GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

ROČNÍK 38 1986 ČÍSLO 2—3

TADEÁŠ CZUDEK[1]

PLEISTOCENNÍ PERMAFROST NA ÚZEMÍ ČESKOSLOVENSKA

Tadeáš Czudek: Pleistocene Permafrost in Czechoslovakia. Geogr. Čas., *38*, 1986, 2—3; 1 table, 15 refs.

The paper discusses indicators for the presence of Pleistocene permafrost in Czechoslovakia. Permafrost existed as early as the Early Pleistocene prior to the Brunhes-Matuyama boundary. An attempt has been made to calculate its thickness at the basis of computer technique in the Upper Pleniglacial. This thickness varied from approximately 50 m to app. 250 m and, in some places, up to 400 m (Tatra Mts.). In some summit parts of the Tatra Mts. permafrost can be assumed to exist even in the present time.

ÚVOD

O tom, že v chladných obdobích pleistocénu existoval na území Československa a v mnohých jiných státech Evropy permafrost, není dnes nejmenších pochyb. Mnoho otázek spojených s hlubokým promrzáním nejsvrchnějších částí litosféry však zůstává a ještě dlouho bude nevyřešených. Je to způsobeno jednak tím, že tato problematika je mimořádně složitá, jednak tím, že se jí u nás nikdo soustavně nezabývá. A přitom se jedná o široký a zajímavý okruh otázek, které mají velký význam nejen paleogeografický, tj. pro poznání zákonitostí vývoje přírody v nejmladším geologickém období (za posledních 1,8 mil. let), kdy v mnohých oblastech našeho státu vznikly dnešní základní rysy georeliéfu, ale i významu pro praktické účely související zejména s inženýrskou geologií.

Permafrostem[2] nazýváme nejsvrchnější část litosféry (půdu, horniny), jejíž teplota je po dobu více než 2 roky 0° C a nižší. Zmrzlá část litosféry se však tvořila u nás stovky až tisíce let. Její vývoj závisel na celém komplexu fyzickogeografických, geologických a geofyzikálních faktorů, přičemž příčinou vzniku permafrostu a jeho dlouhodobé existence byla negativní průměrná roční teplota povrchu terénu. Je nutno zdůraznit, že samotná negativní průměrná roční teplota vzduchu (i —6° C) ještě nemusí všude způsobit vývoj permafrostu. Důležitou úlohu zde hrají místní krajinné poměry (např. délka trvání a mocnost sněhu, cirkulace podzemní vody apod.), na což se často v evropské literatuře zapomíná. Tyto otázky však překračují rámec předložené práce.

[1] RNDr. T. Czudek, CSc., Geografický ústav ČSAV, Mendlovo nám. 1, 662 82 Brno.

[2] Termín zavedený S. W. Mullerem v roce 1947 se v poslední době i v naší odborné, populárně-vědecké a populární literatuře začíná běžně používat.

Z problémů, které souvisejí s existencí pleistocenního permafrostu v Československu bude v budoucnu třeba řešit zejména jeho mocnost, rozšíření (regionální nebo lokální) v jednotlivých chladných obdobích, rychlost jeho vzniku a degradace, jakož i obsah a typ podzemního ledu.

