

JJO. 814 * JJA. 332 (437.64 +
712.3)

Interpretace leteckých snímků při studiu glaciálních jevů v horských oblastech

(10 obr. v textu)

ANTONÍN SVATOŠ*

Интерпретация аэросъёмок при изучении гляциальных явлений в гористых районах

На основании трёх примеров автор доказывает, что интерпретацию аэросъёмок можно применить при изучении гляциальных явлений в гористых районах. Для этого использовал аэросъёмки Высоких и Низких Татьер а также Скальных гор.

Interpretation of aerial photographs as a tool for examination of glacial features in montaneous regions

On three examples, the author emphasizes possibilities of aerial photograph analysis as a tool for examination of glacial features in montaneous regions. Possibilities of interpretation are explained on aerial photographs taken from High Tatra Mts., Low Tatra Mts. and from the Rocky Mountains.

Úvod

Geologická interpretace leteckých snímků přináší nejvíce použitelných poznatků především v územích bez vegetace nebo jen s minimálním vegetačním krytem. Tomuto požadavku vyhovují oblasti aridního, popř. semiaridního klimatu, dále oblasti subpolární a horské masívy vystupující nad pásmo lesů. V takových územích jsou horniny předkvartérního podkladu obvykle jen málo zakryty zvětralinovými pláštěmi, což usnadňuje určení horninových typů a lokalizaci geologických rozhraní. Čtvrtohorní uloženiny v uvedených oblastech obvykle tvoří typické terénní tvary, jako např. přesypy, suťové kužele, morény apod., které nejsou zastírány rostlinstvem ani rozrušovány obděláváním půdy. Morfologická analýza, která je hlavním nástrojem geologické interpretace leteckých snímků, potom umožňuje určit druh i původ těchto sedimentů. Proto lze i v naší republice úspěšně využít leteckých fotografií při průzkumu glaciálních jevů v horských oblastech zaledněných v pleistocénu. Je to jeden z mála příkladů účelního uplatnění geologické interpretace leteckých snímků

* †Ing. Antonín Svatoš, CSc., Stavební geologie, n. p., 113 09 Praha 1, Gorkého 7.

u nás, kde tato jinak efektivní nepřímá průzkumná metoda nemá příhodné podmínky pro širší aplikaci.

Hlavní zásady využití leteckých fotografií při studiu glaciálních jevů lze najít ve všech učebnicích snímkové interpretace v geologii. Sem patří např. práce Leudera (1959), Raye (1960), W. C. Millera a C. F. Millera (1961), Petrusoviče (1962) nebo Schneidera (1974). V těchto učebnicích jsou také jako názorné ilustrace uvedeny i letecké fotografie zachycující současně nebo v minulosti zaledněná pohoří. Dále existuje celá řada studií, v nichž autoři popisují konkrétní výsledky snímkové analýzy při zkoumání glaciálních jevů v různých pohořích světa. Tak již v letech 1930–1940 bylo použito leteckých fotografií pro topografické a geologické mapování ledovců na Aljašce, jak se o tom zmiňuje Washburn (1941). Hagen (1952) publikoval obsáhlejší práci o geologické interpretaci leteckých snímků, v níž uvedl všeobecně platné zásady této průzkumné metody a jako příkladu použil výsledků snímkové analýzy z pohoří Säntis ve Švýcarsku, které bylo v minulosti zaledněno. Na leteckých fotografiích této oblasti mohl velmi dobře sledovat průběh morén a objevil i některé nové morénové valy, které nebyly zjištěny při běžném pozemním mapování. V polských Tatrách sloužily letecké i pozemní snímky při mapování čtvrtohorních uloženin v dolině Pěti stavů polských, jak to popsal Hakenberg (1959). Pracoval přitom s fotografiemi v měř. 1 : 20 000, na nichž byl mimo jiné dobře vidět i průběh morén. Upozornil i na to, že plochy ležící v hlubokém stínu hřebenů nelze analyzovat, což je nevýhodou snímků z vysokohorských oblastí. Jak vyplývá ze zprávy Guzika (1961), byly letecké i pozemní fotografie podkladem pro sestavení geologické mapy polských Tater v měř. 1 : 10 000. Analýzou leteckých snímků v měř. 1 : 12 000 až 1 : 15 000 z vysokohorského území Vysokých Tater se zabýbal Holzer (1960). Při snímkové interpretaci se mu podařilo rozlišit pleistocenní morénové valy od recentních, dále skalní zřícení, suťové kužele a osypy i terasy z přemístěného morénového materiálu. Dibner (1962) zkoumal oblasti současného zalednění v Zemi Františka Josefa, přičemž analýzu leteckých fotografií doplnil i přímým pozorováním z letadla. V Kanadě, v oblasti Jukonu, použil ke glaciologickým studiím svislých i šikmých leteckých snímků Krinsley (1965). Velmi názornou stereoskopickou trojici leteckých fotografií s typickými glaciálními akumulacemi i erozními formami z And v Volumbii uveřejnili Klobzi a Pichot (1970). Současně uvedli i výsledky snímkové interpretace z tohoto v minulosti zaledněného území. Klobzi (1970) sám publikoval obdobně zpracovanou stereotrojici leteckých snímků z jiné části And v Columbii, na nichž analyzoval glaciální jevy současného zalednění. Movia a Holvoet (1976) porovnávali fotografie z družice ERTS 1, pořízené ve dvou pásmech záření. Tyto snímky v měř. 1 : 000 000 zachycovaly část jižní Argentiny a byly na nich zobrazeny též glaciální sedimenty dobře rozlišitelné jen v pásmu 0,6–0,7 μm . Konecny (1964) se zabýval využitím leteckých snímků k topografickému mapování ledovců a sledování rychlosti jejich pohybu v západní Kanadě.

V oblastech vysokohorského zalednění se vyskytují také kamenné ledovce, které představují přechod mezi formami glaciálními a formami vytvořenými svahovými pohyby. Protože mají typické morfologické tvary, lze je velmi dobře sledovat na leteckých snímcích. To prokázali Wahrhaftig a Cox (1959) ve své klasické studii o kamenných ledovcích na Aljašce. Leteckých fotografií použil jako ilustrací k článku o kamenných ledovcích v Mount Mestas v Coloradu Johnson (1967).

U nás upozornil na možnost využití snímkové interpretace při studiu glaciálních jevů Svatoš (1959), který uveřejnil leteckou fotografii Velické doliny spolu s její interpretací. Nemček a Pašek (1969) uvedli ve své studii o gravitačních deformacích horských svahů tři snímky ze z. části Vysokých Tater, na nichž jsou kromě zkoumaných procesů zachyceny též glaciální jevy. Zjišťováním gravitačního porušení horských svahů na leteckých fotografiích se zabýval Svatoš (1974). Při snímkové analýze věnoval pozornost i ledovcovým jevům. Týž autor (1975) poukázal také při

