

JURAJ ČINČURA

KLIMATICKÉ ASPEKTY NIVELIZÁCIE RELIÉFU SLOVENSKÝCH
ZÁPADNÝCH KARPÁT V NEOGÉNE

1. ÚVOD

Zvyškom starých zarovnaných povrchov v reliéfe Západných Karpát sa v podstate venovala pozornosť od počiatku tohto storočia. Už samotné počiatky výskumu starých zarovnaných povrchov sa vyznačovali snahou po zistení ich počtu, ako aj podmienok, za ktorých vznikali.

Jednotlivé názory dotýkajúce sa podmienok vzniku zarovnaných povrchov podliehali zmenám, najmä pod vplyvom nových poznatkov všeobecnej platnosti, ku ktorým veľmi rýchlo dochádzala búrlivo sa rozvíjajúca geomorfológia XX. storočia.

Podobne tiež dochádzalo k zmenám v náhľadoch na počet starých zarovnaných povrchov, a tým aj na počet fáz, počas ktorých dochádzalo k nivelizácii reliéfu Západných Karpát.

Históriu vývoja názorov na zarovnané povrchy v Západných Karpatoch sa nebudeme bližšie zaoberať. Prehľad a hodnotenie starších výskumov zarovnaných povrchov vyčerpávajúcim spôsobom podávajú niektoré novšie práce, ktoré sa zaoberajú syntézou vývoja reliéfu Západných Karpát (porov. 27, 28).

V súčasnosti jestvujú v podstate dva názory na počet zarovnaných povrchov a fáz nivelizácie reliéfu Západných Karpát. Tieto názory vyslovili vo svojich novších prácach M. L u k n i š (23, 24) a E. M a z ú r (27, 28).

M. L u k n i š (23, 24) predpokladá, že výsledkom staromiocénneho vývojového cyklu bol reliéf, ktorý v helvéte bol denudáciou podstatne zarovnaný. Mladomiocénny vývojový cyklus dospel v sarmate a v spodnom panóne k značnej nivelizácii reliéfu, v ktorom nezarovnané zvyšky vystupovali v podobe tvrdošov a ostrovných vrchov. Na veľkých plochách sa rozprestieral výškovo málo diferencovaný reliéf, ktorý niesol pomerne mocnú kôru zvetralín. Pred koncom pliocénu sa vyvinul miestami úzky, miestami širší pediment, ktorý je výsledkom tretieho cyklu.

M. L u k n i š (23, 24) rozlišuje v súčasnom reliéfe slovenských Západných Karpát dva zarovnané povrchy: vyšší — tzv. iníciaľný povrch, ktorý je sarmatospodnopanónskeho veku a nižší — ktorý vznikol počas vrchného pliocénu.

E. M a z ú r (27, 28) považuje reliéf slovenských Západných Karpát za dielo v podstate neogénneho vývoja. V reliéfe Západných Karpát rozlišuje zvyšky troch zarovnaných povrchov, ktoré priraduje k trom vývojovým etapám.

Za najstaršie morfológicky sledovateľné zvyšky reliéfu považuje tzv. vrcholové niveau. Začiatok vývoja dnešného reliéfu sa viaže k štyrskej fáze vrásnenia, ktorá podmienila pravdepodobne dosť členitý reliéf. Po intenzívnej tortónskej deštrukcii dospel

reliéf Západných Karpát v sarmate do pokročilého štádia zarovnaní s relatívne plochým reliéfom, ako tomu nasvedčuje vrcholové niveau.

V priebehu panónu boli najskôr depresné zvyšky vyklenutia Západných Karpát pretvorené na stredohorský povrch, pričom zarovnaný povrch panónu sa rozšíril záľovite aj do vyzdvihnutých častí vrcholového niveau.

Vrchnopliocénemu obdobiu pripisuje E. Mazúr vznik tretieho zarovnaného povrchu v Západných Karpatoch — poriečnej rovne.

Na základe názorov uvedených autorov teda k nivelizácii reliéfu Západných Karpát a k vzniku zarovnaných povrchov dochádzalo v neogéne počas nasledovných stupňov: helvét, sarmat, panón a levant.

2. KLIMATICKÉ ZMENY V NEOGÉNE ZÁPADNÝCH KARPÁT

Klimaticky predstavoval neogén v Európe obdobie, počas ktorého dochádzalo k pomerne častým zmenám. Išlo pritom o klimatické zmeny, ako to naznačujú na jednej strane faunistické a floristické zvyšky a na strane druhej jednotlivé typy sedimentov, ktoré sa vyznačovali regionálnym charakterom. Vplyvy jednotlivých klimatických zmien sa prejavili tiež v Západných Karpatoch a odrazili sa v jednotlivých typoch sedimentov neogénu, i keď nie vždy v celkom totožnom rozsahu s prilahlými krajinami.

Z hľadiska cieľa tejto práce nepovažujeme za potrebné, ani nutné bližšie sledovať dôvody, ktoré tento stav v neogéne Západných Karpát spôsobili. V súvislosti s objasnením možnosti podielu rôznych morfogenetických procesov pri formovaní neogénnych zarovnaných povrchov Západných Karpát považujeme však za potrebné prediskutovať klimatické pomery jednotlivých stupňov neogénu, aspoň v ich hrubých rysoch, na základe niektorých, doteraz viac, či menej známych údajov sedimentologických, resp. paleontologických.

V konfigurácii morí a pevnín možno v karpatskej oblasti už od počiatku oligocénu zaznamenať podstatné zmeny. Z hľadiska vývoja klímy neogénu Západných Karpát je potrebné tejto skutočnosti venovať pozornosť.

