

# GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

50

1998

3-4

*Jaromír Demek\**

## K OTÁZCE VÝSKYTU PLEISTOCÉNNÍCH LEDOVCŮ S CHLADNOU BÁZÍ V ČESKÉ VYSOČINĚ (ČESKÁ REPUBLIKA)

**Jaromír Demek:** Occurrence of cold-based glaciers in the Bohemian Highlands during the Pleistocene: a discussion. *Geografický časopis*, 50, 1998, 3-4, 1 fig., 37 refs.

The Bohemian Highlands had suitable conditions (geographic situation, altitudes, climate, etc.) for glaciation during cold phases of the Pleistocene. But the extent of Pleistocene glacial forms and deposits in the Bohemian Highlands is limited. Generally, Pleistocene glaciation is accepted for Šumava Mts., Krkonoše Mts. and Hrubý Jeseník Mts. only. In the last time deposits and cirque-like depressions (karoids) and deposits were found in the Králický Sněžník Mts., which can be interpreted as evidence for occurrence of cold-based glacier or glaciers during cold phases of the Pleistocene.

**Key words:** Bohemian Highlands, Pleistocene, glacier

### ÚVOD

Slovenské Karpaty byly v chladných obdobích pleistocénu bohatě zaledněny a v jejich vysokých pohořích je vyvinutý typický horský glaciální georeliéf. V pohořích České vysočiny je výskyt glaciálních povrchových tvarů i sedimentů omezený, i když některé podmínky pro výskyt horského zalednění byly poměrně vhodné (georeliéf, chladné podnebí pleistocénních glaciálů, atmosférické srážky, průběh sněhové

\* Katedra geografie a didaktiky geografie, PFUP, Svobody 26, 771 46 Olomouc

čáry i poměrně značná nadmořská výška některých pohoří České vysočiny již koncem třetihor). Důležitá je i paleogeografická poloha České vysočiny v chladných obdobích pleistocénu, vysočina ležela na jižní hranici rozšíření evropského pevninského ledovce, který dokonce několikrát zasáhl na území České republiky. Na jihu pak ve stejné době poměrně blízko se nacházelo rozsáhlé zaledněné území Alp. Tyto skutečnosti upoutaly už dříve pozornost některých badatelů, kteří přemýšleli o důvodech omezeného rozsahu horského zalednění České vysočiny v pleistocénních glaciálech (např. Vitásek 1924, 1930; Priehäusser 1931; Rathsburg 1932), aniž by zřejmě došli ke konečnému závěru (Rühl 1937, str. 137).

Za nesporné je v České vysočině uznáváno jen několik pleistocénních ledovců na Šumavě a v Krkonoších. Někteří autoři upozorňovali na výskyt tvarů podobných glaciálním tvarům v některých pohorích České vysočiny, hlavně amfiteatrálních tvarů podobných ledovcovým karům. R. Lucerna (1939, str. 31) nazval tyto tvary karoidy. Termínem karoid označuje sníženinu, která nemá všechny typické rysy připisované vědeckou veřejností karům. Současně je však třeba uvést, že názory na vzhled typického karu se ve vědecké veřejnosti značně různí (srov. u nás Roth 1944; Jeník 1961).

Vedle Šumavy a Krkonoš se za pravděpodobné považuje zalednění Hrubého Jeseníku, kde v amfiteatrální sníženině Velké kotliny na jižním svahu hlavního hřebetu, měl v pleistocénu existovat malý karový ledovec (Vitásek 1930, str. 116). Již Jan Jeník ve své podnětné botanické práci z roku 1961 trefně poznamenal, že např. ve Vysokých Tatrách by taková sníženina nezbudila pozornost glaciálních geomorfologů. Tím více to platí o sousední amfiteatrální sníženině na jižním svahu hlavního hřebetu Hrubého Jeseníku zvané Malá kotlina. Zd. Gába (1993, str. 23) uvádí, že v Hrubém Jeseníku bylo dokonce několik malých horských ledovců. Podle tohoto autora menší horské ledovce byly snad i na severovýchodních svazích Keprníku a Červené hory. Bohužel však tomuto tvrzení chybí bližší zdůvodnění.