DŮKAZY EXISTENCE PLEISTOCENNÍHO PERMAFROSTU V ČESKOSLOVENSKU

Na území Československa máme řadu důkazů o tom, že v chladných obdobích pleistocénu docházelo u nás k hlubokému promrzání nejsvrchnějších částí zemské kůry. Jsou to geologické, geomorfologické a biologické paleokryoindikátory. Poslední ze jmenovaných (zbytky rostlin a živočichů) nebudou v práci diskutovány. Geologické a geomorfologické indikátory dřívějšího permafrostu jsou buď přímé, tj. ty, jejichž vznik je vázán výhradně na jeho existenci (srov. též J. Karte 1981, str. 62) nebo nepřímé, tj. takové, jejichž vznik a vývoj je spojen jak s hlubokým sezonním promrzáním, tak i s permafrostem. Nepřímých důkazů máme u nás podstatně více než přímých. Přitom je nutno zdůraznit, že přesné zařazení některých tvarů reliéfu a kryogenních jevů do první nebo druhé kategorie kryoindikátorů není vždy snadné a názory ve světové literatuře bývají v některých případech odlišné (např. na kryoplanační terasy, zemní klíny). Mnoho kryogenních tvarů reliéfu je u nás v takovém vývoji (jako v oblastech současné kryolitozóny), že lze právem soudit, že mohly vzniknout jen v podmínkách existence permafrostu, i když patří do kategorie jeho nepřímých indikátorů (např. kryoplanační terasy, kryopedimenty, apod.).

K přímým geologickým důkazům existence pleistocenního permafrostu na území Československa patří pseudomorfózy po ledových klínech, mrazové klíny s primární výplní navátým pískem (sand wedges amerických autorů), postkryogenní textury v hloubce větší než byla někdejší činná vrstva, ostrohranné sutě proložené jemnějším materiálem v jeskyních v hloubce i větší než 100 m pod dnešním povrchem terénu (J. Demek 1984, str. 344) a mrazové narušení skalních hornin po puklinách, které se vyskytuje v hloubce větší než 10 m pod terénem. Na tomto místě je vhodné upozornit, že u nás dochází často k omylu tím, že se zaměňují zemní klíny za pseudomorfózy po ledových klínech. K nepřímým geologickým důkazům existence někdejšího permafrostu patří u nás zemní klíny, kryoturbace a kryogenní eluvium, dále pak glacigenní, geliflukční a niveoeolické sedimenty, sedimenty typu grèzes litées a hrubé zahlíněné sutě mocných pleistocenních akumulací při úpatí svahů.

K přímým geomorfologickým indikátorům někdejšího permafrostu patří u nás skalní ledovce a velké kamenné polygony. Takové přímé geomorfologické důkazy jako např. postpinga popisovaná ze západní Evropy nejsou u nás zatím známá. Rovněž nebyly dosud nalezeny alasy. Příčina toho může být v tom, že u nás nebyl vyvinut tzv. ledový komplex (což se nezdá být pravděpodobným), nebo že vhloubené tvary reliéfu související s táním podzemního ledu v permafrostu jsou pohřbeny pod eolickými sedimenty nejmladšího würmu, nebo že byly již tisíce let trvajícím zemědělským obděláváním půdy rozrušeny a konečně, že jsme je zatím nenašli. K nepřímým geomorfologickým dokladům pleistocenního permafrostu patří u nás kryoplanační terasy a vrcholové plošiny, kryopedimenty, nivační deprese, úpady (Dellen), klimaticky podmíněná asymetrická údolí, široká údolní dna svědčící o termoerozi, mrazové skalní formy

(tory, mrazové srázy a sruby), kamenné proudy, kamenná moře a geliflukční proudy. Pokud jde o kryoplanační terasy, náhorní kryoplanační plošiny a s nimi geneticky příbuzné kryopedimenty, považují je někteří autoři za přímý, jiní za nepřímý důkaz existence někdejšího permafrostu (viz J. Demek 1984, str. 344). Během mého pobytu v nejjižnější části Jakutské ASSR v roce 1984 v zóně nesouvislého výskytu permafrostu v oblasti Oljokmočarské hornatiny v okolí lokality Tarynnach zhruba 30 km od obce Torgo, měření teploty hornin, které prováděl v mnohých vrtech dr. M. N. Železňak z Institutu merzlotovedenija SO AN SSSR v Jakutsku a kterého jsem se osobně zúčastnil mimo jiné ukázalo, že a) na některých kryoplanačních terasách se permafrost vyskytuje, na jiných se nevyskytuje, b) v některých místech jedné a téže kryoplanační terasy je permafrost, na jiných místech není. Výskyt permafrostu je zde při průměrné roční teplotě vzduchu —5° C závislý na lokálních krajinných podmínkách (zejména na sněhových poměrech a cirkulaci podzemní vody). Přitom jsem v tomto území na všech kryoplanačních terasách nad horní hranicí lesa zjistil nesporné důkazy jejich intenzivního vývoje v současné době. To nasvědčuje tomu, že kryoplanační terasy a náhorní kryoplanační plošiny a tím i kryopedimenty jsou nepřímým důkazem existence permafrostu.

