

MILOŠ NOSEK

## O NOVĚJŠÍCH TEORIÍCH KLIMATICKÝCH ZMĚN V GEOLOGICKÉ MINULOSTI ZEMĚ (P. P. PREDTEČENSKÉHO A G. C. SIMPSONA)

Na stránkách našeho časopisu podal J. Krejčí (2) hlavní myšlenky a některá schémata Simpsonovy teorie příčin čtvrtohorního zalednění. Tato v každém případě neobyčejně duchaplná teorie podložená meteorologickou spekulací opřenu o změny slunečního záření vyhovovala výsledkům geologických a geografických výzkumů své doby. I když nenalezla ani jednoznačného souhlasu ani úplného zamítnutí, přece našla velký ohlas a uznání u značné části meteorologů a geografů a značně zatlačila do té doby velmi rozšířené geologické hypotézy změn podnebí a značně otrásla i posicemi astronomických hypotéz.

Na názory G. C. Simpsona (7) a V. Ju. Vizeho navázal P. P. Predtečenskij (4, 5), který sestavil schéma závislosti změn podnebí v průběhu geologických dob na změně sluneční činnosti, jež ovlivňuje všeobecnou cirkulaci ovzduší. Predtečenskij uvažuje, že při zesílení sluneční činnosti začnou převládat synoptické děje advekcčního typu, při jejím zeslabení pak stacionárního typu. To vede ke zmenšení kontinentálnosti podnebí každého cirkulačního pásu v případě prvním a ke zvětšení kontinentálnosti podnebí v případě druhém. Výměna vzduchových hmot mezi různými cirkulačními (a tedy i klimatickými) pásy se uskutečňuje vždy, avšak více nebo méně intenzívně v různých obdobích v závislosti na stupni uspořádání meteorologických dějů.

Při zesílení sluneční činnosti dochází k těmto změnám v zonálních cirkulacích:

1. Zesílení sluneční aktivity se projevuje především v rovníkovém a tropickém páse, kde nejsou téměř rozdíly v přívodu záření během celého roku. Hranice těchto pásů se posouvají do vyšších šířek spolu se subtropickými pásy vysokého tlaku. Teploty těchto pásů o něco poklesnou (asi o  $1^{\circ}\text{C}$ ) v důsledku příčin podaných Simpsonem (7).
2. Hranice polárních pásů sestoupí do nižších šířek, protože zesílení cirkulace vede k častějším meridionálním vpádům vzduchových hmot z polárních pánví. Průměrné teploty těchto pásů, zvláště v chladném pololetí podle V. Ju. Vizeho a B. L. Dzerdzejevského značně vzrostou.
3. Při tom ubývá rozlohy pásu mírných šířek a ponebí se stává kontinentálnější. V tomto páse lze při tom zřetelně rozlišit dva dílčí pásy — severní a jižní — se značnými klimatickými rozdíly. Hranice mezi nimi nezůstává stálá a posouvá se do vyšších či nižších šířek v závislosti na intenzitě zonálních cirkulací polárních oblastí a subtropických maxim. Rozvoj všeobecné cirkulace ovlivňuje jak krátkodobá kolísání sluneční aktivity, tak i její dlouhodobé rytmy.

4. V důsledku zesílení všeobecné cirkulace se zmenší (zvláště v zimě) termický gradient mezi rovníkem a pólem. Teplota rovníkového a tropického pásu klesá při zesílení všeobecné cirkulace na účet ztráty energie na výstup obrovských hmot vzduchu vzhůru a přetékání vzduchu k pólům.

Při zeslabení sluneční činnosti se všechny výše uvedené děje rozvíjejí v obráceném sledu.

P. P. Predtečenskij pak podal schéma polohy klimatických pásů, které přináší obr. 1. Toto vyobrazení dává představu o poloze klimatických pásů v období maximální činnosti (e); tehdy převládá zřetelně meridionální cirkulace, pás mírných šířek mizí, teplotní gradient rovník-pól nabývá nejnižších hodnot. Subtropická tlaková maxima jsou posunuta k pólům a neuzavírají všeobecnou cirkulaci rovníkového pásu; proto téměř mizí pouště. Podnebí se stává oceaničtějším a stejnorodějším na obrovských územích; důkazem toho je flóra této epochy.