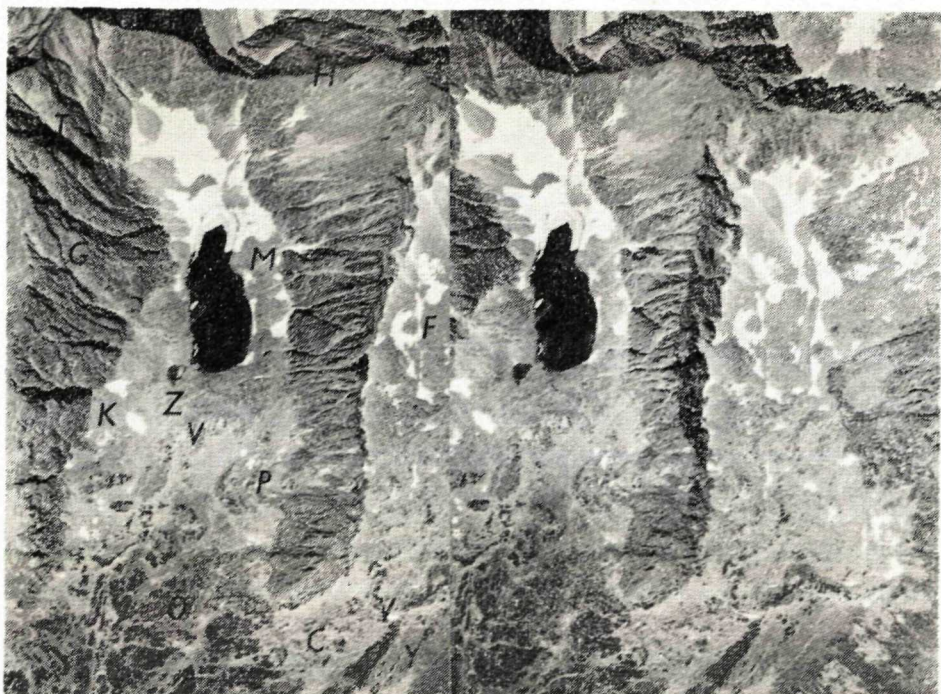
rozboru leteckých fotografií zobrazujících rozsáhlou deformaci horského hřebene Grešové na to, že snímkové analýzy lze využít i k studiu glaciálních forem. Mohr a Baliak (1974) předložili mapu fosilních kamenných ledovců ze s. svahu Dumbieru, k jejímuž sestavení zřejmě použili leteckých fotografií. Nemček a Mahr (1974) studovali s pomocí leteckých snímků fosilní kamenné ledovce ve Vysokých a Nízkých Tatrách. Ve své práci uveřejnili tři fotografie těchto forem povrchového plouzení a několik detailních map, v nichž byly kamenné ledovce zakresleny podle interpretace.

Z uvedeného přehledu je patrné, že se u nás dosud nikdo nezabýval přímo rozбором zásad interpretace leteckých snímků při studiu glaciálních jevů. Pokusil jsem se proto na několika příkladech vysvětlit principy snímkové analýzy, zaměřené na vyhledávání akumulčních i erozních ledovcových forem v horských oblastech.

Význam používaných termínů z oboru snímkové interpretace je vysvětlen v již dříve citovaných zahraničních učebnicích nebo česky např. v práci Svatoše (1974) či Dorniče (1975).

Vysoké Tatry v oblasti Važecké a Suché doliny

Na obr. 1 je stereoskopická dvojice leteckých fotografií v měř. 1 : 12 000 zachycující oblast Važecké (vlevo s plesem) a Suché doliny (vpravo) ve Vysokých Tatrách v. od Kriváně (2494 m n. m.). Obrázek 2 ukazuje výsledky geologické interpretace těchto snímků. Obě doliny byly v minulosti zaledněny, takže jde o vysokohorské území modelované převážně ledovcovou činností. I bez stereoskopu lze na fotografiích snadno rozlišit horské hřebeny a jejich svahy budované pevnými horninami předkvartérního podkladu (G) od čtvrtohorních uloženin vyplňujících dna obou dolin. Horské hřebety mají tmavší fotografický tón a jako další rozpoznávací znak je na nich vidět charakteristická kresba tvořená sítí erozních rýh. Textura jejich obrazu je až hrubá. Na dně dolin lze rozeznat suťové kužele (K) spojené často v souvislé osypy, které lemují úpatí svahů. Místy jsou vidět i morénové valy (V) jako např. při ústí Suché doliny. Jsou zdůrazněny obvykle porostem kleče. Také jezero (Zelené kriváňské pleso — J) je na snímku snadno rozeznatelné podle černého fotografického tónu. K podrobné interpretaci snímků je však třeba použít stereoskopu. V něm můžeme pozorovat prostorový optický model celého zkoumaného území a podrobit jej morfologické analýze. Protože tento prostorový model je značně převýšen, lze na něm dobře rozlišit jednotlivé erozní i akumulční terénní tvary. Jasně je patrný ledovcový původ obou dolin, které mají typický tvar trogu s podříznutými svahy. Hrany trogů i karů (T) lze ve stereoskopu dobře vymezit. Typ hornin, budujících horské hřebety a údolní svahy, nelze analýzou snímků přesně určit. Protože na obrazech rozsáhlých výchozů (G) není patrné žádné usměrnění ani střídání různých poloh hornin, lze soudit, že horský masív je budován nějakými hlubinnými vyvřelinami nebo silně metamorfovaným krystalinikem (ve skutečnosti jde o granodiority). Na horských svazích lze vymezit i úseky nedotčené ledovcovou erozí (B). Mají poněkud světlejší fototón a jemně zrnitou texturu obrazu. V stereoskopu jsou dobře patrné i hřebenové linie (H). Při stereoskopické analýze lze rozeznat val staré würmské morény (W), napojující se na pravý svah Važecké doliny. Tento val má na rozdíl od mladších morén zaoblený tvar a větší rozměry. Na prostorovém modelu vystupují dále

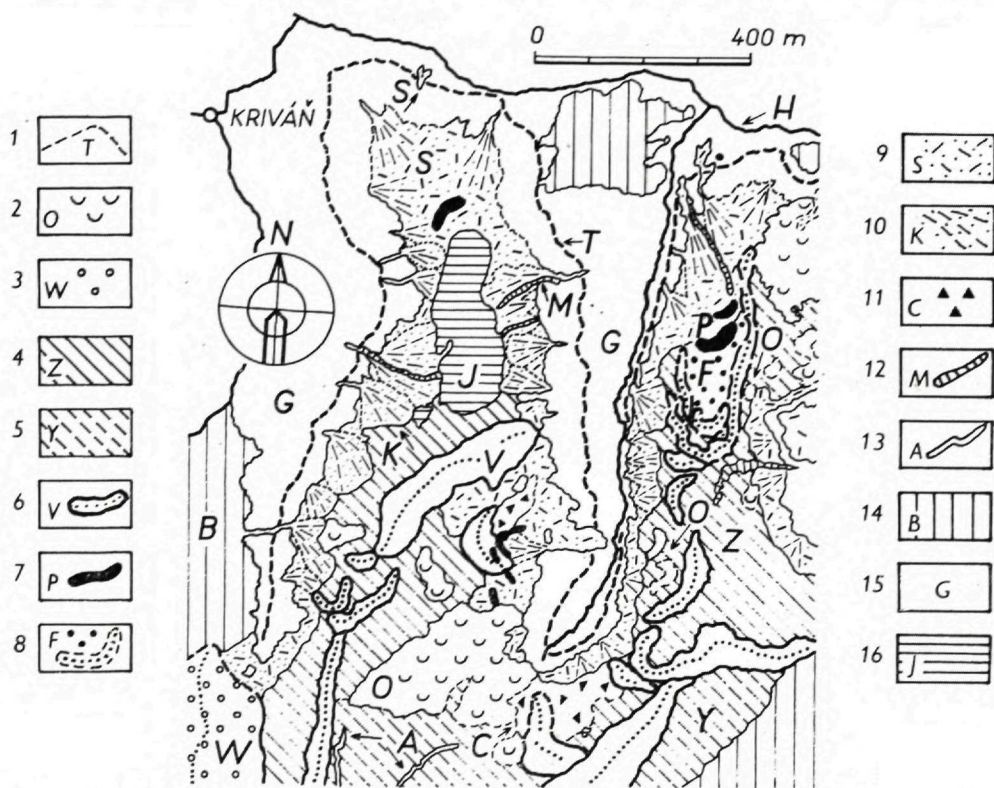


Obr. 1. Letecké snímky Vážecké a Suché doliny ve Vysokých Tatrách — měř. ca 1 : 12 000. Foto Vojenský topografický ústav
Vysvětlivky (význam písem) viz obr. 2

Fig. 1. Aerial photographs of the Vážecká dolina and Suchá dolina valleys in the High Tatra Mts. Approximative scale 1 : 12,000. Photo by Military topographic service. Explanations on the Fig. 2.