Paratethys predstavovala pomerne úzke intrakontinentálne more a styk jej centrálnej časti — západokarpatskej oblasti — s ostatnými časťami bol len občasný, viac, alebo menej prerušovaný (7). Všeobecne platný záver, ktorý možno vyvodíť z rozpadu Tethydy a vzniku pomerne úzkeho pruhu Paratethydy v neogéne je pravdepodobné zvýšenie stupňa kontinentality západokarpatskej oblasti v porovnaní s viacerými obdobiami paleogénu.

Ešte koncom paleogénu prebehla v oblasti severného Maďarska a južného Slovenska fáza intenzívneho kaolinického zvetrávania, ktorá mala regionálny charakter (41). O tejto skutočnosti podávajú svedectvo výskyty kaolinických ílov vo vrstvách rupelu v Podunajskej nížine (34), ako aj výskyty kaolinických ílov z okolia Romhány na území severného Maďarska (40).

Akvitán. Faunisticky doložené vrstvy akvitánu sú známe z pouzdřanskej a žďánskej jednotky na Morave, z východnej časti dunajskej panvy a z juhoslovenskej panvy (7). V rôznych častiach juhoslovenskej panvy sa sedimenty akvitánu do značnej miery litologicky líšia. I pri svojom značne odlišnom vývoji však poskytujú určité možnosti pre úvahy o klimatických podmienkach, ktoré panovali počas určitých období akvitánu.

V Lučenskej kotline vystupujú vo vrstvách akvitánu nevytriedené sedimenty (droby) vyznačujúce sa pomerne nízkym koeficientom vytriedenia. Vedľa stabilných mine-

rálav sa v nich objavujú aj nestabilné minerály a úlomky hornín. V Ipelskej kotline vystupujú pestré sedimenty akvitánu. Ide predovšetkým o polymiktne zlepence, ktoré majú výrazné znaky sedimentácie v blízkosti ústia rieky. Pri ich sedimentácii dochádzalo k zmenám, ktoré sú typické pre predĺžovanie a skracovanie podvodnej časti delty. M. M a r k o v á (25) predpokladá, že k zmenám v sedimentácii dochádzalo v súvislosti so striedaním sa vlhších a suchších období počas akvitánu.

Klíma akvitánu bola tropická až subtropická (7). Tento údaj o klíme akvitánu však nie je bližšie doplnený v tom zmysle, či išlo o teplú klímu arídneho, alebo humídneho charakteru.

Prítomnosť značného množstva nestabilných zložiek, či už vo forme nestabilných minerálov, alebo úlomkov hornín v riekach, ktoré transportovali zvetralinový materiál z pevniny do akvitánskeho mora však v žiadnom prípade nesvedčí o hlbokom a intenzívnom zvetrávaní humidne tropického charakteru, prinajmenšom pre určité fázy akvitánu.

V súčasnosti sa tropické rieky vyznačujú buď úplným chýbaním, alebo len ojedinelými výskytmi štrkov vo svojich riečnych korytách. Pritom výskyt štrkov v riekach tróпов svedčia skôr o suchšej klíme predchádzajúceho obdobia. Ako príklad možno uviesť pomery, ktoré panujú v súčasnom období v Suriname. Dnešným produktom zvetrávania v Suriname sú piesčito-ílovité zvetraliny. Niektoré periódy kvartéru sa však v Suriname vyznačovali suchšou, savanovou klímou a počas týchto suchších období, vyznačujúcich sa tiež odlišným charakterom zvetrávania v porovnaní s dneškom, dochádzalo tiež k transportu žulových štrkov v riekach (porov. J. P. B a k k e r in 33). Prítomnosť týchto žulových štrkov je preto potrebné chápať ako odraz menej intenzívnych procesov zvetrávania v Suriname počas kvartéru ako v súčasnosti.

Bližšie údaje o klíme akvitánu uvádza E. P l a n d e r o v á (30), ktorá na základe porovnávania akvitánskych foriem s recentnými rodmi a ich nárokmi na vlhkosť, považuje flóru akvitánu za podobnú flóre juhovýchodnej Ázie a prilahlých ostrovov. Pre akvitán uvádza priemerné ročné teploty okolo 20 °C a priemerné ročné zrážky 1600 mm.

Striedanie sa vlhších a suchších období počas určitých fáz akvitánu možno predpokladať do určitej miery na základe rázu niektorých sedimentov z južného Slovenska. Doteraz niet žiadnych dokladov o extrémne suchých obdobiach počas akvitánu z územia Západných Karpát, ktoré boli doložené najmä na základe výskytu evaporitov z iných oblastí Európy.

Burdigal. Kým pre spodný burdigal je v prevažnej miere charakteristický morský vývoj, vrchný burdigal predstavuje obdobie vyznačujúce sa kontinentálnym vývojom (7). V oblasti stredoslovenských vulkanitov charakterizuje M. K u t h a n (19) vrchno-burdigalskú sedimentáciu ako fluviaľnolimnickú až kontinentálnu.

Podľa E. P l a n d e r o v e j (30) bola klíma burdigalu podobná klíme akvitánu (priemerné ročné teploty okolo 20 °C, priemerné ročné zrážky 1600 mm). T. B u d a y, I. C i c h a a J. S e n e š (7) predpokladajú, že klíma burdigalu mala subtropický ráz.

Z územia Poľska a ZSSR je z burdigalských sedimentov čelnej priehlbne známa sedimentácia solí, tzv. séria Vorotyšče (7). Uvedená skutočnosť je dokladom značnej aridity, zrejme oveľa vyššej ako počas akvitánu, najmenej pre určitý časový odsek počas burdigalu. Mimo výskytov solí z burdigalských sedimentov Poľska a ZSSR na značnú ariditu klímy však poukazujú aj niektoré burdigalské sedimenty viedenskej panvy.