Polohu klimatických pásů v době minimální sluneční činnosti dává obr. 1a. V této epoše má cirkulace ráz téměř výlučně západovýchodního přenosu vzduchu, podnebí se stává výrazně kontinentálním, pouště dosahují největšího rozvoje a pásy mírných šířek dosahují největší rozlohy. Přechodná stadia mezi oběmi zmíněnými krajními situacemi jsou v obr. 1b až 1d. Pod obrázkem je uvedeno, kterým geologickým dobám uvedená rozložení klimatických pásů přísluší.

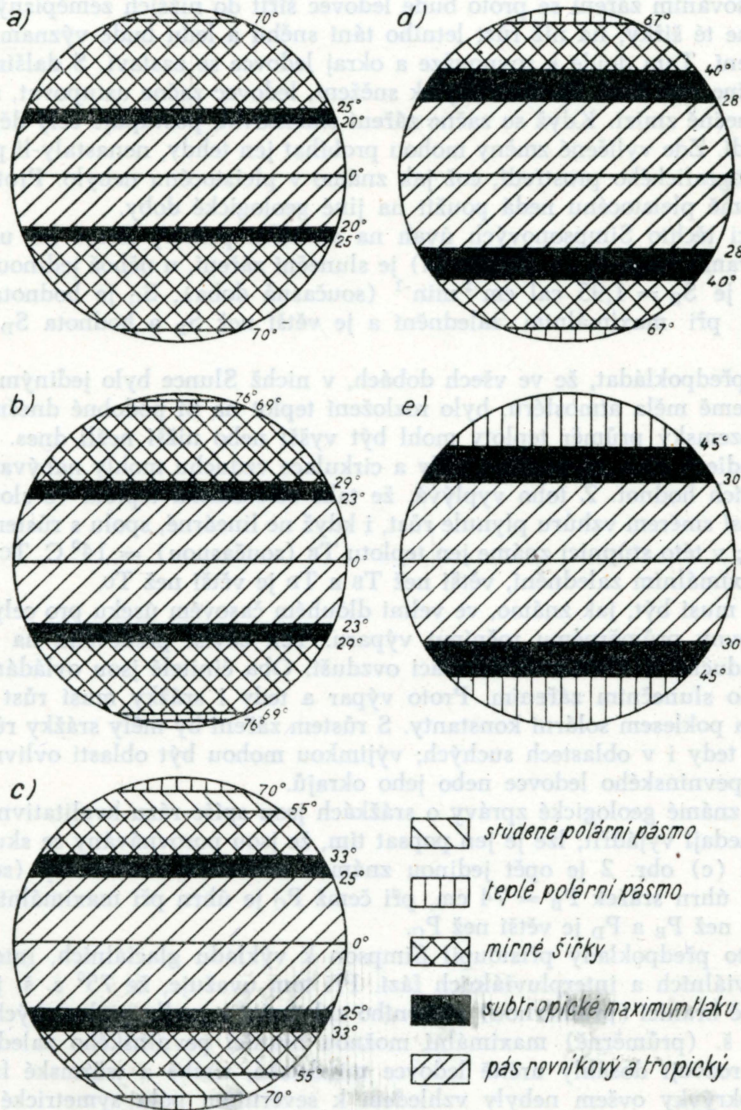
Odhadnout délku jednotlivých fází tohoto schématu není snadné; podle Predtečenského je nejdelší fáze odpovídající maximu sluneční činnosti, nejkratší je fáze ledovcové epochy (ne více než 1,5 miliónů let).

Od r. 1934, kdy G. C. Simpson předložil svoji teorii příčin čtvrtohorních klimatických změn, byla prehistoriky a geology vykonána řada výzkumů týkajících se pleistocénu. Byly odkryty, zejména v Africe, nové poznatky o pluvialech a byly poznány ještě před gúnzecem další ledové fáze. To byly okolnosti, které vedly Simpsona k tomu, aby svoji teorii podrobil kritice a uvedl ji v soulad s nejnovějšími poznatky geologie. Výsledkem tohoto studia je nové podání teorie slunečního záření a jeho vlivech na teplotu, srážky, ledovcové a pluvialní fáze (6). Část výsledků tohoto studia přináší obr. 2, který ukazuje vztahy mezi následností glaciálních a pluvialních fází a jejich závislostí na změnách slunečního záření.