zřetelné morénové valy ústupových stadií zalednění (V). Mívají obvykle poněkud tmavší fotografický tón a často jsou porostlé klečí. Někdy jsou také vidět bělavé erozní zátrhy v morénových uloženinách (např. pod Zeleným kriváňským plesem). Drobné valy firnových morén (P) se prozradí při stereoskopickém pozorování svým tvarem. Jako další poznávací znak může sloužit vzájemný vztah pozorovaných objektů, neboť tyto morény přiléhají k patám větších suťových kuželů. Uloženiny základních morén (Z) mají světlý fotografický tón, hrubě zrnitou texturu obrazu a nepravidelně zvlněný povrch. Částečně rozplavené základní morény (Y) v nižších částech doliny mají tmavší fotografický tón, poněkud jemnější texturu obrazu a jsou místy porostlé klečí. Při stereoskopickém pozorování lze vymezit na dně dolin výchozy hornin ohlazené ledovcem do oblíků (O). Tyto plochy mívají tmavší fotografický tón a jemnější texturu než morénové sedimenty. Ve zvětšujícím stereoskopu je patrný i tvar oblíků. V závěru Suché doliny se vytvořil malý kamenný ledovec (F), jehož jazykovitý tvar je vidět i na jednotlivém snímku. Stereoskopická analýza však odhalila i koncentrické valy prohnuté ve směru pohybu a ukázala morfologii celého jevu, který vypadá, jako by vznikl stékáním velmi viskózní kapaliny. Ze svahových sedimentů jsou ve stereoskopu dobře viditelné suťové

kužele (K), neboť mají typické tvary. Kromě toho se vyznačují světlým fotografickým tónem a jemně zrnitou texturou obrazu. Závěry karů obou dolin jsou zakryty souvislou vrstvou suti (S), která se vytvořila splynutím sufových kuželů. Na některých větších kuželech jsou patrné murové proudy (M), vyznačující se světlejším tónem. Naopak murový proud nateklý na základní morénu v Suché dolině má tmavší fotografický tón než okolní uloženiny. Na jeho původ lze soudit z toho, že vychází z nápadné erozní rýhy. U zakončení hřebene oddělujícího obě doliny lze vymezit skalní zřícení (C). Má velmi hrubou texturu obrazu, nepravidelně zvlněný povrch a při zvětšení ve stereoskopu jsou vidi-



Obr. 2. Interpretace leteckých snímků Važecké a Suché doliny z obr. 1

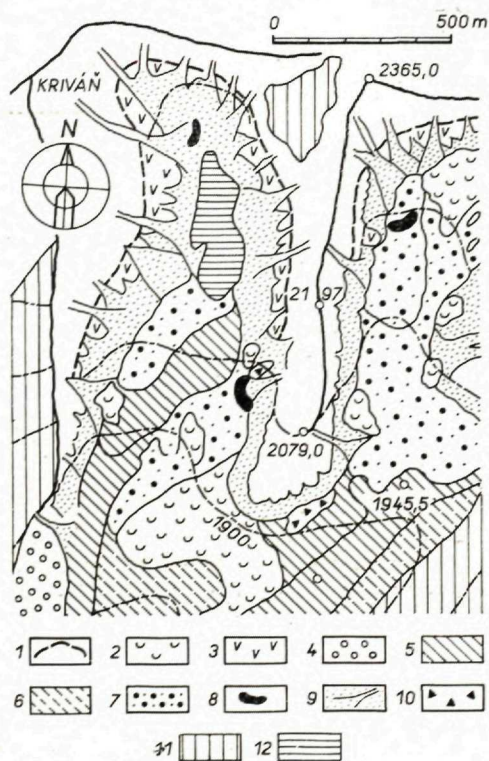
1 — hrany karů a trogů, 2 — obličky, 3 — moréna würmského zalednění, 4 — základní morény, 5 — základní morény částečně rozplavené, 6 — morénové valy, 7 — firnové morény, 8 — fosilní kamenný ledovec (s valy), 9 — kamenitá suti, 10 — suťové kužele, 11 — skalní zřícení, 12 — suťové proudy (mury), 13 — údolní nivy, 14 — horské svahy nedotčené ledovcovou erozí, 15 — granodiority, 16 — vodní plochy

Fig. 2. Interpretation of aerial photographs of the Važecká dolina and Suchá dolina valleys in the High Tatra Mts. Explanations: 1 — cirque and trough starway, 2 — ice-dressed rock, 3 — moraine of the Würm glaciation, 4 — subglacial moraine, 5 — partly floated subglacial moraine, 6 — moraine wall, 7 — firn moraine, 8 — fossil rock glacier and its wall, 9 — stone debris, 10 — talus fan, 11 — rock-fall, 12 — debris flow (mud tongue), 13 — alluvial plain, 14 — mountain slope undisturbed by glacial erosion, 15 — granodiorite, 16 — water surface

telné i jednotlivé bloky zřícených hornin. Při stereoskopické analýze byly vymezeny dvě úzké údolní nivy malých potoků (A), které na snímku mají velmi světlý fotografický tón. Na horním okraji fotografií je dobře vidět, že hřebeny vrhají na svahy velmi tmavý až černý stín, v němž nejsou patrné žádné podrobnosti. To je nevýhodou snímků z vysokohorských oblastí, neboť zastíněných ploch nemůže být využito k interpretaci. Hakenberg (1959) proto doporučoval pracovat s fotografiemi pořízenými za lehkého oparu, který zmírňuje intenzitu stínů.

Glaciální jevy ve Važecké a Studené dolině studovali Ksandr (1954) a nověji Zafko (1961). Obě doliny jsou popsány i v práci Lukniše (1973). Na obr. 3 je výsek z mapy, kterou zpracoval Zafko (1961). Zachycuje území zobrazené na leteckých fotografiích z obr. 1 a proti publikovanému originálu je zvětšen tak, aby jeho měřítko bylo podobné měřítku použitých snímků. Potom lze porovnat výsledky snímkové analýzy z obr. 2 s výsledky přímého terénního výzkumu. Toto porovnání ukazuje, že oběma metodami se dosáhlo prakticky stejných poznatků. Při interpretaci leteckých fotografií se podařilo přesněji vymezit některé morénové valy a podrobně zakreslit jednotlivé suťové kužele. Je ovšem třeba poznamenat, že Zafko (1961) patrně použil jako topografického podkladu mapy 1:25 000, což mu pochopitelně nedovolovalo zakreslit detaily dobře patrné na snímcích mnohem většího měřítko. Na rozdíl od výsledků snímkové analýzy považoval Zafko (1961) dobře zachované valy v závěru Suché doliny za morény ústupového stadia zalednění. Letecké foto-

grafie však ukázaly, že ve skutečnosti jde o fosilní kamenný ledovec, který také ve své mapce zakreslili Nemček a Mahr (1974).