O zalednění Krušných hor podal první zprávu G. Laube (1876, str. 329, 1884). Na této informaci je zajímavé, že je založená jak na povrchových tvarech (údajný kar v pramenné oblasti Hraničního potoka v okolí Klínovce), tak i na sedimentech. V pozdějších letech byly proti těmto nálezům vznesené námitky (souborně viz Král 1968, str. 35-41). Diskuse o zalednění Krušných hor byla znovu oživena až článkem R. Lucerny (1940) o nálezu amfiteatrální sníženiny (karu) pod Klínovcem se dnem ve výšce 950 - 970 m n.m. V. Král (1968) nalezl v Krušných horách další amfiteatrální sníženinu s rybníkem (kar) pod Kněžištěm (808,7 m, též Komáří hůrka) nad Krupkou, jehož dno leží v nadmořské výšce 570 m. V. Král (1968, str. 41) považuje obě amfiteatrální sníženiny za nivační sníženiny.

Nové představy o možnostech rozšíření horských ledovců v pleistocénu, jejich geomorfologické činnosti a možnosti přinesly nové výzkumy ledovců s chladnou bází.

## LEDOVCE S CHLADNOU BÁZÍ

Pravděpodobně S. W. Carey a N. Ahmad (1961) poprvé rozlišili ledovce s teplou (vlhkou) a chladnou (suchou) bází. Toto rozlišení se ukázalo jako velmi užitečné členění jak z hlediska geomorfologického účinku ledovců na okolí, tak i z hlediska glaciální sedimentace. U ledovců s teplou bází dochází k pohybu ledu na rozhraní led

- podloží a ledovec pomocí unášeného materiálu modeluje své okolí. Současně na bázi je voda (vlhká báze), takže vznikají i ledovcové sedimenty.

Ledovce s chladnou bází se vyskytují tam, kde v jejich podloží je dlouhodobě zmrzlá půda (permafrost). U těchto ledovců je led na bázi ledovce přimrzlý k podloží a k pohybu ledovce dochází po smykové ploše uvnitř ledovce. Pod ledovcem není voda (suchá báze) a jen málo sedimentů. Tyto ledovce pak buď vůbec nemodelují svoje okolí nebo jen zcela málo. I po jejich roztažení zůstává na jejich bázi a v okolí jen málo glaciálních usazenin. Přesto lze podle zkušeností ze současných zaledněných oblastí předpokládat, že alespoň některé části ledovců na permafrostu mají teplou bázi (hlavně okrajové části - srov. Hall et al. 1989). Preglaciální údolí jsou pak odtokovými dráhami tavných vod (Rea et al. 1996, str. 117). I přítomnost ledovců s chladnou bází lze tedy zjistit podrobnou geomorfologickou analýzou.