Vo viedenskej panve v zlepencovo-pieskovcovej fácií burdigalu vystupuje tzv. fácia suťových zlepencov, ktorej sedimenty sa vyznačujú nevytriedeným materiálom slabo opracovaných štrkov až balvanov (7). Zaujímavá je však tiež morfológická pozícia

tohto sedimentu. Suťový konglomerát burdigalu spravidla vystupuje na svahoch elevácií podložných hornín. Na základe charakteru materiálu suťového zlepenca možno predpokladať, že klimatické podmienky za ktorých dochádzalo k vzniku tohto sedimentu na burdigalskej pevnine viedenskej panvy sa pravdepodobne vyznačovali značnou ariditou. Podobné typy sedimentov ako je burdigalský suťový zlepenec viedenskej panvy sú nielen v súčasnom období, ale boli aj počas iných geologických období viazané najmä na periódy, ktoré sa vyznačovali arídnu klímou s nanajviš epizodickými zrážkami.

Určítymi indikátormi klímy burdigalu, najmä niektorých možností sezónnych klimatických zmien, sú niektoré sedimenty južného Slovenska. Fácia zmiešaných ílovo-aleuritických sedimentov južného Slovenska sa vyznačuje ostrým striedaním sa svetlosivých pelitických a zelenkavých aleuritických vrstvičiek, ktorých hrúbka sa pohybuje v rozmedzí od niekoľkých milimetrov až po decimetre. Ostrá litologická zmena dáva hornine prúžkovaný charakter (25). Striedanie sa sedimentov uvedeného charakteru, ktoré sa vyznačuje výraznou vrstevnatosťou, sa všeobecne považuje za odraz klimatických zmien, vyznačujúcich sa predovšetkým sezónnym charakterom (36).

Helvét. V juhoslovenskej oblasti — najmä v širšom okolí Modrého Kameňa — tvoria sladkovodné produktívne vrstvy helvéty pokračovanie produktívnych vrstiev Salgotarjárskej panvy v Maďarsku. Je všeobecne prijímanou skutočnosťou, že vznik uhlia vyžaduje humidnú klímu. Predpoklad humidity klímy však platí tak isto pre lignity terciéru a kriedy, ako pre rašeliny kvartéru, resp. pre uhlie karbónu a jury.

Preukázaná humidita určitého obdobia na základe výskytu uhlonosných súvrství však nie je ešte indikátorom teploty určitého obdobia. Sloje hnedého uhlia vo vrstvách helvéty južného Slovenska samé o sebe možno považovať len za indikátor humidity určitého obdobia helvéty.

Uhlie modrokamenskej oblasti, v ktorom dominujú močaristé druhy, sa usadzovalo v plytkých močaristých sladkovodných jazerách na plochom morskom pobreží za subtropického podnebia (42).

E. P l a n d e r o v á (30) považuje na základe podstatného úbytku tropických rodov už obdobie helvéty za periódu, ktorá sa vyznačuje určitým ochladením v porovnaní s akvitánom a burdigalom. Pre helvét uvádza priemernú ročnú teplotu 17 °C a priemerné ročné zrážky 1800 mm.

Okrem palynologických dokladov na ešte vždy pomerne vysokú priemernú teplotu, ako aj na značnú humiditu, ktorá panovala počas určitých odsekov helvéty nepriamo poukazuje aj asociácia ťažkých minerálov, ktorá vystupuje v produktívnych vrstvách. Ide o relatívne chudobnú asociáciu ťažkých minerálov, ktorej zloženie je pravdepodobne odrazom pôsobenia intenzívnych zvetrávacích procesov.

Kým produktívne vrstvy helvéty svedčia o značnej humidite obdobia, počas ktorého dochádzalo k ich vzniku, nadložné íly, ktoré vystupujú nad produktívnym súvrstvím helvéty, poskytujú už do značnej miery odlišný obraz a sú dokladom určitých klimatických zmien, ktorých dôkazom v neposlednej miere bolo aj ukončenie uhoľnej sedimentácie. Popri močaristých druhoch sa v nadložných vrstvách už veľmi hojne objavujú aj prvky, ktoré je potrebné považovať za typicky suchomilné.

V tejto súvislosti je pozoruhodné tiež mineralogické zloženie nadložných ílov. Dominujúcim ílovým minerálom nadložných vrstiev je montmorilonit. Je známou skutočnosťou, že charakter tvoriacich sa ílových minerálov závisí v podstatnej miere od klímy. Ak z tohto hľadiska posudzujeme ukončenie uhoľnej sedimentácie pravdepodobne tiež v dôsledku poklesu humidity a prevládania montmorilonitu v nadložných íloch,

dochádzame k záveru, že montmorilonit ako dominujúci ílový minerál je tu dôležitým klimatickým indikátorom.

Kým napríklad v prostredí vhodnom pre vznik kaolinitu musia byť predovšetkým splnené podmienky, za ktorých všetky ióny mimo Si a Al musia byť vzdialené, prostredie vhodné pre vznik montmorilonitu poskytuje diametrálne odlišný obraz. Kaolinit vzniká za teplých a vlhkých klimatických podmienok, v ktorých množstvo zrážok podstatne prevyšuje výpar. Všeobecne sa prijíma, že práve montmorilonit a prostredie jeho tvorby stoja v protiklade k prostrediu, v ktorom dochádza k vzniku kaolinitu. Rôzne bázy, ktoré sú potrebné k vzniku minerálov skupiny montmorilonitu sa môžu v zvetraline udržať len vtedy, keď nedôjde k intenzívnemu zvetrávaniu kaolinického charakteru. Cirkulácia vôd musí byť nízka a pH vysoké. Všeobecne možno konštatovať, že v semiarídnej klíme sú tieto podmienky splnené pravdepodobne najlepšie (11).