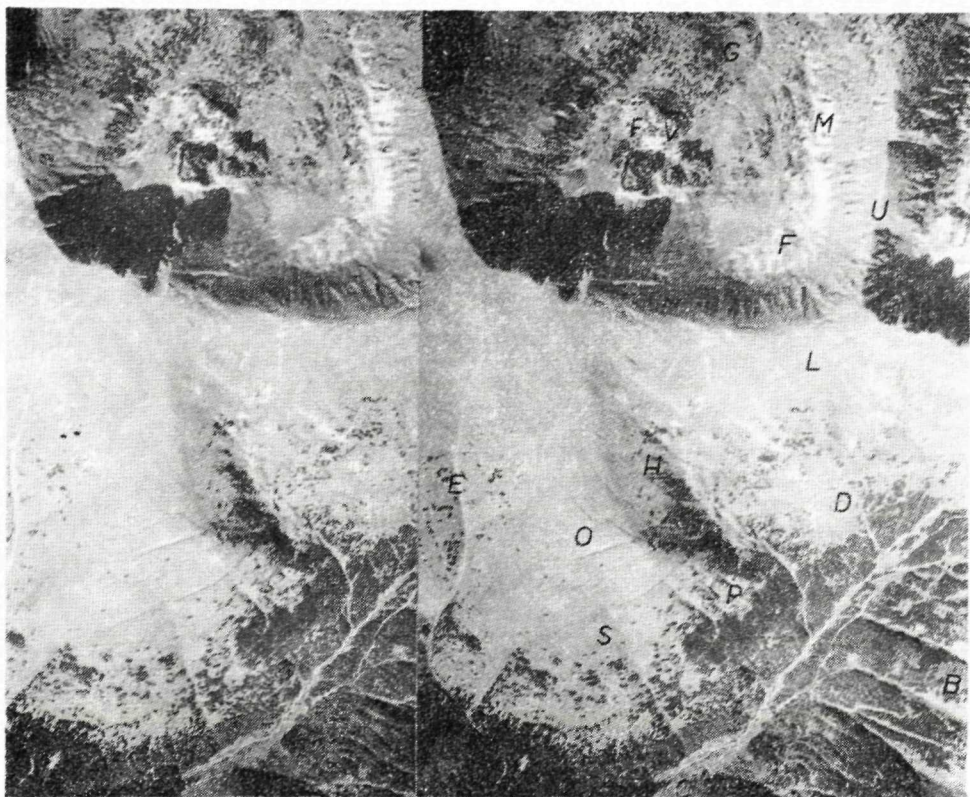
Obr. 3. Geomorfologická mapa Važecké a Suché doliny, zachycující území z obr. 1 a 2 (: zvětšený výřez z mapy Zafko 1961 :) 1 — hrany kotlů a trogů, 2 — oblíky, 3 — firnové nivační obrusy, 4 — morény W_2 , 5 — morény na dně trogů, mladší než W_2 , 6 — rozplavené morény mladší než W_2 , 7 — postglaciální karové morény, 8 — firnové morény, 9 — suťové kužele a skalní suť vcelku, 10 — skalní zřícení, 11 — „hölly“ reliéf, 12 — jezero

Fig. 3. Geomorphological map of the Važecká dolina and Suchá dolina valleys pictured in Fig. 1. and Fig. 2. (enlarged section of the J. Zafko's 1961, map). Explanations: 1 — cirque and trough stairway, 2 — ice-dressed rock, 3 — firn-alluvial abrasion, 4 — moraine W_2 , 5 — moraine on trough bottom younger than W_2 , 6 — flooded moraine younger than W_2 , 7 — post-glacial cirque moraine, 8 — firn moraine, 9 — talus fan and debris, 10 — rock-fall, 11 — "smoothed" hilly alpine relief, 12 — lake

Nízké Tatry v oblasti Chabence

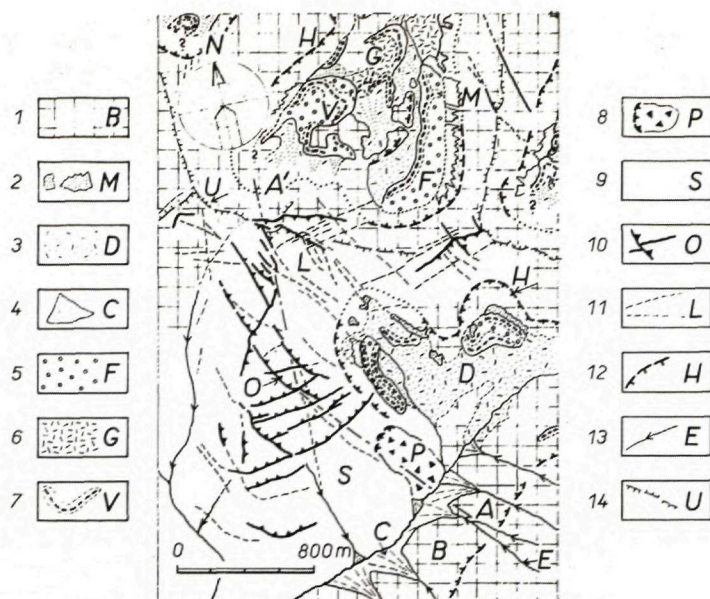
Stereoskopická dvojice leteckých snímků v měř. ca 1 : 23 000 z obr. 4 zachycuje část hřebene Nízkých Tater v oblasti Chabence (1963,0 m n. m.). Na obr. 5 jsou zakresleny výsledky geologické interpretace právě z obou fotografií. Jde opět o pohoří, které bylo v pleistocénu zaledněno, ledovce však měly malý rozsah a vytvořily se především na s. svazích horského pásma. Proto také hřeben Nízkých Tater není rozrušen ledovcovou erozí a typické glaciální formy lze najít hlavně v s. dolinách.

Hořejší část snímku z obr. 4 zachycuje právě závěr jednoho takového ledovcového údolí (dolina Chabenec). Při prohlídce jednotlivé pravé fotografie lze vyznačit průběh hlavního hřebene i k S vybíhající boční rozsochu (U). Hlavní hřeben a jeho j. svahy mají jednotný, poměrně světlý fotografický tón a jemnou texturu obrazu. Z toho lze soudit, že celý horský hřeben je budován ně-



Obr. 4. Letecké snímky hřebene Chabence v Nízkých Tatrách — měř. ca 1 : 23 000. Foto Vojenský topografický ústav
Vysvětlivky (význam písmen) viz obr. 5

Fig. 4. Aerial photographs of the Chabenec hill ridge in the Low Tatra Mts. Approximate scale 1 : 23,000. Photo by Military topographic service. Explanations in the Fig. 5



Obr. 5. Interpretace leteckých snímků z oblasti Chabence

1 — granodiority a křemenné diority (v pravém dolním rohu obr. též ortoruly), 2 — kamenná moře — suťové kužele, 3 — svahové suť, 4 — naplavené kužele, 5 — fosilní kamenné ledovce, 6 — morénové a fluvio-glaciální uloženiny, 7 — morénové valy, popř. valy v kamenném ledovci, 8 — skalní zřícení, 9 — horninový masív porušený hlubokým svahovým pohybem, 10 — rýhy — trhliny, 11 — lineární stopy, 12 — hrany karů a trogů, 13 — erozní rýhy, 14 — hřebenové linie.

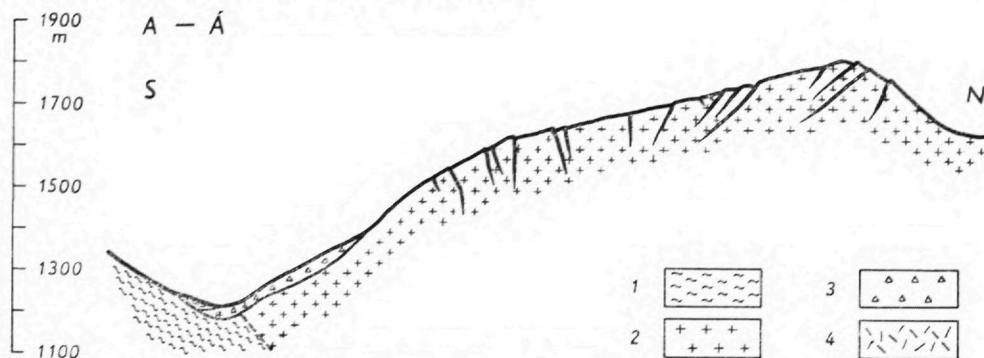
Pozn.: A — A' značí linii řezu z obr. 6

Fig. 5. Interpretation of aerial photograph of the Chabence hill ridge in the Low Tatra Mts. Explanations: 1 — granodiorite and quartz diorite (in the lower right edge even ortogneiss), 2 — block-field and debris fan, 3 — slope debris, 4 — alluvial fan, 5 — fossil rock glacier, 6 — moraine and fluvio-glacial deposit, 7 — moraine wall and starway of the rock glacier, 8 — rock-fall, 9 — mountain massif disturbed by deep slope-motion, 10 — striae and fissures, 11 — linear traces, 12 — cirque and trough stairway, 13 — erosion rill-mark, 14 — mountain ridge, A — A' — profile line of the Fig. 6