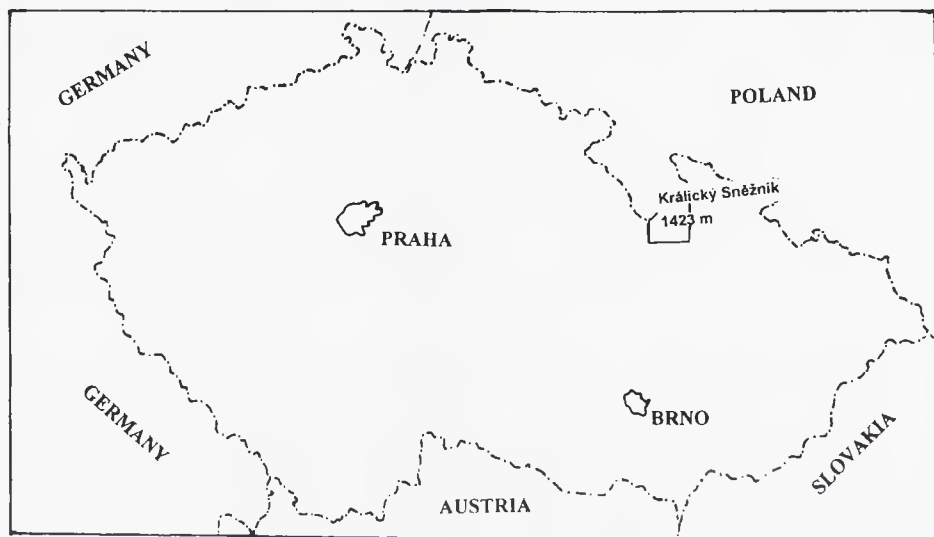
Podle zkušeností geologů a geomorfologů s ledovci s chladnou bází z Evropy (Skotska, Švédska) a Severní Ameriky, hlavně z Kanady (viz např. Dyke 1993; Ives 1958, 1974, 1975; Ives et al. 1976; Hall a Melor 1988; Hall et al. 1989; Kleman 1994; Kleman a Stroeven 1997; Lidmar - Bergstrom 1988, 1998; Lundquist 1988, 1998; Rea et al. 1996; Sugden a John 1976; Sugden a Watts 1977 a další), mohou být pod tímto typem ledovců uchovány nejen preglaciální a periglaciální skalní tvary (např. údolní tvary nebo tory na rozvodích), ale i preglaciální zvětraliny a periglaciální tvary v zeminách (např. strukturní půdy). Autor sám měl možnost studovat pochody a tvary související s ledovci s chladnou bází v roce 1972 ve vnitřních částech ostrova Cornvallis (NWT Kanada), kde proběhlo jednak laurentinské zalednění a jednak v pozdním würmu (Late Wisconsin) byla vyvinuta ledovcová čapka s chladnou bází. Na rozvodích jsou zachovány preglaciální skalní hradby a izolované skály. Till se nachází pouze místy a tvoří jen tenkou pokrývku. Jinak povrch centrální části ostrova nebyl zaledněním podstatněji změněn. Přesto lze přítomnost ledovců s chladnou bází rozpoznat na základě geomorfologických indicií, protože na okrajích čapky se většinou vyskytovaly ledovce s teplou bází.

Na základě těchto poznatků lze předpokládat, že v České vysočině bylo v pleistocenních glaciálech více ledovců než se dosud připouští. Dokladem pro tento předpoklad je i velké množství amfiteatrálních (cirkovitých) sníženin, a to i v nižších nadmořských výškách (např. ve středních Čechách Ambrož 1942; Roth 1943, 1944; v okolí Brna ap.). V padesátých letech v době nadšení pro periglaciální geomorfologii byly amfiteatrální sníženiny (karoidy) paušálně prohlášeny za pouhé nivační sníženiny. V každém případě jsou dokladem, že v chladném podnebí glaciálů se za přítomnosti permafrostu v České vysočině vyskytovaly víceleté sněžníky. Za vhodných podmínek se nahromaděný sníh mohl v amfiteatrálních sníženinách poměrně snadno změnit v karový ledovec s chladnou bází. Je otázkou, zda-li některé z nich přece jenom v pleistocenních glaciálech nehostily nevelké karové ledovce s chladnou bází. Podle mých zkušeností ze současných periglaciálních a glaciálních oblastí Sibíře a Kanady jsou totiž rozměry některých karoidů v České vysočině příliš velké na pouhé nivační sníženiny (viz např. Král, 1968 u karoidu pod Kněžšíštem).

Jako příklad autor nabízí případ Prudkého potoka v Králickém Sněžníku (Demek a Kopecký 1997).