Podľa L. B. Ruchina (35) sú dané podmienky vzniku montmorilonitu na pevnine prevažne v alkalickom prostredí, napr. stepí, resp. polopúští.

Na základe uvedených skutočností je veľmi pravdepodobné, že humidnu klímu subtropického charakteru, ktorá prevládala počas periódy vyznačujúcej sa tvorbou uhlia, vystriedala subtropická, ale oveľa suchšia klíma, počas ktorej dochádzalo k vzniku nadložných ílov. Možnosť takejto klimatickej zmeny v neposlednej miere tiež indikujú už vyššie spomenuté suchomilné prvky vystupujúce v nadložných íloch produktívneho súvrstvia helvéty modrokamenskej panvy.

Obdobný obraz ako nadložné íly produktívnych vrstiev poskytujú aj vrstvy v šlirovej fácií, ktoré obsahujú ako dominujúci ílový minerál tiež montmorilonit, pričom percento vlhkomilných druhov je v nich všeobecne nízke a vlhkomilné druhy ustupujú suchomilnejším.

Karpat. Definíciu stupňa karpát (karpatien) po prvý raz v literatúre použili I. Čich a J. Tejkal (9). Týmto názvom označujú vrstvy v Západných Karpatoch, ktoré ležia medzi sedimentami helvéty s. s. a tortónu. Pre tieto vrstvy sa v minulosti používal termín vrchný helvét.

V sedimentoch karpátu v juhoslovenskej panve sa v pomerne bohatom peľovom spektre zistilo, že vlhkomilnejšie formy sú tu síce prítomné, ale ustupujú voči suchomilným do pozadia (7). E. Planderová (30) predpokladá, že rovnako ako vo viedenskej panve a v Maďarsku, prevládajú aj na našom území počas karpátu tvrdolisté dreviny.

Pokladáme za veľmi pravdepodobné, že počas celého obdobia karpátu prevládala semiarídna až arídna klíma, ktorá sa prejavila po prvý raz aspoň počas kratšej periódy humidným obdobím. Oproti tomu je pravdepodobné, že aridita klímy sa počas karpátu stupňovala.

Z podložia solonosnej formácie karpátu z okolia Fintíc a Kapušian sú tiež známe hojné výskyt montmorilonitických ílov. Samotná solonosná formácia karpátu východného Slovenska predstavuje pravdepodobne maximum aridity tohto obdobia. Mocnosť solonosnej formácie karpátu dosahuje až 600 m.

O značnej aridite klímy počas karpátu okrem výskytov soli svedčia aj iné sedimenty. Jedným z ďalších dokladov je napr. tzv. pestrá séria karpátu. Možno v nej rozlíšiť tri typické vrstevné celky, z ktorých stredný (sádrovcová formácia o mocnosti 200–300 metrov) je ekvivalentom solonosnej formácie prešovskej (15).

Súčasný rozšírenie uloženín soli je všeobecne viazané na teplú, arídnu zónu. Na základe paleomagnetických meraní J. C. Briden a E. Irving (3) predpokladajú, že paleozemepisné šírky rozšírenia evaporitov sa viazali zo 75 % na oblasť, ktorá

ležala medzi 30° severnej a južnej zemepisnej šírky. K tomuto údaju je však potrebné pripomenúť, že v rozšírení evaporitov na Zemi jestvovali určité variácie v súvislosti s časom.

Rozšírenie evaporitov však naznačuje aj niektoré všeobecne platné zákonitosti vo formovaní a priebehu klimatických pásiem v minulosti. F. Lotze (20) predpokladá, že presun zóny so sedimentáciou evaporitov indikuje presun áirdneho klimatického pásma, ktoré v súčasnom období obopína Zem severne od rovníka.

Tortón. Spoločenstvo foraminifer, ktoré vystupujú v sedimentoch lanzendorfskej série (= spodný tortón) dáva možnosť označiť tento stupeň, čo do teploty morských vôd, za najteplejšiu periódu miocénu v Paratetyde. Relatívna teplota povrchových vôd mora lanzendorfskej série prekračovala 20 °C (7).

Najmä niektoré až dodnes žijúce druhy rodov *Orbulina* a *Globigerinoides* predstavujú aj v súčasnosti typický teplomilný planktón. Príkladom môže slúžiť druh *Globigerinoides rubra*, forma, známa zo sedimentov lanzendorfskej série, ktorá v súčasnosti obýva výlučne tropické moria (18).

Ak by sme v súčasnosti chceli hľadať analógiu morských vôd lanzendorfskej série — najmä čo sa týka teplôt ich povrchových vrstiev — našli by sme ju najskôr v podobe tropických vôd, ktoré vystupujú po oboch stranách rovníka a vyznačujú sa povrchovými teplotami, 20–25 °C, miestami aj vyššími. Ročný teplotný výkyv činí v týchto vodách najviac 2 °C.

Pri tejto príležitosti nie je možné tiež opomenúť karbonatické horniny, hoci ich rozšírenie v neogéne sa neviaže výlučne na tortón. Rozšírenie karbonátov na Zemi vykazuje určité zákonitosti, ktoré sú do značnej miery podmienené klimaticky. J. C. Briden a E. Irving (3) uskutočnili na základe paleomagnetických meraní pokus o rekonštrukciu rozšírenia karbonátov na Zemi. Ich výsledky ukazujú rozšírenie karbonátov od permu do terciéru zhruba v zemepisných šírkach 40–70° severnej a 50 až 80° južnej zemepisnej šírky. Súčasná tvorba a výskyt karbonátov obopínajú rovník od 35° severnej šírky po 40° južnej šírky. K najintenzívnejšej tvorbe neritických vápencov dochádza v súčasnosti medzi 15–25° severnej a južnej zemepisnej šírky (12).