jakou hlubinnou vyvřelinou nebo nějakým silně metamorfovaným krystalikem (B). Sedimenty by se totiž prozradily střídáním měkkých a tvrdších poloh nebo změnami tónu obrazu. V západní polovině závěru doliny v horní čtvrtině snímku je vidět morénový val, zdůrazněný porostem kleče. Směrem k S od této morény lze i bez stereoskopu odhalit podle tvaru splaz malého fosilního kamenného ledovce (F), zakončený valem (V). Avšak teprve analýza prostorového optického modelu umožní odhalit všechny glaciální erozní i akumulční tvary. Především je patrné, že závěr doliny v horní třetině snímku se vlastně skládá ze dvou karů, přičemž východní je od západního oddělen skalním stupněm. Dobře lze určit hrany trogů i karů (H), s výjimkou zastíněné části hřebene. (Na obr. 5 je předpokládaný průběh těchto linií ve stínu vytečkován). Těsně u horního okraje fotografií je patrný nízký val ústupové morény (G). Stereo-

skopická analýza také potvrdila, že v závěru z. části doliny se vytvořil malý kamenný ledovec, již dříve zmíněný. Další fosilní kamenný ledovec lemuje úpatí v. karu doliny (F). Má nepravidelně zvlněný povrch s několika valy a poněkud výraznější val na obvodu. Také je nápadný světlým fotografickým tónem a zčeřenou texturou obrazu. Nemá však typický tvar připomínající splaz vzniklý pohybem velmi husté kapaliny. Na prostorovém modelu jsou také dobře patrné suťové kužele a osypy pod v. svahem karu (M). Mají velmi světlý fotografický tón a jemně zrnitou texturu obrazu.

Též na j. svahu horského hřbetu se vyskytují stopy bývalého zalednění, které však odhalí jen pozorování ve stereoskopu. Podle morfologie lze vymezit dva malé, nedokonale vyvinuté kary a vyznačit jejich hrany (H). Na dnech těchto karů ukázala stereoskopická analýza snímku nepříliš zřetelné valy, které mohou patřit buď k zbytkům morén malých ledovců, nebo firnovým morénám, popř. nedokonale vyvinutým kamenným ledovcům. Zalesněná dolina (Lomnístá) v dolním pravém rohu snímku byla rovněž modelována ledovcovou erozí. Při stereoskopické analýze je to dobře vidět hlavně na jejím levém svahu, kde lze vymezit hranu trogu. Jinak jsou na jejím dně patrné naplavené kužele (C) pod vyústěním erozních rýh (E).



Obr. 6. Řez jižním svahem Chabence, porušeným gravitační deformací (podle Nemčoka 1972)

1 — ortoruly, 2 — křemenné diority a granodiority, 3 — skalní zřícení, 4 — svahové suti

Fig. 6. Profile of the Chabence hill southern slope disturbed by gravitational deformation (according to A. Nemčok 1972). Explanations: 1 — orthogneiss, 2 — quartz diorite and granodiorite, 3 — rock-fall, 4 — slope debris

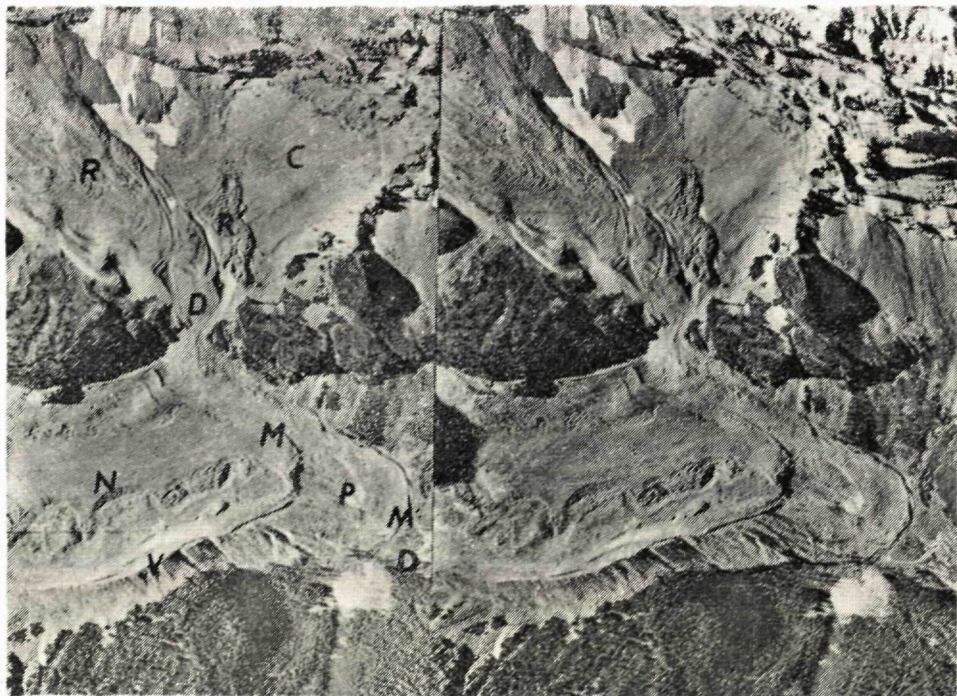
Při interpretaci snímku nemohou uniknout pozornosti světlé lineární stopy (L), které lze pozorovat hlavně na j. svahu hřebene. Mnohem nápadnější a také významnější jsou příkopovité deprese (O), které mají tmavý fotografický tón. Hlavní z nich probíhají v dolní třetině snímku paralelně se svahem. Jde o typický příznak hlubokého gravitačního porušení celého hřebene Chabence (S). Dolní, tj. do svahu zapadající stěny zmíněných příkopových rýh totiž představují výchozy smykových ploch, podle nichž se celý masív vějířovitě rozpadl, jak to názorně ukazuje obr. 6. Toto porušení, vzniklé hlubinnými plouživými pohyby popsal podrobně Nemčok (1972). Mahr a Baliak (1974) uveřejnili také geologickou mapu uvedené deformace. Svatoš (1974) vysvětlil na příkladu Chabence identifikační znaky, podle nichž lze při interpretaci leteckých fotografií rozeznat hluboké porušení svahů tohoto typu. Při

úpatí horských hřbetů postižených hlubinnými plouzivými pohyby často vznikají v porušených horninách skalní zřícení. Na leteckém snímku z obr. 4 lze takové zřícení (R) odhalit při stereoskopické analýze asi uprostřed jeho dolní třetiny. Má poněkud světlejší fotografický tón a hrubou texturu obrazu. Na prostorovém modelu je vidět odlučnou stěnu a v zalesněné části tvoří zřícené horniny typickou haldu.

Uvedený příklad ukazuje, že ke studiu glaciálních jevů v horských územích lze s úspěchem použít také leteckých fotografií v měř. asi 1 : 23 000. I při tomto poměrně malém měřítku lze při interpretaci snímků odhalit všechny podstatné erozní i akumulární ledovcové formy, vyskytující se v zobrazené oblasti.