## PROBLÉM ZALEDNĚNÍ KRÁLICKÉHO SNĚŽNÍKU V PLEISTOCÉNU

Králický Sněžník (1423,7 m n.m.) na hranici mezi Českou republikou a Polskem náleží mezi nejvyšší vrcholy České vysočiny (obr. 1). Již v třetihorách představoval významný horský vrchol. V pleistocénu zasáhly pevninské ledovce nejméně dvakrát k severnímu úpatí Králického Sněžníku. V horské skupině je mnoho kryogenních tvarů, které svědčí o výskytu permafrostu v chladných obdobích pleistocénu. Sněhová čára v průběhu halštrovského a sálského zalednění se podle Fr. Vitáska (1930, str. 123) nacházela v Krkonoších ve výšce 1100 m a na Pradědu 1150 m n.m. Je proto poměrně překvapující, že na rozdíl od jiných sudetských pohoří, nebyly na Králickém Sněžníku jehož vrchol se nachází v nadmořské výšce 1423,7 m a hlavní hřbety ve výškách nad 1200 m n.m., nalezeny erozní glaciální tvary. Důvod může být dvojitý. Za prvé v horské skupině Králického Sněžníku nebyly v glaciálech horské ledovce a za druhé ledovce tam byly, ale s chladnou bází.



Obr. 1. Poloha študovaného územia.

Geomorfologové přijímající první hypotézu soudí za prvé, že klenbovitý vrchol Králického Sněžníku nebyl vhodný pro nahromadění dostatečného množství sněhu pro vznik zalednění. Oblast vyšší než 1200 m n.m. zabírá v pohoří pouze 7 km<sup>2</sup>. Amfiteatrální sníženiny vhodné pro nahromadění sněhu mají v nejvyšších částech pohoří dna ve výšce 1000 až 1100 m n.m., tedy pod pleistocénní regionální sněhovou hranicí (Migon 1996, str. 44). Za druhé pak, že chladné proglaciální podnebí vládnuvící v pleistocénu bylo suché.

Autoři uvažující o hypotéze výskytu pleistocénních ledovců s chladnou bází v Králickém Sněžníku berou do úvahy následující skutečnosti:

- výskyt permafrostu v pleistocénních glaciálech v popisované oblasti,
- že termální režim báze ledovců zásadně ovlivňuje subglaciální erozi, která v přítomnosti permafrostu může být velmi malá až zanedbatelná,

- že sedimenty glaciální série mohou vznikat jen v dolní okrajové části ledovce a mohou být transportovány preglaciálním údolím do nižších poloh,

- nález usazenin ve střední části údolí Prudkého potoka, které mohou být klasifikovány jako sedimenty glaciální série a/nebo bahenních proudů (Demek a Kopecký, 1997).

Prameny Prudkého potoka (nazývaného též Bystřina) leží v rozlehlém amfiteátru mezi vrcholy Podbělka (1307,4 m), Milíř (1298,0 m), Sušina (1321,2 m) a Tetřeví hora (1251,0 m). Potok ústí do říčky Krupé jižně od Starého Města pod Sněžníkem. Pramenná část údolí Prudkého potoka je zaříznuta do jemnozrnných dvojslídnych rul orlicko-kladské klenby.

Údolí Prudkého potoka je možné rozdělit do několika sekcí. Jak jsem uvedl již výše, leží prameny čtyř zdrojnic potoka na vysokých stěnách rozsáhlé amfiteatrální sníženiny, která se otevírá k jihovýchodu. Nachází se na jihozápadním svahu Mokrého hřbetu nad vysokým zlomovým svahem, kterým Králický Sněžník na východě spadá do Staroměstské kotliny. Horní obloukovitá hrana sníženiny probíhá ve výšce 1200 až 1263 m n.m. Amfiteátr má na horní hraně rozměry 1 250 m x 950 m. Dno sníženiny má rozměr cca 500 m x 500 m a nachází se v nadmořské výšce 1180 až 1144 m. V pleistocénu bylo dno na hranici regionální sněžné čáry nebo nad ní. Zhruba 60 až 80 m vysoké příkré svahy sníženiny jsou rozřezány stržemi. Amfiteatrální sníženina má příznačný název Mokřina. Její dno je vyplněné rezavě hnědými hlínami s četnými hranáči promíchanými s valouny. Mocnost těchto sedimentů je nejméně 4 m. Ploché dno sníženiny končí 4 m vysokým stupněm s vodopádem v nadmořské výšce 1144 m.

Pod stupněm začíná druhý sektor údolí, který se nachází v nadmořské výšce 1144 m a 1090 m. Jeho délka je asi 600 m. V příčném profilu se jedná o údolí tvaru otevřeného písmene V s úzkou štěrkovitou nivou. Tato sekce končí 6 m vysokým vodopádem.