Z hľadiska týchto poznatkov je potrebné chápať tiež tortónske a iné neogénne karbonatické horniny, ktoré tak indikujú tiež vysoké teploty vôd, v ktorých dochádzalo k ich vzniku.

Určitý, hoci nepriamy doklad o klíme, ktorá panovala na pevnine prilahlej teplým vodám mora lanzendorfskej série dávajú sedimenty lanzendorfskej série južného Slovenska. Na základe červeného sfarbenia ílov, karbonátnosti, polymiktosti, sivého sfarbenia pieskov a vysokého podielu živcov v ľahkej frakcii pestrého kontinentálneho, resp. vo svojej vyššej časti kontinentálno-morského súvrstvia na šahanskej elevácii M. Marková (25) predpokladá, že ide o materiál, ktorý sa tvoril v suchšej klíme za značnej prevahy mechanického zvetrávania nad zvetrávaním chemickým.

Výrazný arídny výkyv je však pre obdobie tortónu doložený tiež výskytom evaporitov. O intenzite tohto arídneho výkyvu na veľkom území svedčia výskyt soli, sadrovca a anhydritu. Popri výskytke evaporitov sa však v tortóne vyskytujú aj sloje hnedého uhlia. Výskyt hnedého uhlia tak pre značnú časť vrchného tortónu indikujú humidnu klímu.

Počas stredného a vrchného miocénu — azda až do spodného pliocénu — dochádzalo na území Západných Karpát k intenzívnej tvorbe červenozemí. Tieto červenozeme predstavujú kôry zvetrávania, ktoré v prevažnej miere vznikli na kryštallických bridliciach, granitoidných horninách a mladotretohorných vulkanitoch a po svojom vzniku boli z väčšej časti redeponované (1, 4, 5). Pri tejto príležitosti je potrebné zmieniť sa

o skutočnosti, že nie všetky zvyšky kôr zvetrávania a ich výskyty musia bezpodmienečne indikovať niekdajšie zarovnané povrchy. Na základe mineralogického zloženia červenozemí možno konštatovať že ide o produkty, ktoré vznikli pravdepodobne v podmienkach striedavo suchej a vlhkej teplej klímy.

Samotné obdobie tortónu, ako to indikujú výskyty solí, sadrovca, anhydritu, hnedého uhlia a červenozemí, pravdepodobne predstavovalo etapu, počas ktorej dochádzalo striedavo k zmenám klímy od humídnych, cez semiarídne až po arídne podmienky.

Sarmat. Jestvuje viac dokladov o tom, že počas sarmatu, podobne ako počas tortónu, dochádzalo k zmenám klímy. Humidita klímy počas určitých odsekov sarmatu je doložená viacerými výskytmi lignitov. Oproti tomu však tiež jestvujú doklady o tom, že počas sarmatu sa prejavil pomerne intenzívne tiež arídny klimatický výkyv.

Zo sarmatských sedimentov lublinského plateau sú známe výskyty kremítych pieskovcov. M. Turnau - Morawská (38) predpokladá, že úkazy, ktoré možno pozorovať na povrchu týchto pieskovcov vykazujú veľmi často zhodné rysy, alebo veľkú podobnosť s tými, ktoré opísal J. Walther vo svojom klasickom diele: *Das Gesetz der Wüstenbildung*. Všetky tieto úkazy na sarmatských pieskovcoch lublinského plateau sú svedectvom suchej a veternej klímy, nehovoria však nič bližšieho o teplotách.

Súčasnú rozšírenie fosilných púštnych pieskovcov siaha od 55° severnej zemepisnej šírky k 30° južnej zemepisnej šírky. Zaujímavejšou pre nás je však skutočnosť, že hodnoty, ktoré sa dosiahli na základe paleomagnetických meraní púštnych pieskovcov sa rozprestierajú od 20° severnej zemepisnej šírky k 30° južnej zemepisnej šírky (3). Táto skutočnosť nám do značnej miery pomáha utvoriť si obraz o teplotách počas obdobia púštnych pieskovcov sarmatu na lublinskom plateau.

Spoľahlivosť údajov, ktoré poskytuje paleomagnetické meranie možno doložiť nasledovným príkladom. Výsledné hodnoty meraní sedimentov, o ktorých sa na základe iných kritérií usudzuje, že vznikli za „teplých“ podmienok vykazujú nízke paleošírky, kým sedimenty vyložene „studených“ podmienok vykazujú hodnoty vysokých paleošírok.

Pre pomerne suchšie podmienky počas sarmatu, resp. aspoň počas jeho značnej časti, svedčia však aj iné skutočnosti. Nálezy zvyškov gazely z okolia Mikulova na Morave, t. j. foriem typických pre stepi, resp. savany, ako aj výskyty foriem veľmi blízkych a príbuzných recentným tuleňom dnešných ázijských vnútrozemských nádrží (Bajkal), ktoré sa vyznačujú aridnou klímou, v sarmatských cerítiových vápencoch (37) svedčia tiež o značnej suchosti klímy počas určitých období sarmatu.

Panón. Na súvrstvia panónu sa v Západných Karpatoch sústreďuje značné množstvo zvetralín, ktoré často obsahujú veľké množstvo kaolinitu. Tak napríklad až 1 m mocné kaolinické zvetraliny, ktoré vystupujú v redeponovanej forme vo výplni Turčianskej kotliny (6) sú zrejme produktom zvetrávania a odnosu zo stredohorskej rovne, ktorá sa vytvorila po vrcholových partiách Žiaru (10).