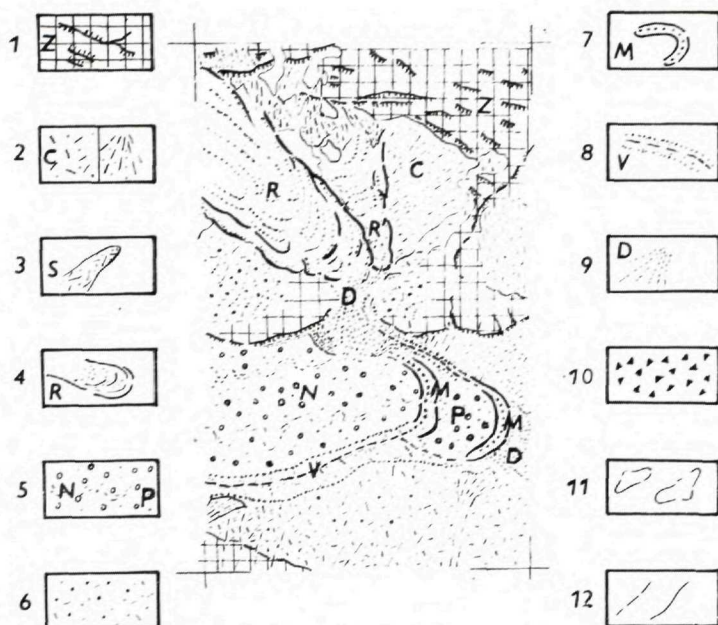
Skalnaté hory v Banffském národním parku

Obrázek 7 ukazuje výřez z leteckých fotografií v měř. ca 1 : 22 000, které zachycují část Skalnatých hor mezi Kaufmann Peaks (3096 m n. m.) a Mt. Chephren (3268 m n. m.) v Banffském národním parku (Alberta, Kanada). Jde o dosud zaledněné pohoří s reliéfem modelovaným ledovcovou erozí. Většina glaciálních forem je proto dobře rozpoznatelná, neboť není ještě rozrušena erozními pochody ani příliš zakryta svahovými sedimenty. Na obr. 8 jsou



Obr. 7. Letecké snímky Skalnatých hor v oblasti mezi Kaufmann Peaks a Mt. Chephren — měř. ca 1 : 22 000 (Foto Air Photo Division — Energy, Mines and Resources) Vysvětlivky (význam písmen) viz obr. 8

Fig. 7. Aerial photographs of the Rocky Mountains between Kaufmann Peaks and Mt. Chephren. Approximate scale 1 : 22,000 (Photographed by Air Photo Division — Energy, Mines and Resources Dpt.). Explanations on the Fig. 8



Obr. 8. Interpretace leteckých snímků Skalnatých hor z obr. 7

1 — předkvartérní horniny s vyznačenými hřebenovými liniemi a morfologicky výraznými stupni, 2 — svahové sutě a kužele, 3 — kamenný proud, 4 — kamenný ledovec s vyznačenými valy, 5 — základní moréna s vyznačenými koryty podledovcových toků; splazová pánev, 6 — fluvioglaciální uloženiny, 7 — čelní morénové valy, 8 — boční morénové valy, 9 — výplavové kužele, 10 — bloky — kamenná moře na skalním podkladu, 11 — ohraničení firnových polí, 12 — erozní rýhy

Fig. 8. Interpretation of aerial photographs of Rocky Mountains on the Fig. 7. Explanations: 1 — pre-Quaternary rock with marked ridge lines and morphological steps, 2 — slope debris and talus fan, 3 — rock-stream, 4 — rock glacier and its wall, 5 — subglacial moraine, 6 — fluvioglacial sediment, 7 — terminal moraine wall, 8 — lateral moraine wall, 9 — outwash fan, 10 — block and stone field on rocky bottom, 11 — limit of firn basin, 12 — erosion striae

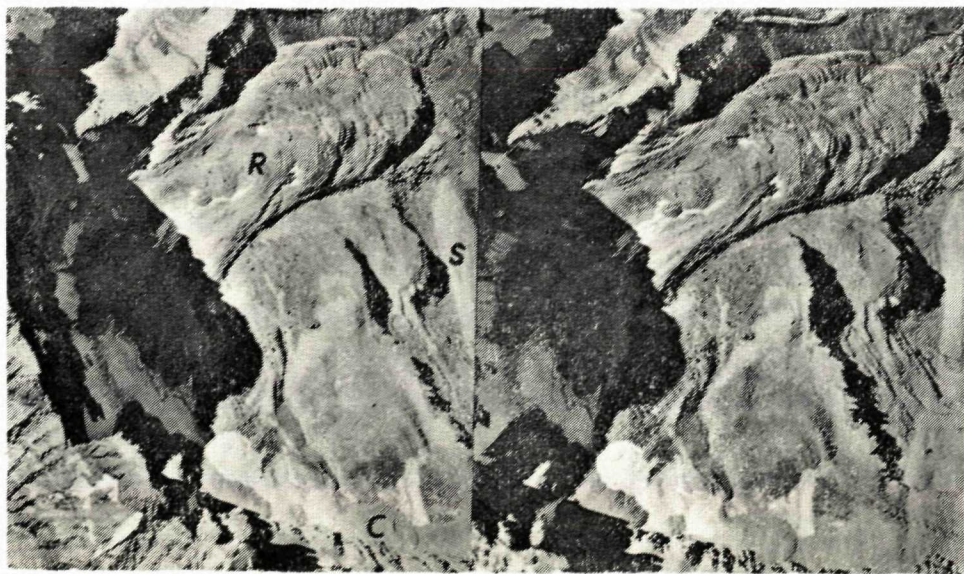
výsledky interpretace leteckých snímků z obr. 7. Tyto fotografie, stejně jako fotografie z obr. 9, interpretovala ve spolupráci se mnou M. Prosová. Současně pořídila i interpretační zákresy na obr. 8 a 10.

V dolní třetině snímku na obr. 7 je i bez stereoskopu podle tvaru rozeznatelný val pravé boční morény (V), který přechází do zřetelné koncové morény (M). V horní levé polovině snímku lze rovněž podle tvaru a podle textury obrazu rozeznat aktivní kamenný ledovec (R). Analýza optického prostorového modelu dovolí odhalit další detaily. Především je patrné, že zmíněné morénové uloženiny vyplňují dno trogu. Morfologicky vystupuje velmi nápadně val pravé boční morény s ostrým hřebenem, minimálně porušeným erozí. Na tento val navazují dvě koncové morény (M), představující oscilaci ustupujícího ledovcového splazu. Starší z obou koncových morén je sice nižší; avšak velmi typicky vyvinutá a napojuje se na val levé boční morény. Při zvětšení ve stereoskopu lze dobře pozorovat val druhé koncové morény (M) a spodní morénu (N).

V předpolí koncové morény je patrný přechodový kužel ledovcového výplavu (*D*). Prostorová analýza umožní také vymezit i levou boční morénu, která se přimyká těsně ke stěně trogu, a není proto bez stereoskopu rozlišitelná. Dále lze dobře pozorovat val druhé koncové morény (*M*) a spodní morénu (*M*). V ní je vidět meandrující koryto, které patrně vytvořily vody tekoucí pod ledovcem. Morénové sedimenty mají světlý fotografický tón a zrnitou texturu obrazu. Podle čerstvých forem popsaných glaciálních akumulací lze soudit, že byly uloženy ve velmi mladém ústupovém stadiu ledovce.

Při prostorovém pozorování lze dále velmi snadno vymezit kamenný ledovec (*R*). Jde vlastně o dva splazy, které se spojují. Levý (podle polohy na snímku), větší, přitom odtlačuje pravý, menší (*R'*). Na původních snímcích, tj. mimo publikované výřezy, bylo patrné, že každý z obou ledovců vzniká v samostatném karu. Na prostorovém modelu je dobře vidět rozdíl mezi kamenným ledovcem a morénovými uloženinami. Povrch kamenného ledovce je zvlněný a jsou na něm četné drobné paralelní valy, prohnuté ve směru pohybu. Tyto valy, na rozdíl od čerstvých morénových valů, nemají ostré hřebeny. Splaz kamenného ledovce vyplňuje dno visutého glaciálního údolí, které se napojuje zleva na hlavní trog. Podle tvaru i podle světlého fotografického tónu lze rozoznat i kužele ledovcového výplavu (*D*), které se vytvořily před čelem kamenného ledovce.