V závěru této kapitoly je vhodné se alespoň stručně zmínit o postkryogenních texturách (viz výše), které jsou nejlépe rozpracované sovětskými autory (E. M. Katasonov, G. F. Gravis, T. N. Žestkova aj.). Pod pojmem kryogenní textura (kryotextura) rozumíme charakter texturního ledu v sedimentech a zvětralinách, tj. tvar, velikost, orientaci a uspořádání ledových částic. Texturní led tvoří převážně čočky a vrstvičky od 0,1 do 6 cm. Po jeho roztání vznikají postkryogenní textury, které jsou jedním z nejlepších důkazů dřívějšího promrzání a jeho charakteru. Tvoří je prázdné prostory po někdejším ledu lemované železitou kůrou s mikrotříděním minerálů. Uchovaly se nejlépe tam, kde byl malý nebo střední obsah podzemního ledu. V sypkých píscích a ve štěrcích je zatím nelze rozpoznat. I když postkryogenní textury syngenetického a epigenetického promrzání jsou v ČSSR značně rozšířené, nebyla jim zatím věnována patřičná pozornost. Nejlepší možnosti jejich studia jsou u nás v hlinitých, siltovitých a jílovitých sedimentech, ve spraších a sprašových hlínách včetně fosilních půd, v jílovitých a siltovitých vložkách terasových sedimentů a pleistocenních náplavových kuželů, kde se nejčastěji vyskytuje čočkovitá, horizontálně páskovitá a síťovitá postkryogenní textura.

STAROPLEISTOCENNÍ A STŘEDOPLEISTOCENNÍ PERMAFROST

O tom, že již ve starém pleistocénu, tj. před více než 730 000 lety existoval na území Československa permafrost, můžeme tvrdit zatím jen na základě jedné lokality, a to Boršic u Buchlovic západně od Uherského Hradiště (T. Czudek 1982, str. 18, T. Czudek — P. Havlíček — J. Kovanda 1985, str. 185—198). Svědčí o tom horizontálně páskovitá postkryogenní textura, která je důkazem syngenetického promrzání (srov. E. M. Katasonov 1975, str. 34) písčitého jílu pod Brunhes-Matuyama hranicí. Poloha tohoto jílu dosahovala na některých místech uvedené lokality až 1,40—1,80 m a přitom není vyloučeno, že její povrch je erozní. Mocnost staropleistocenního permafrostu je na území Československa dosud neznámá, stejně tak jako problém, zda tento měl regionální nebo jen lokální rozšíření.

V období středního pleistocénu máme u nás bezpečné důkazy halštrovského a sálského zalednění malých území nejsevernějších částí Moravy (srov. nejnověji J. Macoun 1980, str. 113—132, 193—222) a Čech. Rovněž možnost výskytu horských ledovců v některých naších pohořích zejména v Tatrách již v době risského zalednění nevyvolává diskuse (M. Lukniš 1972, str. 145). Z toho je zřejmé, že území Čech, Moravy a Slovenska leželo bezpochyby v periglaciální zóně, která se vyznačovala intenzívním působením kryogenních procesů vázaných na chladné prostředí při průměrné roční teplotě povrchu terénu bezesporu nižší než 0°C. Výskyt syngenetických postkryogenních textur v sedimentech kontinentálních zalednění, zejména v morénových uloženinách halštrovského a sálského zalednění svědčí o existenci permafrostu v těchto obdobích. Tento názor podporují rovněž nálezy mrazových klínů starších než svrchní pleistocén, které i když zdaleka ne všechny jsou pseudomorfozami po ledových klínech, přece jenom svědčí o mrazových procesech vázaných na velmi nízké zimní teploty vzduchu. Nepřímými doklady existence permafrostu ve středním pleistocénu jsou i některé povrchové tvary georeliéfu (např. klimaticky podmíněná asymetrická údolí pod sedimenty sálského zalednění v severní části Moravské brány, kryoplanační terasy a kryopedimenty), které se sice mohou vyvíjet i v oblastech hlubokého sezonního promrzání, avšak nejlepší podmínky pro jejich vývoj jsou v kryolitozóně. V neposlední řadě jsou důkazem studených období ve středním pleistocénu i sprašové pokryvy z tohoto období.