Třetí sekce začíná u jmenovaného vodopádu ve výšce 1090 m n.m. a končí v lesní trati U srubu ve výšce 940 m n.m. Je asi 800 m dlouhá. Podélný profil této sekce je typicky nevyrovnaný s velkým spádem. Potok teče přímo po rulovém skalním podloží, jsou tu četné vodopády a peřeje na obrovských blocích. V příčném profilu má tato sekce tvar sevřeného písmene V s velmi příkrými svahy.

Čtvrtý sektor údolí začíná v nadmořské výšce 940 m v lesní trati U srubu a je zhruba 2,6 km dlouhý (až k nadmořské výšce 660 m u chaty Bystřice). Údolí v tomto sektoru má příkré svahy se sklonem až více než 35°. Výška pravého údolního svahu pod Hubertovou chatou dosahuje 325 m. Levý údolní svah ve stejném místě má výšku 250 m. Pro vývody tohoto článku je důležité, že dno údolí Prudkého potoka je v tomto sektoru vyplněno špatně tříděnými usazeninami tvořenými různě velkými hranáči promísenými hlínou. Hranáče dosahují často velikosti až několika metrů v delší ose. Usazeniny tvoří na dně nápadné podélné valy rovnoběžné s tokem Prudkého potoka. Střed údolí se tak nachází výše než okraje. Potok divočí, dělí se na ramena, která lemují valy.

V lesní trati U srubu našel autor s Jiřím Kopeckým v dvojslídne rule velký fosilní skalní sesuv. Sesuv vznikl na pravém údolním svahu, který se asi 200 m vysoký. Jsou na něm skalní výchozy v podobě srubů. Jsou to pravděpodobně odlučné plochy

skalního sesuvu. Na levém údolním svahu, který je 130 m vysoký a má sklon kolem 30° se nacházejí balvanová moře bez vegetačního pokryvu. Jejich mocnost je kolem 4 m.

Dno údolí je v délce asi 250 m od srubu k mostu pokryté chaotickou akumulací rulových bloků. Bloky mají rozměry kolem 6 x 5 x 4 m. Povrch akumulace je zvláňný. Jsou na něm sníženiny hluboké 1,5 m. Prostory mezi bloky jsou volné. Povrch bloků se sklání od úpatí pravého údolního svahu k levé straně. Současné koryto potoka prořezává akumulaci bloků při úpatí levého údolního svahu. Při úpatí pravého údolního svahu je zaříznuté suché (povodňové ?) koryto potoka. V zářezu je patrná mocnost usazenin kolem 15 m.

Dno údolí v tomto sektoru mezi koncem skalního sesuvu u mostu a chatou Bystřina v délce 2,4 km je vyplněné špatně tříděnými nebo netříděnými sedimenty - směsí hranáčů různých rozměrů, šterků a hlíny. Mocnost těchto sedimentů dosahuje 6 m. Sedimenty tvoří protáhlé hřbety rovnoběžné s korytem Prudkého potoka. Hřbety jsou lemovány koryty potoka. Nejvyšší hřbet probíhá v ose údolí a je využit pro lesní cestu. Hlavní koryto potoka mění svoji polohu od úpatí levého svahu k úpatí pravého svahu a zpět. V některých úsecích protíná hlavní hřbet v ose údolí. Jedná se o obrovské množství materiálu. Sektor s podélnými valy končí pod chatou Bystřina.

Pod ní je v pátém sektoru až k ústí do Krupé normální neckovité údolí s údolní nivou.

Autor na základě výše uvedených skutečností předkládá hypotézu, že v glaciálech se v Králickém Sněžníku nacházely víceleté sněžníky a ledovce s chladnou bází. Rovněž vrchol Králického Sněžníku a Mokry hřbet mohly být pokryty firmem nebo ledovci s chladnou bází s neerozní chladnou bází, takže se mohly klidně uchovat preglaciální povrchy se zvětralinami i periglaciální tvary včetně balvanových moří a polygonálních půd.