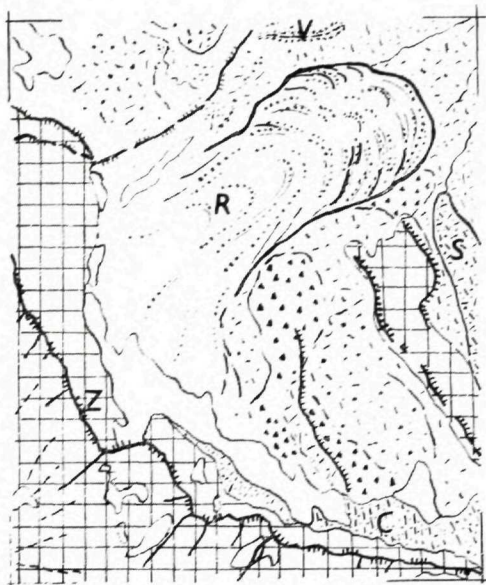
V pravém horním rohu snímku lze podle velmi hrubé textury obrazu a podle



Obr. 9 — Letecké snímky Skalnatých hor v oblasti mezi Kaufmann Peaks a Mt. Chephren — měř. ca 1 : 22 000 (Foto Air Photo Division — Energy, Mines and Resources)

Vysvětlivky (význam písmen) viz obr. 8

Fig. 9. Aerial photographs of the Rocky Mountains between Kaufmann Peaks and Mt. Chephren. Approximative scale 1 : 22,000 (Photographed by Air Photo Division — Energy, Mines and Resources Dpt.). Explanations on the Fig. 8



Obr. 10 — Interpretace leteckých snímků Skalnatých hor z obr. 9

Vysvětlivky (význam písmen) viz obr. 8
Fig. 10. Interpretation of aerial photographs of Rocky Mountains on the Fig. 9. Explanations on Fig. 8

morfologie svahu ohraničit výchozy hornin předkvartérního podkladu (Z). Protože je na nich patrná kresba naznačující zvrstvení a je vidět i střídání poloh různé odolnosti vůči erozi, lze soudit, že tyto výchozy jsou tvořeny nějakými poměrně tvrdými sedimenty. Ve skutečnosti jde nejspíše o dolomity a vápence s vložkami břidlic středního a svrchního kambria (B a i r d

(1967). Pod skalní stěnou vytvořenou těmito horninami se uložily velké osypy (C), které mají světle šedý fotografický tón a jemně zrnitou texturu obrazu.

Obrázek 9 je opět výřezem z těchže snímků jako obr. 7. Na obr. 10 jsou zakresleny výsledky interpretace fotografií z obr. 9. Na levém snímku je i bez stereoskopu patrný kar, jehož podstatná část je zastíněna hřebenem. Z tohoto karu sestupuje velmi zřetelně vyvinutý aktivní kamenný ledovec (R), dobře rozpoznatelný podle jazykovitého tvaru a zvlněné textury obrazu. Jeho morfologii je velmi dobře vidět na prostorovém modelu zobrazeného území. Splaz kamenného ledovce má v dolní části vypuklý povrch, shrnutý do záhybů a valů prohnutých směrem po svahu, tj. ve směru pohybu hmoty. Naopak v horní části je povrch ledovce vydutý, s valy lemujícími splaz. Popsaný kamenný ledovec se vytvořil v místech původního karového ledovce, který po sobě zanechal zbytek levé boční morény (V).

Na snímcích lze dále rozlišit, podle stejných znaků jako na obr. 7, horský hřeben (Z), tvořený sedimenty. Pod hřebenem, resp. pod karovou stěnou, se uložily osypy (C). Z nich se vytvořil i malý kamenný proud (S), patrný podle světlého fotografického tónu a podle tvaru.

Závěr

Rozbor tří příkladů z různých pohoří jasně ukazuje, že geologickou interpretaci leteckých fotografií lze s úspěchem uplatnit při studiu glaciálních jevů v horských oblastech jak se soudobým, tak i s pleistocenním zaledněním. Dokládá to i porovnání výsledků snímkové analýzy s výsledky terénního průzkumu u prvního případu. Z tohoto porovnání vyplývá, že se oběma metodami dospělo k totožným poznatkům. Studium glaciálních jevů na leteckých fotografiích se opírá především o morfologický rozbor zkoumaného území. Při

pozorování snímkových dvojic ve stereoskopu lze velmi dobře rozeznat podle tvaru všechny hlavní erozní i akumulární ledovcové formy, jak je to popsáno u jednotlivých vybraných příkladů. Také lze rozlišit fosilní i aktivní kamenné ledovce od morénových akumulací. Fotografický tón a textura obrazu mají pro identifikaci glaciálních jevů mnohem menší význam. Při studiu projevů zalednění je nejvýhodnější pracovat se snímky v měř. asi 1 : 12 000 až 1 : 23 000. Výhodou použití snímků je také velmi snadná orientace v terénu při kontrolních pochůzkách, které lze zaměřit na předem vybraná klíčová místa studovaného území. Tím lze dosáhnout i časových úspor v porovnání s klasickým terénním průzkumem. Nevýhodou práce s leteckými fotografiemi je to, že nemají ustálené měřítko, neboť na rozdíl od mapy jsou centrálním průmětem zobrazené oblasti. Proto je třeba při přenosu údajů ze snímku do topografických podkladů použít některého z vyhodnocovacích strojů.

Závěrem bych chtěl poděkovat RNDr. M. Prosové, CSc., za obstarání některé literatury, hlavně však za obětavou pomoc při interpretaci snímků ze Skalných hor a nakreslení příslušných obrázků, což jsem sám pro nemoc nemohl uskutečnit.

*Doručené 20. 3. 1978
Odporučil M. Hrašna*

LITERATÚRA

- Baird, D. M. (1967): Banff national park. — Pap. Geol. Surv. Canada.
 Dibner, V. D. (1962): Primenenije aerometodov v issledovanii vysokoširotnych rajonov sovremennogo oledeneniija. — Izv. Vses. geogr. Obšč., 94, s. 61—65.
 Dornič, J. (1975): Aerofotogeologie. Praha, Academia.
 Guzik, K. (1961): Wykorzystanie zdjec lotniczych i naziemnych przy kartowaniu i opracowaniu mapy geologicznej Tatr Polskich w skali 1 : 10 000. Kwart. geol. (Warszawa), 5, 1, s. 182—195. Warszawa.
 Hagen, T. (1952): Das westliche Säntisgebirge photogeologisch gesehen und bearbeitet. — Mitt. Geod. Inst. Eidg. techn. Hochschule. Univ. Zürich, 6.
 Hakenberg, M. (1959): Wykorzystanie zdjec lotniczych i naziemnych przy kartowaniu czwartorzędu w dolinie Pięciu stawów polskich w Tatrach. Przegl. geol., 2, s. 96—98.
 Holzer, H. (1960): Geologische Luftbildinterpretation (Photogeologische Karte des Raumes Radhausberg — Hohe Tauern). Abh. Dtsch. Akad. Wiss., Kl. Bergb. Hüttenwes. Montan. geol. (Berlin), 1, S. 329—331.
 Johnson, R. B. (1967): Rock streams on Mount Mestas, Sangre de Cristo Mountains, Southern Colorado. Geol. Surv. profess. Pap. (Washington), 575 D, D 217—D 220.
 Khobzi, J. (1970): Morphologie glaciaire dans les Andes Colombiennes. Photo-interpretation (Paris), 9, 1, 1—7.
 Khobzi, — Pichot, J. (1970): Modèle glaciaire equatorial en structure plissées. — Photointerpretation (Paris), 9, 2, 1—7.
 Koneczny, G. (1964): Glacial Surveys in Western Canada. Photogram. Eng. (Washington), 30, 1, p. 64—82.
 Krinsley, D. B. (1965): Pleistocene geology of the South-west Yukon Territory, Canada. — J. Glaciol., 5, 40, 385—397. Cambridge.
 Ksandr, J. (1954): Geomorfologická studie dolin jižního svahu V. Tater. Rozpr. Čs. Akad. Věd, R. 64, Ř. mat. přír. Věd, 5, Praha.
 Lueder, D. R. (1959): Aerial photographic interpretation (Principles and application). McGraw-Hill. New York.