G. C. Simpson vychází z bilance záření a ze současné hodnoty solární konstanty definované  $1,95 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ . Vzroste-li solární konstanta, je jejím prvním důsledkem růst „efektivního slunečního záření“ ve všech částech Země. Předpokládáme-li existující podmínky, měly by vzrůst teploty zemského povrchu a atmosféry v rovníkových oblastech více než v polárních. To musí vést k růstu teplotního gradientu mezi rovníkem a pólem; důsledkem toho je pak zvětšení intenzity všeobecné cirkulace. Zde také vidíme shodu s názory Predtečenského. Růst pohybu vzduchu a teploty vede ke zvýšenému výparu z pevnin a vodstva, k růstu oblačnosti a srážek vracejících se v podobě deště a sněhu zpět k zemi. Při zvětšení oblačnosti vzroste samozřejmě *albedo*; v důsledku toho nebude růst „efektivního slunečního záření“ úměrný růstu solární konstanty, bude menší, avšak i tak vyvolá další růst teploty systému země-atmosféra. Tím vzroste též zemské vyzařování. Tím způsobem dochází při růstu záření stále k ustavování nové rovnováhy, která se udržuje tak dlouho, dokud nedojde k další změně solární konstanty. Takto primární změny (solární konstanty) vyvolávají změny sekundární (zvýšení *albeda*, oblačnosti srážek atd.), v nichž leží paradox slunečního záření, totiž že růst záření vede k zaledněním. Zvýšení oblačnosti se projevuje ve třech klimatických pásech a to v rovníkovém a v mírných (severní a jižní

*Schema rozložení klimatických pásem v geologické minulosti.*

(Podle P.P. Predtečeniského.)



a) trias b) svrchní perm c) ledovcové epochy  
d) eocén oligocén, miocén e) paleocén

polokoule). V mírném páse roste též teplota, zejména v zimě, ne však v důsledku záření, nýbrž v důsledku zvýšení advekce teplého a vlhkého vzduchu nižších šířek; takto se tu zvyšuje i sněžení. Rostoucí oblačnost snižuje v létě sluneční záření a tím se snižuje tání sněhu. To jsou také podmínky, které jsou v literatuře uváděny jako potřebné k zalednění vysokých zeměpisných šířek a velehor.

Se zvyšováním záření se proto bude ledovec šířit do nižších zeměpisných šířek, až dosáhne té šířky, na níž růst letního tání sněhu a ledu bude významnější než růst sněžení. Tam dojde k rovnováze a okraj ledovce se zastaví. S dalším růstem záření začne růst tání, nastane úbytek sněžení, ledovec začne ustupovat, zmenšuje se, až konečně zmizí. Když se začne záření zmenšovat, postupuje celý děj v opačném pořadí. Zde vylíčené změny mohou probíhat jen tehdy, nenastaly-li podstatné změny geografického prostředí, což jak známo v pleistocénu nebylo. Proto se této teorie kromě pleistocénu nedá použít na jiné geologické doby.

Aplikaci těchto Simpsonových úvah na aktuální poměry Země lze ukázat na jeho diagramu (obr. 2). V sloupci (a) je sluneční záření, u něhož jedinou známou hodnotou je  $S_B = 1,95 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$  (současná doba),  $S_C$  je hodnota solární konstanty při maximálním zalednění a je větší než  $S_B$  a hodnota  $S_D$  je vyšší než  $S_C$ .

Dá se předpokládat, že ve všech dobách, v nichž Slunce bylo jediným zdrojem tepla a Země měla atmosféru, bylo rozložení teplot na ní podobné dnešnímu, při čemž celozemský průměr teploty mohl být vyšší nebo nižší nežli dnes. Také teplotní gradient mezi rovníkem a póly a cirkulace vzduchu mohly nabývat vyšších nebo nižších hodnot. Z toho vyplývá, že také celozemská teplota ve sloupci (b) obr. 2 musí směrem vzhůru plynule růst, i když ne lineárně, spolu s růstem solární konstanty; v této stupnici známe jen teplotu  $T_B$  (současnou) =  $14^\circ \text{C}$ .  $T_C$  je teplota při maximálním zalednění, větší než  $T_B$  a  $T_D$  je větší než  $T_C$ .