Pri pravdepodobne pontskom veu poltárskej formácie (7) predstavujú kaolinické íly zo širšieho okolia Poltára s najväčšou pravdepodobnosťou pôvodnú panónsku kôru zvetrávania, ktorá sa sčasti zachovala na miestach svojho vzniku, ale zväčša vystupuje v redeponovanej forme.

Najnovšie I. Kraus (17) popri kaolinite zistil v sedimentoch poltárskej formácie aj prítomnosť voľných hydrátov Al — gibbsit a diaspor, ktoré vznikali v prvotnej kôre zvetrávania pravdepodobne ako finálne produkty celého procesu zvetrávania. Voľné hydráty alumínia nie sú v prírode bežným javom. Vznikajú predovšetkým zvetrávaním alumosilikátov v tropických podmienkach.

Názorný príklad o závislosti procesov zvetrávania pri konštantnej materskej hornine

(čadič) na výkyvoch klímy prináša E. T. D e g e n s (11) na základe rozborov recentných pôd z Havajských ostrovov. V závislosti od intenzity ročných zrážok dochádza v recentných pôdach Havajských ostrovov k podstatným zmenám v tvorbe rôznych fľových minerálov, ako aj v ich množstve. Pri zrážkach, ktoré sú nižšie ako 700 mm sa v pôdach tvorí predovšetkým montmorilonit. Pri vyššej intenzite zrážok dochádza v pôdach prevažne k vzniku kaolinitu, a to na jednej strane na úkor montmorilonitu a na strane druhej tiež na úkor úlomkov čadiča. Pri zrážkach, ktoré sa pohybujú okolo 1900 mm a vyššie, montmorilonit úplne mizne z pôdy. Pri týchto zrážkach tiež dochádza k podstatnému ubúdaniu kaolinitu a v pôdach vzniká najmä gibbsit, diaspor, boehmit a limonit.

K obdobným zisteniam ako v recentných pôdach Havajských ostrovov sa dospelo aj na mnohých iných miestach na základe štúdia mineralogického zloženia recentných pôd. Napriek tomu však dosiaľ jestvuje len veľmi málo príkladov použitia týchto poznatkov pri pokusoch o paleoklimatologickú interpretáciu.

Podobné pomery ako v Turčianskej kotline sú tiež známe z pukanskej panvičky (29, 32), ako aj z iných miest v Západných Karpatoch. V súčasnosti je recentná kaolinizácia v Európe známa v menšom rozsahu z okolia Batumi.

Okrem uvedených zvetralín, obsahujúcich vysoké percento kaolinitu a ojedinele aj voľné hydráty Al, sú indikátormi humidity pre toto obdobie aj lignitové sloje panónu. O vyššej humidite panónu v porovnaní so sarmatom, resp. prinajmenšom s jeho určitými odsekmi, svedčia však aj iné skutočnosti. Ide predovšetkým o zistenia, že vo viendenskej panve stepné elementy v panónskych sedimentoch úplne chýbajú, alebo sú prítomné len veľmi zriedkavo (37). Mladší panón na úpätí Matry sa vyznačuje tiež značnou prevahou lesných foriem nad formami stepnými (37).

Na základe mikropaleobotanického spracovania materiálu vrtoz z vnútrokarpatských kotlín E. P l a n d e r o v á (31) predpokladá, že počas panónu prevládala teplá, mierna klíma. Pokladáme však za pravdepodobnejšie, najmä na základe poznatkov získaných štúdiom zvetralinového materiálu, že klíma panónu sa viac blížila klíme subtropickej, stredne humidnej, až humidnej.

Pont. Mnohé pontské sedimenty Západných Karpát obsahujú ešte v pomerne hojnom množstve kaolinit. Je však veľmi pravdepodobné, že väčšia časť kaolinitu vystupujúca v pontských sedimentoch, pochádza z panónskych kôr zvetrávania. Predpokladáme, že počas pontu už nedochádzalo k tak intenzívnym procesom zvetrávania ako v panóne. Skutočnosť, že počas pontu neboli už procesy zvetrávania tak intenzívne ako v panóne, dokladá aj charakter časti pontských sedimentov, medzi ktorými sa nachádzajú hrubozrnné, málo opracované a slabo vytriedené, pomerne pestré štrky.

Zoslabenie účinkov zvetrávania je pri ešte pomerne vysokej humidite tohto obdobia, ktorú dokladajú časté výskyty lignitov, pravdepodobne potrebné pripísať postupnému poklesu teplôt. Pre túto skutočnosť hovoria aj výsledky palynologických analýz. E. P l a n d e r o v á (30) predpokladá, že flóra pontu sa podobala flóre mierneho pásma so striedaním sa ročných období.

Z hľadiska vývoja klímy pliocénu v Západných Karpatoch je však bezpodmienečne nutné bližšie si povšimnúť tektoniku tohto obdobia. Pre celé obdobie pliocénu — i keď sa panón ešte vyznačuje prechodným charakterom — je charakteristickým znakom výdvih horskej časti Západných Karpát (7, 27, 28). Napríklad hrubý efekt zdvihu po vzniku stredohorskej rovne, t. j. po panóne, činí v oblasti Strečnianskeho prelomu viac ako 200 m a podobné hodnoty dosahuje aj zdvih Moštenskej pahorkatiny a Súľovských skál (26). Tiež Tatry mali ešte v panóne stredohorský charakter (16) a vyzdvihli sa nad Popradskú kotlinu pozdĺž zlomu (22).