Již v roce 1961 upozornil J. Jeník (1961) na význam severozápadních větrů pro akumulaci sněhu. Skutečnost, že svahy exponované k jihovýchodu jsou závětrnými svahy při převládajících severozápadních větrech, vysvětluje proč se karové ledovce a sněžníky mohly vyvinout v karoidech otevřených k jihovýchodu. J. Jeník (1961) popsal místní větrnou cirkulaci, která způsobila vznik sněhových převisů na hranách cirkovitých sníženin, laviny a akumulaci sněhu na dně karoidů. Je opravdu nápadné, že kary a karoidy v Sudetech mají jihovýchodní (jihovýchodní, východní, severovýchodní) expozici (Jeník 1961, str. 86, 157). Karoid Prudkého potoka má rovněž jihovýchodní expozici. Místní větrné proudy vanou přes vrcholovou část Mokrého hřbetu k horní hraně karoidu. J. Jeník (1961, str. 88 a 89) pozoroval, že proud vzduchu vane do karoidu s velkou rychlostí, na jeho horní hraně se odlučuje od terénu a způsobuje složité turbulence na závětrné straně. Tyto pochody způsobují akumulaci sněhu v karoidu. Hromadění sněhu v karoidu je urychlováno sněhovými lavinami (viz Rathsburg 1932, v údolí horní Moravy). Příznivé sněhové podmínky mohly vést ke vzniku karového ledovce s chladnou bází v této části Králického Sněžníku.

Ve čtvrtém sektoru Prudkého potoka je nahromaděné obrovské množství špatně tříděného nebo netříděného materiálu. Materiál tvoří nápadné valy rovnoběžné s osou údolí a tokem Prudkého potoka. Jen část materiálu pochází ze skalních říčení a dalších svahových pochodů na příkrých svazích bezprostředně v tomto sektoru. Většina byla transportována z karoidu v pramenné části potoka. Formy hřbetů a typ

materiálu je typický pro bahenní proudy. Zkušenosti s obrovskou 1000 - letou povodní v červenci 1997 ukázaly, že dokonce ani tak intenzivní fluvialní pochody nemohly způsobit podstatnější změny v údolí Prudkého potoka. Pro vznik takového ohromného množství materiálu a tak výrazných tvarů musely být odpovědné procesy jiné dimenze. Proto autor předkládá hypotézu, že se jedná o koreláttní sedimenty ledovcových pochodů ve vrcholové části Králického Sněžníku, zejména spojené s táním sněžníků a ledovce/ledovců s chladnou bází.

## ZÁVĚR

Podle dosavadních představ byla pohoří České vysočiny v chladných obdobích pleistocénu jen málo zaledněna, i když toto území leželo na jižním okraji rozsáhlého evropského pevninského ledovce a i jinak mělo vcelku příznivé podmínky pro vývoje zalednění. Na území byl v pleistocénních glaciálech vyvinut permafrost. V České vysočině se vyskytuje mnoho amfiteatrálních sníženin (karoidů), jejichž vznik je vysvětlován působením nivace. Autor na základě nových poznatků z různých částí světa předkládá hypotézu, že v pleistocénních glaciálech bylo zalednění České vysočiny rozsáhlejší než se dosud všeobecně přijímá, ale ledovce měly chladnou bází a proto jen minimálně modelovaly své okolí a vznikalo jen málo sedimentů glaciální série. Přesto lze stopy tohoto zalednění rozpoznat, jak autor dokládá na příklad povodí Prudkého potoka v Králickém Sněžníku.