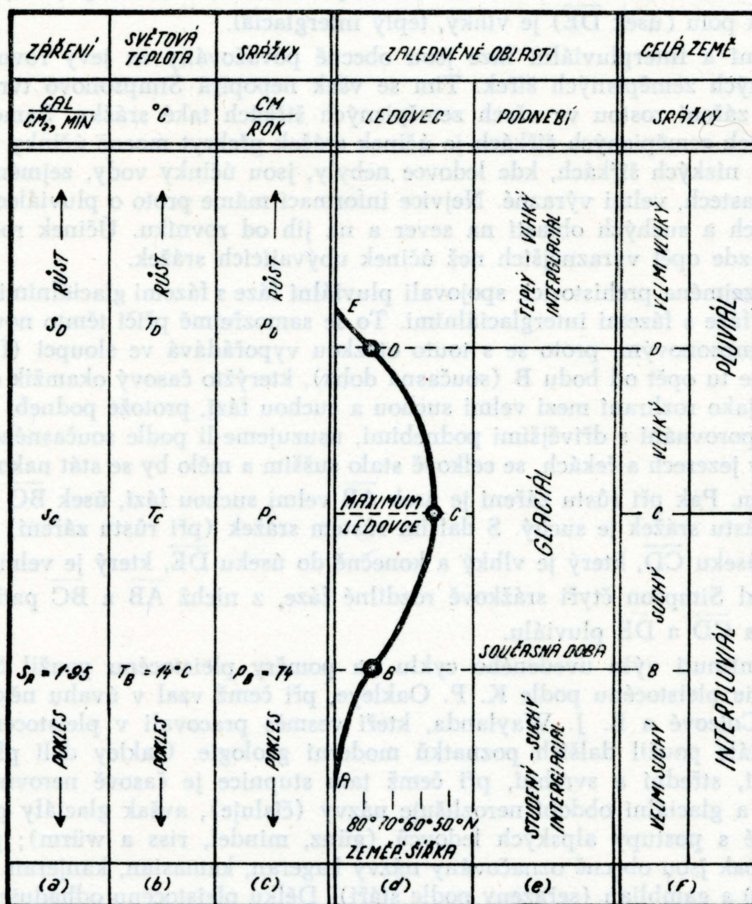
Srážky musí být, jak známo, ve velmi dlouhém časovém úseku pro celý zemský povrch rovny průměrnému ročnímu výparu. Ten závisí především na přízemní teplotě vzduchu a všeobecné cirkulaci ovzduší. Oba činitele jsou ovládány přímo či nepřímo slunečním zářením. Proto výpar a tedy i srážky musí růst a klesat s růstem a poklesem solární konstanty. S růstem záření by měly srážky růst všude na Zemi, tedy i v oblastech suchých; výjimkou mohou být oblasti ovlivněné přítomností pevninského ledovce nebo jeho okrajů.

Dosud známé geologické zprávy o srážkách jsou spíše rázu kvalitativního a číselně se nedají vyjádřit; lze je jen popsat tím, že jsou porovnávány se skutečností. V sloupci (c) obr. 2 je opět jedinou známou hodnotou celozemský (současný) průměrný úhrn srážek  $P_B = 74 \text{ cm}$ , při čemž  $P_C$  je úhrn při maximálním zalednění větší než  $P_B$  a  $P_D$  je větší než  $P_C$ .

S těmito předpoklady přistoupil Simpson k výkladu glaciálních, interglaciálních, pluvialních a interpluvialních fází. Při tom uvažuje, že  $75^\circ \text{s. š.}$  je v současné době hranicí (průměrnou) polárního zalednění a podle geologických důkazů je  $55^\circ \text{s. š.}$  (průměrně) maximální možnou hranicí pevninského zalednění, již v plném rozvoji dosáhly určitě ledovce mindelské, risské a würmské fáze; tyto ledové pokrývky ovšem nebyly vzhledem k severnímu pólu symetrické (v Asii k  $60^\circ \text{s. š.}$ , v sev. Americe k  $40^\circ \text{s. š.}$ ). Také alpské zalednění dosáhlo současně ve všech zmíněných fázích průměrně vždy téže hranice; totéž platí i pro severní Ameriku.

Ve sloupci (d) obr. 2 je znázorněn průběh pevninského zalednění vzhledem k slunečnímu záření, teplotě vzduchu a k srážkám. Na této stupnici jsou známy tři body, B — zalednění v současné době (k  $75^\circ \text{s. š.}$ ), zalednění maximální C

(k 55<sup>0</sup> s. š.) a D (k 75<sup>0</sup> s. š.) při pokračujícím růstu záření. Vydeme-li od bodu B a postupujeme-li s rostoucím zářením, dojdeme k maximum C, kde je na okraji ledovce rovnováha mezi táním a doplňováním ledu z ledovce. S dalším zvyšováním záření roste teplota i srážky, avšak podíl sněhu se zmenšuje, roste též tání a ledovec se postupně zmenšuje až dosáhne bodu D a konečně E, čili zmizí. Při



2. Změny slunečního záření a podnebí (podle G. C. Simpsona).

zmenšování záření počínaje B, snižují se teploty i srážky a ledovec se stáhne k A, čili zmizí. Hodnota  $S_C$ , při níž je dosaženo maxima zalednění, závisí na tvaru Země a na chemickém složení atmosféry; tyto parametry se během pleistocénu a pravděpodobně ani v žádné geologické době nezměnily a proto nemohl, při nejmenším v pleistocénu, ledovec zasáhnout dále než k 55<sup>0</sup> s. š. a k ní dosáhl jen tehdy, nabyla-li solární konstanta hodnoty  $S_C$ . Tuto hodnotu však neznáme a nelze jí za současného stavu znalostí určit.