- Lukniš, M. (1973) Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Bratislava, Vyd. Slov. akad. vied.
- Mahr, T. — Baliak, F. (1974): Regional investigation of slope deformations in the high mountain area of the West Carpathians. Proc. 10th Congr. Carpathian — Balkan Geol. Assoc., sect. V, Bratislava, p. 169—178.
- Miller, W. C. — Miller, C. F.: Photogeology. New York, Mc Graw Hill.
- Movia, C. P. — Holvoet, M. M. (1976): Study of a region of Patagonia (Argentina) by comparing ERTS 1 satellite channels 5 and 7. Photointerprétation (Paris), 15, 3, p. 53—60.
- Nemček, A. (1972): Gravitačné svahové deformácie ve vysokých pohoriach slovenských Karpát. Sbor. geol. věd, Ř. HIG, 10, s. 7—38.
- Nemček, A. — Mahr, T. (1974): Kamenné ľadovce v Tatrách. Geogr. čas. Slov. akad. vied, 26, 4, s. 359—374.
- Nemček, A. — Pašek, J. (1969): Deformácie horských svahov. Geol. práce, Spr. (Bratislava), 50, s. 5—28.
- Petrusevič, M. N. (1962): Aerometody pri geologických issledovanijach. Moskva, Gosgeoltechizdat.
- Ray, R. G. (1960): Aerial photographs in geological interpretation and mapping. Geol. Surv. profess. Pap. (Washington), 373.
- Schneider, S. (1974): Luftbild und Luftbildinterpretation. Berlin — New York, Walter de Gruyter.
- Svatoš, A. (1959): Užití fotogrammetrie při geologickém průzkumu a mapování. Přírodověd. čas. slez., 20, 3, s. 322—333.
- Svatoš, A. (1974): Identification of gravitational slope deformations on aerial photographs. Proc. 2nd Congr. IAEG, Sao Paulo, 2, V — 13, 1—9.
- Svatoš, A. (1975): Interpretace leteckých snímků při inženýrsko-geologickém průzkumu svahových pohybů. Praha, Academia.
- Wahrhaftig, C. — Cox, A. (1959): Rock glaciers in the Alaska Range. Bull. Geol. Soc. Amer., 70, 4, p. 383—436.
- Washburn, B. (1941): Aerial exploration of the great glaciers of the Alaskan coast and interior. Bull. Geol. Soc. Amer., 52, 12, 2.
- Zaňko, M. (1961): Príspevok ku geomorfológii Furkotskej, Sucheľ a Vážskej doliny v záp. časti Vysokých Tatier. Geogr. čas. Slov. akad. vied, 13, 4, s. 271—295.

Interpretation of aerial photographs as a tool for examination of glacial features in montaneous regions

ANTONÍN SVATOŠ

Interpretation of aerial photographs may be successfully applied to the examination of glacial features in montaneous regions. As an example, aerial photographs from the Vysoké Tatry Mts., Nízke Tatry Mts. and from the Rocky Mountains were used.

In the first example, photographs represent a mountain range glaciated in the past, where the relief has been modelled by glacier erosion. In the course of interpretation of aerial photographs (scale 1:12,000), it succeeded mainly by the means of morphological analysis to discriminate cirque and trough edges and walls of lateral, terminal and firn moraines. Moreover, a subordinate rock glacier has been discriminated, previously believed to represent retreatal moraine. Aerial photograph interpretation results correspond to results of field investigation as it is shown by comparison of the Fig. 2 and 3.

The second example is from the Nízke Tatry Mts. and it concerns a mountain range where the share of glaciers on final modelling was only partial. On

photographs in the scale of 1 : 23,000 (Fig. 4) it was possible, again on the base of a morphological analysis, to follow cirque and trough edges, as well as distinguish remnants of moraine deposits and mainly of subordinate rock glaciers. Moreover, photographs documented deep gravitational disturbance of the Chabenec hill ridge, well distinct already by photograph interpretation.

In the last example from the Rockies Mountains (Fig. 7 and 9) aerial photographs represent a montaneous range with recent glaciation and with glacial forms of the relief. On aerial photographs in the scale of 1 : 22,000 approximately, it succeeded by morphological analysis to delimit walls of lateral and terminal moraines and to discriminate various slope sediments. Finally, advantages and drawbacks of photograph interpretation are briefly evaluated and compared with common field investigation. Evaluation of the material showed usefulness of aerial photographs for the investigation of glacial relief in the scale between 1 : 12,000 and 1 : 23,000.

Preložil I. Varga

Pokračovanie zo s. 142

Články S. Jacka, ako aj J. Forgáča a M. Pulca sú zamerané na regionálnu problematiku. Prvý sa zaoberá litologicko-štruktúrnou charakteristikou centrálnej časti pásma Čiernej hory, druhý vývojom vulkanickosedimentárneho a vulkanogénneho komplexu v centrálnej časti stredoslovenských vulkanitov.

V edícii Geologického ústavu D. Štúra Geologické práce, Správy 70 (263 s., 45 tab.) je 14 odborných článkov o aktuálnej geologicko-stratigrafickej problematike. Osobitnú pozornosť zasluhujú nové poznatky z oblasti bradlového pás-

ma, podľa ktorých sa vymedzila nová sukcesívna litostratigrafická jednotka (Orava group). Ďalšie 3 príspevky sú o najnovších výsledkoch z príbradlového paleogénu, ktorý bol prevrátený štruktúrnym vrtom Lubina-1 (Brezovské vrchy). S neogénou problematikou sú 3 články, z ktorých jeden je o súčasnej svetovej rádiometrickej škále. Najnovšími poznatkami stratigrafie vrchného karbónu veporid sa zaoberá práca E. Planderovej a A. Vozárovej, problematikou predmagurskej jednotky práce M. Pličku. *O. Samuel*

Dušan Hovorka: Geochemistry of the West Carpathian alpinotype ultramafic Rocks. Náuka o Zemi, sér. Geol. 1978. 158 s.

Problematika alpinotypných ultrabázických hornín je v súčasnosti predmetom sústredeného záujmu. Väčšina autorov ich pokladá za fragmenty oceanickej kôry alebo subkrustálneho materiálu a spolu s vankúšovými lávami, gabrami a ďalšími členmi ich označuje ako ofiolitové komplexy. Petrochemická charakteristika týchto hornín môže poskytnúť nepriame dôkazy o zložení vrchného plášťa v danej oblasti.

Významným krokom v poznávaní možného zloženia vrchného plášťa v oblasti styku tatranského a panónskeho bloku je aj recenzovaná práca. Autor v nej po-

dáva základnú petrograficko-geochemickú charakteristiku ultramafických hornín rozličných geologicko-stratigrafických jednotiek Západných Karpát.

Publikácia sa delí na päť častí. V prvej autor podľa príslušnosti ku geologicko-stratigrafickým jednotkám vyčlenil štyri základné skupiny: 1. telesá ultramafitov vyskytujúce sa v metamorfitoch fácie almandinických amfibolitov, príp. v granitoidných masívoch; 2. telesá ultramafitov v metamorfitoch fácie zelených bridlic; 3. telesá ultramafitov v metasedimentoch mladšieho paleozoika; 4. telesá ultrabazitov v triase Spišsko-gemerského rudohoria. Druhá časť obsahuje petrografickú charakteristiku ultramafických hornín a priemerné chemické zloženie základných horninových typov (dunity, peridotity, pyroxenity, serpentinity).

Pokračovanie na s. 166