MLADOPLEISTOCENNÍ PERMAFROST

O existenci permafrostu ve studených obdobích mladého pleistocénu máme již podstatně více přímých i nepřímých dokladů, a to zejména pro období od začátku pleniglaciálu než z dřívějších časových úseků. Zajímavý pokus o stanovení rychlosti jeho vzniku, mocnosti, teploty v různých hloubkách a rychlosti jeho tání provedli geofyzik dr. V. T. Balobajev a matematička dr. L. I. Šipicina podle metodiky vypracované dr. L. I. Šipicinou a podkladů dodaných autorem této práce během jeho pobytu v Institutu merzlotovedenija SO AN SSSR v Jakutsku na sedmi lokalitách, a to z oblasti Dolnomoravského úvalu (Hrušky sv. od Břeclavi), Táborské pahorkatiny (Nová Ves u Ml. Vožice ssv. od Tábora), Krušných hor (Cínovec), Východolabské tabule (Chotětice sev. od N. Bydžova) Vizovické vrchoviny (Vizovice), Hrubého Jeseníku (Praděd) a Tater (Lomnický štít). Při výpočtech na počítači byly brány v úvahu tepelný tok, tepelná vodivost, teplotní gradient (poskytnuté dr. Vl. Čermákem, DrSc., z Geofyzikálního ústavu ČSAV v Praze), teplotní vodivost (stejně jako u tepelné vodivosti pro nezmrzlé a zmrzlé horniny), objemová váha a vlhkost hornin a průměrná roční teplota povrchu terénu na začátku pleniglaciálu (cca 55 000 let B. P.) a v současné době. Protože při výpočtech nemohla být uvažována teplejší (interstadiální) období v pleniglaciálu a pozdním glaciálu, přehodnotil jsem získané údaje na svrchní pleniglaciál, tj. na časový úsek v délce zhruba 15 600 let od konce Denekampu (cca 28 000 let B. P.) do začátku Böllingu (cca 12 400 let B. P.). Největší problémy jsou zatím s hodnotami průměrných ročních teplot vzduchu a dobou jejich trvání, které ve svrchním pleniglaciálu byly u nás zřejmě o okolo 15° C nižší než dnes. Pro neznalost sněhových poměrů (mocnost, délka trvání sněhu apod.) jsou ještě větší těžkosti s průměrnou roční teplotou

Tab. 1. Permafrost ve svrchním pleniglaciálu na některých lokalitách v Československu

Lokalita	Současná nadmořská výška v metrech*)	Současná průměrná roční teplota vzduchu ve °C	Při průměrné roční teplotě povrchu terénu (°C) ve svrchním pleniglaciálu	Největší počáteční rychlost promrzání hornin		Maximální mocnost permafrostu v metrech
				do hloubky (m)	za cca let	
1. Hrušky — Dolnomoravský úval	172	9,0	—2	45	3 400	60
			—3	75	7 800	85
2. Nová Ves u Ml. Vožice — Táborská pahorkatina	440	7,3	—3	110	8 800	120
			—4	150	9 400	160
			—5	205	?	215
3. Cínovec — Krušné hory	859	4,5	—5	150	6 500	160
			—6	190	7 500	200
			—7	220	8 800	230
4. Chotětice — Východolabská tabule	248	8,2	—2	65	5 800	70
			—3	90	7 600	100
			—4	120	9 400	130
5. Vizovice — Vizovická vrchovina	394	7,0	—2	65	5 800	80
			—3	100	8 600	110
			—4	120	9 400	140
6. Praděd — Hrubý Jeseník	1491	0,9	—7	200	10 600	220
			—8	230	12 200	245
7. Lomnický štít — Tatry	2633	—3,7	—10	260	10 000	290
			—15	360	12 600	380
			—17	390	12 800	420