V sloupci (e) obr. 2 je znázorněn ráz podnebí odpovídající změnám slunečního záření. V této stupnici je jediným známým bodem časové vymezení B (současná

doba), které klade Simpson jako rozhraní mezi glaciálem, který teprve nedávno skončil a studeným a suchým interglaciálem, do něhož spějeme. Tento interglaciál (úsek  $\overline{AB}$ ) je charakterizován růstem záření od A a postupem ledovce k  $75^{\circ}$  s. š. od pólu. Období, v němž při růstu záření se ledovec posunuje od  $75^{\circ}$  s. š. k jihu, až dosáhne nejzazší hranice  $55^{\circ}$  s. š. a pak ustoupí opět k  $75^{\circ}$  s. š. (úsek  $\overline{BCD}$ ) je glaciální fází. Konečně období, v němž při růstu záření ustupuje ledovec od  $75^{\circ}$  s. š. k pólu (úsek  $\overline{DE}$ ) je vlhký, teplý interglaciál.

Pluviální a interpluviální fáze jsou obecně považovány za jevy rovníkových nebo nízkých zeměpisných šířek. Tím se však nepopírá Simpsonovo tvrzení, že s růstem záření rostou ve všech zeměpisných šířkách také srážky. Samozřejmě, ve vysokých zeměpisných šířkách je účinek srážek překryt mocně účinky ledovce, zatímco v nízkých šířkách, kde ledovce nebyly, jsou účinky vody, zejména v suchých oblastech, velmi výrazné. Nejvíce informací máme proto o pluvialech právě z pouštních a suchých oblastí na sever a na jih od rovníku. Účinek rostoucích srážek je zde opět výraznější než účinek ubývajících srážek.

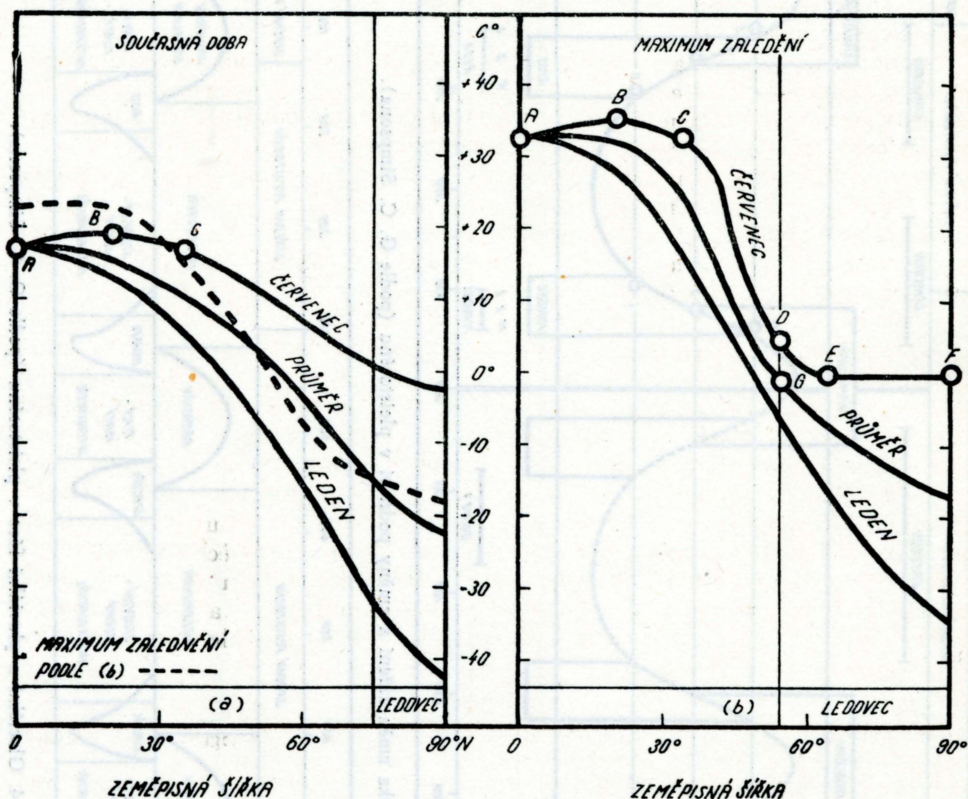
Dříve, zejména prehistorici, spojovali pluviální fáze s fázemi glaciálními a interpluviální fáze s fázemi interglaciálními. To se samozřejmě přičítá těmto novým názorům Simpsonovým; proto se s touto otázkou vypořádává ve sloupci (f) obr. 2. Vycházíme tu opět od bodu B (současná doba), kterýžto časový okamžik definuje Simpson jako rozhraní mezi velmi suchou a suchou fází, protože podnebí nízkých šířek při porovnání s dřívějšími podnebími, usuzujeme-li podle současného rozsahu vody v jezerech a řekách, se celkově stalo sušším a mělo by se stát nakonec velmi suchým. Pak při růstu záření je úsek  $\overline{AB}$  velmi suchou fází, úsek  $\overline{BC}$  při současném růstu srážek je suchý. S dalším růstem srážek (při růstu záření) přecházíme do úseku  $\overline{CD}$ , který je vlhký a konečně do úseku  $\overline{DE}$ , který je velmi vlhký. Tak dostal Simpson čtyři srážkově rozdílné fáze, z nichž  $\overline{AB}$  a  $\overline{BC}$  patří interpluviálu a  $\overline{CD}$  a  $\overline{DE}$  pluviálu.