Prejavili sa tieto intezívne zmeny v reliéfe Západných Karpát aj v klíme pliocénu? Je viac ako pravdepodobné, že vznikom mohutných elevácií v horskej časti Západných Karpát ako protikladu k prikarpatským nížinám a zárodkom dnešných kotlín, najmä južného a východného Slovenska, došlo aj k výraznejšej klimatickej diferenciácii týchto dvoch oblastí. Všeobecne však pre celé územie, tak pre elevácie, ako aj pre depresie, došlo v porovnaní s panónom počas pontu pravdepodobne k zvýšeniu stupňa kontinentality.

Levant. V porovnaní s predchádzajúcimi obdobiami pliocénu sú pre levant charakteristické predovšetkým hrubšie klastické sedimenty. Oproti panónu a pontu sú ílové formácie v levante Západných Karpát oveľa zriedkavejšie. Všetky tieto skutočnosti poukazujú na to, že rozklad hornín, ako aj ich transport a usadzovanie prebiehali počas levantu za podmienok, odlišných od starších období pliocénu, najmä panónu.

Štrky a zlepence levantu predstavujú v prevažnej miere materiál tokov, ktoré stekali z pohorí a ukladali transportovaný materiál vo forme náplavových kuželov. Tento proces vzniku náplavových kuželov, mal pravdepodobne aj niektoré spoločné znaky s kuželovou sedimentáciou, typickou pre najstaršie fázy pleistocénu. Máme na mysli najmä účinky, ktoré vyvolala pri transporte a ukladaní materiálu kuželov určitá suchosť, na jednej strane síce ešte obdobia pomerne teplého počas levantu, no na strane druhej obdobia studeného počas najstarších fáz pleistocénu.

Ak predpokladáme, že priemerné ročné teploty levantu boli ešte o niečo vyššie ako v súčasnosti, spôsobovala táto skutočnosť intezívnejší výpar a mnohé kuželotvorné ramená jednotlivých tokov pravdepodobne zanikali ešte na samotných kuželových akumuláciách. Je veľmi pravdepodobné, že k vzniku hrubozrnných sedimentov levantu dochádzalo za semiarídnych klimatických podmienok.

Pravdepodobne aj v prikarpatských nížinách panovali podmienky sedimentácie, nie veľmi odlišné od podmienok sedimentácie v pohoriach. Za semiarídnych klimatických podmienok došlo k vzniku krížovo zvrstvených pieskov Malej dunajskej nížiny, ako aj klastických sedimentov v Burgenlande (13). Sedimentom, ktorý vznikal pravdepodobne za podobných podmienok, sú asi aj vrstvy tzv. kolárovskej formácie v Podunajskej nížine.

Veľmi príbuzné podmienky vzniku indikujú v kotlinách stredného Považia levantské polymiktne štrky s vrstvami pieskovcov, ako aj v horehronskej oblasti zvyšky levantského suťového sedimentu.

3. ZÁVER

Obdobie neogénu sa na území Západných Karpát vyznačovalo striedaním sa teplých, humídnych fáz, s fázami suchšími, až extrémne suchými. Tieto klimatické zmeny, ktoré sa počas neogénu odohrali, sú doložené buď faunisticky a floristicky, alebo sedimentologicky. V niektorých prípadoch podávajú zhodnú výpoveď o klíme určitého obdobia neogénu spoločne faunistické, floristické aj sedimentologické údaje. V niektorých prípadoch sa však ich výpovede dokonca podstatne líšia.

Pri tejto príležitosti chceme poukázať na to, že určité nezrovnalosti, ktoré vznikli medzi výsledkami hodnotení faunistických, resp. floristických na jednej strane a výsledkami hodnotení sedimentologických na strane druhej, neznižujú hodnotu ani jedného z týchto kritérií. Skôr len ukazujú určité slabiny jednotlivých kritérií, ktorými sa však vyznačujú azda všetky používané metódy.

Na základe novších názorov na možné obdobia vzniku zarovnaných povrchov v neo-

géné Západných Karpát prebehli fázy nivelizácie reliéfu počas helvéty, sarmatu, panónu a levantu (23, 24, 27, 28).

Helvét predstavoval obdobie, ktorého klíma sa vyznačovala pomerne vysokými priemernými teplotami (17 °C). Pre časť helvéty, ktorá je charakterizovaná vznikom produktívnych vrstiev na južnom Slovensku, je potrebné predpokladať tiež vysokú humiditu (podľa E. P l a n d e r o v e j 1800 mm zrážok ročne). Sedimenty mladšie, ako produktívne vrstvy helvéty, však vznikali už za odlišných klimatických pomerov, pravdepodobne semiarídneho typu. Dokladom semiarídnej klímy je na jednej strane hojnejší výskyt suchomilných prvkov a na strane druhej, dominujúci montmorilonit v nadložných íloch, ako aj vo šlírovej fácií helvéty. Zvyšky predpokladaného helvétskeho povrchu zarovnania sa v súčasnom reliéfe Západných Karpát nezachovali. Z hľadiska priebehu fáz nivelizácie a formovania zarovnaných povrchov, ktorých zvyšky vystupujú v dnešnom reliéfe Západných Karpát, väčší význam nadobúda obdobie vrchného miocénu a pliocénu.

Humiditu klímy počas určitej časti sarmatu dokladajú viaceré výskyty lignitov. Z oblasti lublinského plateau sú však známe zjavy, ktoré svedčia o suchej a veternej klíme panujúcej počas určitých odsekov sarmatu. Stepné a savanové elementy, ktoré boli opísané zo sarmatských sedimentov, tiež indikujú klímu suchšiu, ako zrejme panovala počas tvorby lignitov. Pre celé obdobie sarmatu je teda tiež charakteristickým rysom zmena klimatických podmienok.