*) U lokalit 1—5 nadmořská výška vrtu, ve kterém byly měřeny geofyzikální údaje.

povrchu terénu. Proto byla vypočítána mocnost permafrostu na každé lokalitě pro 2—3 možné varianty teploty povrchu terénu na začátku a během svrchního pleniglaciálu (tab. 1). Z tabulky je pak možno odvodit mocnost permafrostu při eventuálních jiných průměrných ročních teplotách povrchu terénu.

Podle dosavadních znalostí lze předpokládat, že v období svrchního pleniglaciálu dosahovala mocnost permafrostu na území Československa od okolo 50 m do zhruba 250 m a ve výjimečných případech jako např. ve vrcholové části Tater až okolo 400 m. Tato mocnost, stejně tak jako obsah podzemního ledu, silně kolísala v jednotlivých oblastech vlivem místních, zejména fyzickogeografických a geologických podmínek. Permafrost měl v té době plošné rozšíření, i když se místy vyskytovaly taliky (např. podél Dunaje, v místech teplých minerálních pramenů — Karlovy Vary, Teplice, Piešťany apod.). Délka a rychlost jeho tání byly závislé rovněž na místních poměrech (např. mocnosti, obsahu ledu, tepelné vodivosti hornin, teplotě permafrostu, rychlosti a velikosti zvýšení teploty povrchu terénu). Při zvýšení teploty povrchu terénu došlo

k tání permafrostu nejprve zdola a po překročení 0° C i shora. Proto celková rychlost tání byla větší než promrzání hornin. Přesto trvala u nás přibližně od 2000 do 7000 let. Z toho lze soudit, že na naprosté většině území CSSR začalo výrazné tání shora a rozpad permafrostu zřejmě až v Allerödu. Přesto je velmi pravděpodobné, že reliktní permafrost se zachoval v určité hloubce pod povrchem terénu ještě v začátečních obdobích nebo v některých územích dokonce zhruba do poloviny holocénu.

Ve vrcholových polohách Tater lze předpokládat i v současné době reliktní permafrost v hloubce několika desítek až více než 100 m pod povrchem terénu, který může dosahovat mocnosti až okolo 100—200 m. V nejvyšších částech úzkých hřbetů, kde se sníh téměř nevyskytuje a průměrná roční teplota povrchu terénu je 0° C a nižší se může lokálně vyskytovat permafrost bezprostředně pod vrstvou sezonního promrzání a tání.

ZÁVĚR

Z předložené práce vyplývají tyto závěry:

1. V chladných obdobích pleistocénu existoval na území Československa permafrost.
2. Začal se tvořit již ve starém pleistocénu, tj. před více než 730 000 lety (před Brunhes-Matuyama hranicí).
3. V teplých obdobích docházelo k jeho tání, přitom není vyloučeno, že za vhodných podmínek se mohl starší permafrost zachovat do následujícího studeného období jako relikt v určité hloubce pod povrchem terénu.
4. Ve svrchním pleniglaciálu (cca 28 000—12 400 let B. P.) měl permafrost u nás plošné rozšíření. Jeho mocnost značně kolísala od místa k místu a dosahovala od okolo 50 m do zhruba 250 m, místy (v Tatrách) až okolo 400 m. Jeho tání trvalo přibližně 2000 až 7000 let.
5. Na naprosté většině území Československa začalo výrazné tání shora a rozpad permafrostu zřejmě až v Allerödu a je velmi pravděpodobné, že jeho relikt se zachoval v určité hloubce pod povrchem terénu ještě na začátku a v některých územích dokonce zhruba do poloviny holocénu.
6. Obsah ledu v permafrostu kolísal od místa k místu a za vhodných podmínek mohl dosahovat v pleistocenních sedimentech lokálně až okolo 70 %, většinou však v epigeneticky a syngeneticky promrzlých sedimentech do 40—50 % objemu.
7. Ve vrcholových polohách Tater lze v hloubce několika desítek až více než 100 m předpokládat reliktní permafrost i v současné době, který může dosahovat mocnosti až zhruba 100—200 m a v nejvyšších částech úzkých hřbetů může být lokálně permafrost i bezprostředně pod dnešní vrstvou sezonního promrzání a tání.

LITERATURA

1. BALOBAJEV, V. T., — PAVLOV, A. V.: Dinamika kriolitozony v svjazi s izmenenijami klimata i antropogennym vozdejstvijem. Problemy geokriologii „Nauka", Moskva 1983, ss. 184—194. — 2. ČERMÁK, Vl.: First heat flow map of Czechoslovakia. Geofyzikální sborník XXIV (1976), No 461, Praha 1976, ss. 245—261. — 3. CZUDEK, T.: Zur Thermoerosion und Talentwicklung in Mähren (ČSSR). Přírodovědné práce ústavů ČSAV v Brně XVI, N. S., *1*, Brno 1982, ss. 1 — 36. — 4. CZUDEK, T. — HAVLÍČEK, P. — KO-

VANDA, J.: Paleogeografický význam náplavového kužele jv. od Boršic u Buchlovic. Časopis pro min. a geol. *30,* 2, Praha 1985, ss. 185—198. — 5. DEMEK, J.: Fossil periglacial phenomena in Czechoslovakia and their paleoclimatic evaluation. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Purkynianae Brunensis 14 (1984), 7 (Geographia), Brno 1984, ss. 343—348. — 6. EISSMANN, L.: Periglaziäre Prozesse und Permafroststrukturen aus sechs Kaltzeiten des Quartärs. Altenburger Naturwiss. Forsch. *1,* Altenburg 1981, ss. 1—171. — 7. KARTE, J.: Zur Rekonstruktion des weichselhochglazialen Dauerfrostbodens im westlichen Mitteleuropa. Bochumer Geogr. Arb. *40,* Paderborn 1981, ss. 59—71. — 8. KARTE, J.: Periglacial Phenomena and their Significance as Climatic and Edaphic Indicators. GeoJournal 7, 4, Wiesbaden 1983, ss. 329—340. — 9. KATASONOV, E. M.: Frozen-ground and facial analysis of Pleistocene deposits and paleogeography of Central Yatukia. Biuletyn Perygl. *24,* Łódź 1975, ss. 33—40. — 10. LUKNIŠ, M.: Reliéf. In: Slovensko — príroda. Obzor, Bratislava 1972, ss. 124—202.

11. MAARLEVELD, G. C.: Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the last glacial time in the Netherlands. Biuletyn Perygl. *26,* Łódź 1976, ss. 57—78. — 12. MACOUN, J.: Paleogeografický a stratigrafický vývoj Opavské pahorkatiny v pleistocénu 1, 2. Čas. Slezského muzea, A, *29,* 2—3, Opava 1980, ss. 113—132, 193—222. — 13. SEKYRA, J.: Působení mrazu na půdu — kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. Geotechnica *27,* Praha 1960, ss. 1—164. — 14. VAŠKOVSKÝ, I.: Kvartér Slovenska. Geol. ústav D. Štúra, Bratislava 1977, 247 s. — 15. WASHBURN, A. L.: Permafrost Features as Evidence of Climatic Change. Earth-Science Reviews 15 (1979/1980), Amsterdam 1980, ss. 327—402.