K promítnutí výše uvedeného cyklu na poměry pleistocénu použil Simpson chronologie pleistocénu podle K. P. Oakleye, při čemž vzal v úvahu některé závěry S. Coleové a E. J. Waylanda, kteří vesměs pracovali v pleistocénu jižní Afriky; dále použil dalších poznatků moderní geologie. Oakley dělí pleistocén na spodní, střední a svrchní, při čemž tato stupnice je časově nerovnoměrná; pluviální a glaciální období nerozlišuje názvy (čísluje), avšak glaciály považuje za shodné s postupy alpských ledovců (günz, mindel, riss a würm); pluviály v Africe pak jsou obecně označovány názvy kageran, kamasian, kanjeran (mladší kamasian) a gamblian (seřazeny podle stáří). Délku pleistocénu odhaduje Oakley na 1 milión roků. Glaciály a pluviály klade do paralelismu.

Uvedenou chronologii použil Simpson k sestavení křivky průběhu podnebí v pleistocénu (obr. 3), při čemž tuto chronologii uvedl v soulad se svojí radiální teorií. Smysl vyobrazení je tak zřejmý, že nepotřebuje bližšího popisu. Tři dobře známé glaciální fáze mindel, riss a würm patří pak střednímu a svrchnímu pleistocénu a ve spodním pleistocénu jsou další tři glaciální fáze, z nichž jedna by měla být günz (dosud každé poznané starší zalednění než mindel je považováno za günz). Jediný z pluviálů staršího pleistocénu kageran u Simpsona značně předchází Oakleyovo datování. Tento pluviál je doložen lidskou kulturou (kafuánskou), která může být považována za jednu z nejstarších na světě vůbec. Poslední dva Oakleyovy pluviály spojil Simpson v jeden s podotknutím, že mezi nimi bylo jen krátké přerušení, jak dokládá též S. Coleová. Důkazy správnosti této klima-



Některé kritiky meteorologů před zveřejněním této teorie přivedly Simpsona k tomu, že se uvedenou teorií snaží ještě ověřit na zonálním rozložení teplot na zidealizované Zemi. Obr. 5 (a) znázorňuje teploty v současné době, jak je stanovil Meinardus, obr. 5 (b) znázorňuje teploty, které jsou stanoveny Simpsonem pro období maximálního zalednění. Experimentálním postupným sestřováním křivek při zvyšování teplot po 2° C a za použití teoretických úvah o teplotách bě-



5. Průběh teplot na zidealizované Zemi (a) v současné době, (b) v době maximálního zalednění (podle G. C. Simpsona).

hem roku v oblastech zaledněných a nezaledněných došel k tomu, že maximálnímu zalednění nejlépe vyhovuje zvýšení teploty na rovníku o 6° C proti současné době. Jak se změnila teploty v ostatních zeměpisných šířkách je zřejmé z obr. 5 (b).