## LITERATURA

- AMBROŽ, V. (1942). Periglaciální zjevy u Jevan. *Zprávy Geologického ústavu pro Čechy a Moravu v Praze*, 18, 219-230.
- CAREY, S. W., AHMAD, N. (1961). Glacial and marine sedimentation. *Proceedings 1st International Symposium on Arctic Geology*, 2, pp. 865 - 894.
- DEMEK, J., KOPECKÝ, J. (1997). Geomorfologické poměry Králického Sněžníku (Česká republika). In Mečiar, J., Pavlů, R., eds. *Geografie*, 8. Brno (Katedra geografie Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity v Brně), pp. 7-30.
- DYKE, A. S. (1993). Landscapes of cold - centered Late Wisconsin ice caps, Arctic Canada. *Progress in Physical Geography*, 17, 223-247.
- EMBLETON, C., KING, C. A. M. (1975). *Glacial Geomorphology*. London (Arnold).
- GÁBA, Z. (1993). Horopis. In Melzer, M., Schulz, J. et al. eds., *Vlastivěda šumperského okresu*. Šumperk (Okresní úřad Šumperk a Okresní vlastivědné muzeum Šumperk), pp. 17-23.
- HALL, A. M., MELLOR, A., WILSON, M. J. (1989). The clay mineralogy and age of deeply weathered rock in north-east Scotland. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement*, 72, 97-108.
- HUGHES, T. (1973). *Glacial permafrost and pleistocene Ice ages. Permafrost*. Washington D. C. (National Academy of Sciences).
- IVES, I. D. (1974). Biological Refugees and the Nunatak Hypothesis. In Ives, I. D., Barry, R. G., eds. *Arctic and Alpine Environments*. London (Methuen), pp. 604-636.
- IVES, I. D. (1975). Delimitation of surface weathering zones in eastern Baffin Island, Northern Labrador and Arctic Norway : A discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 86, 1096-1100.

- JAHN, A., KOZŁOWSKI, S., PULINA, M., eds. (1996). *Masyw Snieżnika, zmiany w srodowisku przyrodniczym*. Warszawa (Polska Agencja Ekologiczna S.A. Wydawnictwa PAE).
- JENÍK, J. (1961). *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku*. Praha (Academia).
- KLEMAN, J., STROEVEN, A. P. (1997). Preglacial surface remnants and Quaternary glacial regimes in Northwestern Sweden. *Geomorphology*, 19, 35-54.
- KLEMENT, F. (1928). Morphologische Untersuchungen im Altwatergebirge. *Firgenwald*, 1, 25-52.
- KRÁL, V. (1968). Geomorfologie vrcholové oblasti Krušných hor a problém paroviny. *Rozpravy Československé akademie věd, řada MPV*, 78, 1-64.
- KUNSKÝ, J. (1944). Fosilní zvětrávání v jižních Čechách. *Sborník České společnosti zeměpisné*, 49, 85-88.
- LAUBE, G. (1876). Notiz uber Braunkohlevorkommen im Erzgebirge. Verhandlungen der k.k. *Geology Reichsanstalt*, Wien, pp. 329-331.
- LAUBE, G. (1884). Glazialsuren im bohmischen Erzgebirge. Verhandlungen den k.k. *Geology Reichsanstalt*, Wien, pp. 194-196.
- LIDMAR - BERGSTRÖM, K. (1988). Preglacial weathering and landform evolution in Fennoscandia. *Geografiska*, 70A, 273-276.
- LUCERNA, R. (1924). Gletscherspuren aus dem Altwatergebirge. Petermanns. *Geographische Mitteilungen*, 127, 177.
- LUCERNA, R. (1939). Kar am Keilberg? (1244m). *Firgenwald*, 12, 30 - 43.
- LUNDQVIST, J. (1988). The Revsund area, Central Jämtland- an example of preglacial weathering and landscape formation. *Geografiska*, 70A, 291-298.
- MIGON, P. (1996). Zarys rozwoju geomorfologicznego Masywu Snieżnika. In Jahn, A., Kozłowski, S., Pulina, M., eds. *Masyw Snieżnika, zmiany w srodowisku przyrodniczym*. Warszawa (Polska Agencja Ekologiczna S. A. Wydawnictwa PAE), pp. 37-45.
- PRICE, R. J. (1973). *Glacial and Fluvio-glacial Landforms.*, *Geomorphology Text*, 5. Edinburgh (Oliver and Boyd).
- PROSOVÁ, M. (1973). Zalednění Hrubého Jeseníku. *Campanula*, 1973, 115-123.
- PROSOVÁ, M. (1981). Oscilační zóna kontinentálního ledovce. Jesenická oblast. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, 3, 265-294.
- RATHSBURG, A. (1932-1935). Die Gletscher der Eiszeit in den höheren deutschen Mittelgebirgen. *Firgenwald*, 5: 5-29, 65-77, 103-113, 6: 96-112, 126-27, 7: 39-42, 77-107, 148-158, 8: 67-83.
- ROTH, Z. (1943). Stopy pleistocenního podnebí v oblasti střeodočeského krystalinika. *Příroda*, 35. Brno.
- REA, B. R. et al. (1996). Blockfields, old or new? Evidence and implications from some plateaus in northern Norway. *Geomorphology*, 15, 109-121.
- ROTH, ZD. (1944). Skalní proudy, ledovcové kary a ledovce. *Rozpravy II. Třída České akademie*, 54, 1-30.
- SCHÖNE, R. (1940). Botanische Studien im Kessel (Altwatergebirge). *Natur und Heimat*, 11, 7-12.
- SUGDEN, D. E., JOHN, B. S. (1976). *Glaciers and Landscape*. London (Arnold).
- SUGDEN, D. E., WATTS, S. H. (1977). Tors, felsenmeer, and glaciations in Northern Cumberland Peninsula, Baffin Island. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 14, 2817-2823.
- VITÁSEK, F. (1924). Naše hory ve věku ledovém. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 29, 196-199.



