cemented by interstitial ice, forms conspicuous deposits in glacial cirques and at the heads of glacial valleys. The curious microrelief of the upper surface of rock glaciers, gives them the general appearance of mud, or lava flows (Fig. 1—5).

Rock glaciers require for their formation a near-glacial climate, cold enough for forming ice in interconnected voids. Conditions were favorable for the formation of rock glaciers in the Tatry and Nízke Tatry mountains mainly at the end of the Würm period, when the last glaciers thawed.

There are many inactive rock glaciers in Tatras. The schematic maps of the Tatry (Map 1) and Nízke Tatry mountains (Map 2) showing 49 fossil, inactive rock glaciers we found out. They kept their conspicuous morphological features when creeping stopped after thawing of the interstitial ice. Fluvial erosion and slope modelling gradually modified and partially buried these forms.

The rock glaciers are predominately derived from rocks weathering into approximately equidimensional blocks and fragments. These rocks form talus that has large interconnected voids in which ice can accumulate. 42 rock glaciers (from 49) lie in areas consisting of granodiorite and quartz-diorite. Four rock glaciers rest on metamorphic rocks of intrusive origin, two rock glaciers on metamorphic rocks of sedimentary origin and only one rock glacier we found, lies in sedimentary rocks (lower Triassic quartzite with conglomerate and slate).

There are three types of rock glaciers. Lobate, in which the length is less than the width; tongue-shaped, in which the length is greater than the width; and spatulate, tongue-shaped but with an enlargement at the front (C. Wahrhaftig and A. Cox, 1959). Lobate form have 18 rock glaciers. Their widths range from 70 to 650 meters, and their lengths from 50 to 270 meters. Tongue-shaped are 29 rock glaciers. They are 130—1.650 meters long and 50—300 meters wide. There are only two spatulate inactive rock glaciers in Tatras. The first of them lies in Roháčska dolina valley (Map 3). This is the longest rock glacier in Tatras. Its length is 1.950 meters, width 150 meters and the laterally spread front of rock glacier is meters wide (Fig. 1). The second spatulate rock glacier flowed from the cirque of Rumanové plesá.

Fossil rock glaciers are mostly in cirque below the central ridge of both the Vysoké Tatry and the Nízke Tatry mountains. In the Vysoké Tatry mountains some rock glaciers were preserved on the northern side of the main ridge in Polish territory.

In the eastern part of the Tatry mountains larger rock glaciers are in Veľká Studená dolina, in the cirque of Rumanové plesá, in the cirques of Žabie pleso and Dračie plesko, over the lake Batizovské pleso and below Bradavica. In the western part of the Tatry mountains they are in Roháčska dolina valley, in the cirques below Skriniarky and Salatín, between Predná and Zadná Spálená and at the head of the valley Vreca. In the Nízke Tatry mountains bigger fossil rock glaciers were preserved in cirques below Dereše (Map 5), Chabeneč, Dumbier (Map 6), Stredná Hoľa and Bárťková.

The rock glaciers are the last morphologic form in Tatras which shaped with assistance of ice. The fossil rock glaciers represents stable areas for foundation of buildings today.

Translated by T. M a h r

Map 1. A map of rock glaciers in the Tatry mountains.

Map 2. A map of rock glaciers in the Nízke Tatry mountains.

Map 3. A map of rock glaciers on the head of valley of Roháčska dolina.

1 — Biotitic quartzdiorites and granodiorites (Palaeozoic), 2 — blocks and gravels of glacial deposits, 3 — fossil rock glaciers, 4 — rock streams, 5 — slope debris, 6 — talus cones (2—6 Quaternary).

Map 4. A map of rock glaciers in the glacial cirque below Baníkov peak.

1 — Biotitic quartzdiorites and diorites (Palaeozoic), 2 — blocks and gravels of glacial deposits, 3 — fossil rock glaciers, 4 — rock streams, 5 — slope debris, 6 — talus cones (2—6 Quaternary).

Map 5. A map of rock glaciers in the glacial cirque below Dereše peaks in the Nízke Tatry mountains.

1 — Biotitic quartzdiorites and diorites (Palaeozoic), 2 — blocks and gravels of glacial deposits, 3 — fossil rock glaciers, 4 — slope debris, 5 — talus cones (2—5 Quaternary).

Map 6. A map of rock glaciers in the glacial cirques below Dumbier peak.

1 — Biotitic paragneisses (Proterozoic), 2 — biotitic quartzdiorites and granodiorites (Palaeozoic), 3 — blocks and gravels of glacial deposits, 4 — fossil rock glaciers, 5 — slope debris, 6 — talus cones, 7 — rock streams, (3—7 Quaternary).

Fig. 1. Aerial view on the enlarged frontal part of spatulate rock glacier on the head of valley of Roháčska dolina (Voj. topografický ústav).

Fig. 2. Aerial view of rock glaciers in the glacial cirque below Baníkov peak (Voj. topografický ústav).

Fig. 3. Aerial view of rock glaciers on northern slopes of main ridge of the Nízke Tatry mountains between Chopok and Dereše peaks (Voj. topografický ústav).

Fig. 4. Lateral view on the rock glaciers in the glacial cirque below Skriniarky peak  
Photo T. M a h r

Fig. 5. Lateral view on the rock glacier in the glacial cirque below Volovec peak  
Photo T. M a h r