Podobně jako u prvního podání Simpsonovy teorie, jsou i zde uvedené názory velmi duchaplné. Dřívější jeho teorie byla však více meteorologickou spekulací; tato nová teorie mnohem více přihlíží k novým výsledkům geologických výzkumů a podřizuje se jim. Je na dalších geologických, prehistorických a meteorologických výzkumech, aby daly snad i konečné slovo k této nové Simpsonově teorii slunečního záření.



## Závěr.

Byly probány dvě novější teorie změn podnebí v geologické minulosti opírající se o příčiny ve změnách slunečního záření.

Teorie P. P. Predtečenského vykládá obecně změny polohy a rozsahu klimatických pásů v minulosti Země s přihlédnutím ke změnám cirkulace atmosféry, která je více nebo méně intenzivní v závislosti na změnách záření, či přechází ze zonální v meridionální. Obr. 1 přináší obraz klimatických pásů v době maximální a minimální sluneční činnosti. Současně přináší obraz klimatických pásů v některých geologických dobách.

Teorie G. C. Simpsona se zabývá výlučně klimatickými změnami pleistocénu. Protože Simpsonova teorie z r. 1934 je obecně známa a je řadou našich odborníků brána v úvahu, je nutno upozornit na některé podstatné odlišné závěry této nové teorie, čehož se sám Simpson ve svém referátu nedotýká.

Zatímco dříve Simpson došel k závěru (7), že v pleistocénu došlo k dvojitému cyklu záření se čtyřmi glaciály a dvěma pluviály, dochází nyní (6) k závěru, že v pleistocénu proběhl trojitý cyklus změn záření, během něhož v druhé polovině pleistocénu (středním a svrchním) se vystřídaly tři glaciální fáze (mindel, riss a würm) a v první polovině (ve spodním) pleistocénu byly další tři fáze, z nichž jedna je patrně günz. Dříve kladl současnou dobu (2) do studeného a suchého interglaciálu (3), nyní ji klade na rozhraní jmenované fáze a glaciálu. Na rozdíl od dřívějších závěrů neuvádí v časový souhlas pluvial nízkých zeměpisných šířek s dvojitými glaciály přerušených teplým a vlhkým interglaciálem, nýbrž počátek pluviálu klade do období maximálního rozvoje glaciálu prvního a ukončení do období maximálního rozvoje glaciálu druhého přerušených teplým a vlhkým interglaciálem. Středy studených a suchých interglaciálů souhlasí se středy interpluviálů. Dříve uvažoval pluviály dva během celého pleistocénu, nyní rozlišuje pluviály tři. Dalším významným krokem je pak časové určení těchto jednotlivých fází, při čemž lze i zhruba odhadnout polohu okrajů ledovce. Na rozdíl od prvního podání se nyní plně opírá o nejnovější poznatky geologických a prehistorických výzkumů. Další výzkumy v tomto směru mohou ověřit jak dalece je tato teorie správná.

## Literatura.

1. ALISOV B. P., DROZDOV O. A., RUBINŠTEJN E. S., Kurs klimatologii, I, II, Leningrad 1952.
2. KREJČÍ JAN, Simpsonova teorie o příčinách čtvrtohorních ledových dob. Sborník čs. spol. zeměpisné, roč. XXXXII, Praha 1936.
3. NOSEK MILOŠ, Žijeme v době meziledové? Věda a život, č. 1, Brno 1960.
4. PREDTEČENSKIJ P. P., Cikličnost v kolebanjich solnečnoj dejatelnosti. Trudy GGO, vyp. 8 (70), Leningrad 1948.
5. Klimaty geologičeskogo prošlogo i schema zavisimosti ich ot izmenenij solnečnoj aktivnosti. Trudy GGO, vyp. 8 (70), Leningrad 1948.
6. SIMPSON G. C., Further studies in World climate. Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc. Vol. 83, London 1957.
7. World Climates during the Quarternary period. Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc. LX., London 1934.

## ZUSAMMENFASSUNG.

In diesem Artikel wurden zwei neuere Theorien der Klimaänderungen der geologischen Vergangenheit diskutiert, die sich um die Ursachen der Veränderungen der Radiation der Sonne unterstützen.

Die Theorie von P. P. Predtečenskij erklärt die Veränderungen der Lage und der Ausdehnung der Klimagürtel in der Vergangenheit der Erde unter Berücksichtigung der Veränderungen der atmosphärischen Zirkulation, die mehr oder weniger intensiv ist, was von den Veränderungen

der Radiation abhängig ist, sowohl auch der Übergang von der zonalen zu der meridionalen Zirkulation. Die Abb. 1 bringt das Bild der Klimagürtel in der Zeit der maximalen und minimalen Sonnentätigkeit, sowohl auch das der Klimagürtel in gewissen geologischen Zeiten.