- VITÁSEK, F. (1930). O rozsahu bývalého zalednění v našich horách. In *Československá vlastivěda*, 1, *Příroda*. Praha (Sfinx, Bohumil Janda), pp. 113-126.
- VITÁSEK, F. (1956). Glaciální geomorfologie našich v posledních letech. *Práce Brněnské základny ČSAV*, 28, 135-146.
- WILSCHOWITZ, J. (1939). *Geologie des Altwatergebirges mit geologischer Karte*. Opa-  
va.

*Jaromír Demek*

## OCCURRENCE OF COLD-BASED GLACIERS IN THE BOHEMIAN HIGHLANDS DURING THE PLEISTOCENE: A DISCUSSION

In the past, several authors (e.g. Vitásek, 1924, 1930, Priehäuser, 1931, Rathsburg, 1932 -35, Rühl, 1937) discussed the problem of limited occurrence of Pleistocene glacial forms and deposits in the Bohemian Highlands, but without final conclusion. It is surprising phenomenon because the Bohemian Highlands had suitable conditions for glaciation during cold phases of the Pleistocene (geographical position, cold climate of glacials, atmospheric precipitation, relief, altitude of snow line, etc.) and the inlandsis covered repeatedly some of its northern foothills. At present time, the most scientists accept Pleistocene glaciation for Šumava Mts., Krkonoše Mts. and Hrubý Jeseník Mts. only. Rock basins with steep sidewalls, surrounding an arm-chair -shaped depressions called karoids (Lucerna 1939) were found in other parts of the Bohemian Highlands. Mostly they are interpreted as periglacial nivation forms (Ambrož 1942, Roth 1943, 1944, Král 1968). In some valleys (e.g. in Hrubý Jeseník Mts., Králický Sněžník Mts.) deposits were found which could be considered as mudflow or fluvioglacial deposits. The author, based on his experience from polar regions and on growing knowledge of glaciers in the world, proposes the hypothesis of existence of cold-based glaciers in Pleistocene glacials in the Bohemian Highlands with the ice being non-erosive at the ice/ bed interface. In some parts the glaciers could be wet-based flushing out the material, while in other parts could be cold-based and protective to preserve the preglacial surface. The pre-glacial valleys likely provided drainage line for melting water. Longitudinal ridges on the valleys bottoms, composed of non-sorted material and rimmed on both sides by creeks, considered as mud flow deposits (Rathsburg 1932 - 1935) could be reinterpreted as fluvioglacial deposits of cold-based glaciers. The conclusion is documented on case study of the Králický Sněžník Mts. According to the author's opinion the extent of the Pleistocene glaciation of the Bohemian Highlands should be reinterpreted from the point of view of presence of Pleistocene cold-based glaciers in these mountains.

Fig. 1. Location of the study area.

Translated by the author