Тадеаш Чудек

ПЛЕЙСТОЦЕНОВАЯ МЕРЗЛОТА НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕХОСЛОВАКИИ

В холодные периоды плейстоцена на территории Чехословакии существовала вечная мерзлота. Она начала образоваться уже в нижнем плейстоцене, т. е. более чем 730 000 лет тому назад (до границы Брюнес — Матуяма). В периоды потепления имело место ее оттаивание, причем не исключено, что при благоприятных условиях слой многолетнемерзлых пород мог на определенной глубине от дневной поверхности сохраниться в качестве реликта вплоть до следующей холодной эпохи. В верхнем плейстоцене (прибл. 28 000—12 400 лет назад) у нас была сплошная мерзлота. Мощность мерзлых пород значительно колебалась. По расчетам (выполненным на ЭВМ) она находилась в пределах от прибл. 50 м до прибл. 250 м, местами (напр. Татры), однако, она доходила даже до 400 м. Деградация мерзлых пород длилась приблизительно 2000 — 7000 лет. На преобладающей части территории Чехословакии выразительное оттаивание сверху и общая деградация многолетнемерзлых пород начались, по всей вероятности только в Аллереде. Их реликты, вероятно, сохранились на определенной глубине от дневной поверхности еще в начале голоцена, а на некоторых местах даже приблизительно до половины голоцена. Содержание льда в мерзлых породах колебалось и при благоприятных условиях оно в плейстоценовых отложениях могло местами доходить даже до прибл. 70 %, однако в большинстве случаев в эпигенетически и сингенетически мерзлых отложениях оно доходило до 40 — 50 % по объему. В водораздельных участках Татр на глубине от нескольких десятков до более чем 100 м можно и в настоящее время предполагать наличие реликтовой мерзлой зоны, мощность которой может составлять около 100 — 200 м, а в самых высоких частях узких хребтов мерзлота может местами находиться даже непосредственно под современным слоем сезонного промерзания и протаивания.

Табл. 1. Вечная мезлота в верхнем плейгляциале на некоторых местах в Чехословакии.

Перевод: Е. Пешкова

Tadeáš Czudek

PLEISTOCENE PERMAFROST IN CZECHOSLOVAKIA

On the territory of Czechoslovakia, permafrost existed in cold climatic conditions of the Pleistocene. During the warm times permafrost thawing took place. But it cannot be excluded that, under favourable conditions, the previous permafrost could persist till the following cold stage in relic form at a certain depth below the ground surface. Its formation started as early as the Early Pleistocene, i. e. more than 730 000 years B. P. (prior to the Brunhes-Matuyama boundary). In the Upper Pleniglacial (approximately 28 000—12 400 years B. P.) continuous permafrost existed in Czechoslovakia. Its thickness was well variable and attained (according to computer data) from about 50 m to approximately 250 m, and up to 400 m in some places (Tatra Mts.). Its thawing lasted about 2 000 up to 7 000 years. In the greatest part of Czechoslovakia the main phase of permafrost thawing from the surface down and its breaking-up into patches seemed to have started as late as the Alleröd. It is very probable that relic permafrost persisted at a certain depth below the landsurface even until the Early Holocene, and in some areas probably up to the Middle Holocene. The ice content in rocks varied and, under favourable conditions, could attain as much as 70 % locally in the Pleistocene deposits, mostly, however, up to 40—50 % by volume in syngenetic as well as epigenetic frozen Tertiary and Pleistocene sediments. In the summit parts of the Tatra Mts. relic permafrost can be assumed to exist in thicknesses of about 100—200 m at the depth of several tens and even more than 100 m at the present time. But in the highest parts of the narrow mountain ridges permafrost can occur, in some places, even directly beneath the present zone of annual freezing and thawing.

Table 1. Upper Pleniglacial Permafrost in some Localities in Czechoslovakia.

Translated by author