Die Theorie von G. S. Simpson beschäftigt sich ausschließlich mit den Veränderungen des Klimas während des Pleistozäns. Weil die Simpsons Theorie aus dem Jahre 1934 allgemein bekannt ist und die ganze Reihe der Wissenschaftler nimmt die in Betracht, zeigt es sich notwendig auf gewisse wesentlich abweichende Schlussfolgerungen dieser neuen Theorie aufmerksam machen, was Simpson selbst in seinem Referate nicht getan hat.

In der ersten Darlegung seiner Theorie ist Simpson zum Schluss gekommen, dass im Pleistozän zu doppeltem Zyklus der Radiation mit vier Glazialen und zwei Pluvialen gekommen ist, jetzt meint er aber, dass in dieser Epoche dreifacher Zyklus der Radiation durchgelaufen ist, während dessen, in der zweiten Hälfte des Pleistozäns (das ist im mittleren und oberen), sich drei glaziale Phasen (Mindel, Riss und Würm) abgelöst haben und in der ersten Hälfte (das ist im unteren) noch drei glaziale Phasen, deren eine wahrscheinlich Günz war. Früher hat Simpson die Gegenwart in die Zeit des kalten und trockenem Interglazials gelegt, heute aber auf die Grenze des genannten Interglazials und des vorübergegangenen Glazials. Im Gegensatz von früheren Anschauungen, legt er den Beginn des Pluvials in die Zeit der maximalen Ausdehnung der ersten Glazials und die Beendigung in die Zeit der maximalen Ausdehnung des nach dem warmen und feuchten Interglazials folgenden Glazials fest. Die Mittelpunkte der kalten und trockenen Interglaziale vereinigen mit den Mittelpunkten der Interpluviale. Neu sehen wir auch drei Pluviale anstatt früher zwei. Bedeutender Schritt dieser Theorie ist die zeitliche Bestimmung der einzelnen Phasen, wobei man auch die Lage der Rande der Gletscher grob abschätzen kann. Die neue Theorie stützt sich auch mehr als früher um neue Kenntnisse der neusten geologischen und prähistorischen Forschungen. Die Zukunft wird erst zeigen, inwieweit diese Theorie richtig ist.

## РЕЗЮМЕ

Исследованию подверглись две недавно возникшие теории о переменах климата в геологическом прошлом, опирающиеся на перемены в солнечном сиянии.

Теория П. П. Предтеченского объясняет изменения положения и величины климатических поясов в прошлом Земли, учитывая изменения циркуляции атмосферы, которая становится более или менее интенсивной или переходит из зональной в меридиональную в зависимости от перемен сияния. На рис. 1 дана картина климатических поясов во время максимальной и минимальной деятельности и во время некоторых геологических периодов.

Теория Г. Ц. Симпсона занимается исключительно переменами климата плейстоцена. Так как теория Симпсона от 1934 г. общеизвестна и принимается во внимание многими нашими специалистами, необходимо указать некоторые существенно отличающиеся выводы этой новой теории. Симпсон сам этого в своем докладе не делает.

Между тем как Симпсон сначала пришел к заключению, что во время плейстоцена имеет место двойной цикл сияния с четырьмя гляциалами и двумя плювиалами, теперь он приходит к заключению, что во время плейстоцена произошел тройной цикл изменений сияния, в течение которого во второй половине (в среднем и верхнем) чередовались три гляциальные фазы (миндель, рисс, и вюрм), а в первой половине (в нижнем) встречались дальнейшие три фазы, одна из которых является, вероятно, гюнцем.

Настоящее время Симпсон раньше относил к холодному и сухому интергляциалу, теперь он его помещает на границе сухого и холодного интергляциала и прошедшего гляциала. Теперь он определяет по-другому начало плювиалов, относя его к максимальному развитию ледника первого гляциала, а конец его — к периоду максимального развития дальнейшего гляциала, последовавшего после теплого и влажного интергляциала. Середины же сухих и холодных интергляциалов совпадает с серединами интерплювиалов. Вместо прежних двух плювиалов он предполагает теперь три плювиала. Дальнейшим важным шагом является временное определение этих отдельных фаз, причем возможно и в грубых чертах определить положение краев ледников. Свою новую теорию Симпсон вполне обосновал знанием современной геологии и доисторического времени, дальнейшее исследование которых лишь в будущем покажет, насколько эта теория является правильной.