V porovnaní so sarmatom a helvétom, kedy došlo k výrazným klimatickým zmenám, poskytuje obdobie panónu odlišný obraz. Pre panón nie je doteraz doložená zmena klímy v tom zmysle, ako sa odohrala v helvéte a sarmate. Na základe doteraz známych skutočností je pravdepodobné, že počas celého panónu dominovala subtropická humidná klíma, ktorej dokladom sú v prvom rade kaolinické zvetraliny, ako aj obmedzený vznik voľných hydrátov alumínia — gibbsit, diaspor — v kôrach zvetrávania poľtárskej oblasti.

Klíma najvyššieho pliocénu — levantu — poskytuje odlišný obraz, ako klíma panónu. Počas tohto obdobia, ako na to poukazujú najmä viaceré typy sedimentov levantu z rôznych oblastí Západných Karpát, prevládala s najväčšou pravdepodobnosťou klíma semiarídneho typu.

Ak sa pokúšame z hľadiska rekonštrukcie klímy období, počas ktorých dochádzalo k nivelizácii reliéfu Západných Karpát zaujať aspoň v hrubých rysoch stanovisko k možným morfogenetickým procesom jednotlivých období, dospievame k názoru, že pri procesoch nivelizácie a tvorbe zarovnaných povrchov nie je možné uvažovať s najväčšou pravdepodobnosťou o dominantnom postavení určitého procesu, ktorý je charakteristický pre určitú klimatickú zónu. Na procesoch nivelizácie sa podieľala skôr široká škála procesov, pričom je pravdepodobné, že určitú úlohu pri tvorbe zarovnaných povrchov zohrala práve istá postupnosť v priebehu jednotlivých procesov.

V roku 1967 sa konalo v Saarbrückene sympózium, ktoré sa venovalo výlučne problematike vzniku zarovnaných povrchov. Podľa výsledkov tohto sympózia je nutné rozlišovať prinajmenšom tri, lepšie však štyri typy zarovnaných povrchov (33):

1. Zarovnané povrchy striedavo vlhkých trópov,
2. Zarovnané povrchy, ktoré vznikli v zmysle princípu tzv. „dvojitého zarovnávanía“ (J. B ü d e l). Tento spôsob vzniku predstavuje skôr osobitný prípad v striedavo vlhkých trópoch, možno vlhkejšiu variantu,
3. Ďalšiu významnú skupinu zarovnaných povrchov tvoria úpätné plochy semiarídnej klímy — pediment, glaciis,
4. Posledným typom sú tzv. pieskové nanesené roviny (Sandschwemmebenen). Pro-

cesy preplavovania, ku ktorým dochádza pri epizodických zrážkach a procesy previevania piesku sú pri ich formovaní zhruba v rovnováhe.

Záverom teda možno konštatovať, že neogénne zarovnané povrchy Západných Karpát predstavujú polyklimatické formy, z čoho v podstate vyplýva aj polygenetický charakter ich vzniku.

LITERATÚRA

1. Andrusov D., Borza K., Martiny E., Pospíšil A., *O pôvode a dobe vzniku „terra rossy“ južného a stredného Slovenska*. Geologický sborník SAV, 9, 1, Bratislava 1958.
- 2. Bakker J. P., Levelt Th. W. M., *An inquiry into the probability of a polyclimatic development of peneplains and pediments (etchplains) in Europe during the senonian and tertiary period*. Publicaties van het Fysisch-geografisch Laboratorium van de Universiteit van Amsterdam Nr. 4., Amsterdam 1964.
- 3. Briden J. C., Irving E., *Paleolatitide spectra of sedimentary paleoclimatic indicators*. Problems in paleoclimatology, ed. A. E. M. Nairn, London 1964.
- 4. Borza K., Martiny E., *Kóry vetrania, ložiská bauxitu a „terra rossa“ v slovenských Karpatoch*. Geologický sborník SAV, 15, 1, Bratislava 1964.
- 5. Borza K., Činčura J., Martiny E., *Herkunft der Roterden der südwestlichen Slowakei*. Geologický sborník SAV, 20, 2, Bratislava 1969.
- 6. Buday T., *Neogén Turčianské kotliny*. Sborník ÚÚG, XXVII, odd. geol., Praha 1962.
- 7. Buday T., Cícha I., Seneš J., *Miozän der Westkarpaten*. Bratislava 1965.
- 8. Büdel J., *Das System der klima-genetischen Geomorphologie*. Erdkunde XXIII, 3, Bonn 1969.
- 9. Cícha I., Tejkal J., *Problem des sog. Oberhelvets in den karpatischen Becken* (Vorschlag einer Diskussion zur Bestimmung eines neuen Stratotypus). Věstník Ústř. úst. geol. 34, 2, Praha 1959.
- 10. Činčura J., *Morfogenéza južnej časti Turčianskej kotliny a severnej časti Kremnických vrchov*. Náuka a Zemi IV, seria geographica 2, Bratislava 1969.
- 11. Degens E. T., *Geochemie der Sedimente*. Stuttgart 1968.
- 12. Fairbridge R. W., *The importance of limestone and its Ca/Mg content to paleoclimatology*. Problems of paleoclimatology, ed. A. E. M. Nairn, London 1964.
- 13. Fink J., *Die Paläogeographie der Donau*. Limnologie der Donau 2, Stuttgart 1966.
- 14. Gawel A., *Przejawy mineralne wietrzenia pustynnego w Południowej Polsce*. Przegląd Geograficzny XL, 2, Warszawa 1968.
- 15. Janáček J., *Poznámky k stratigrafii a paleogeografii miocénu a pliocénu Košické kotliny*. Geologické práce, Zpýy 41, Bratislava 1967.
- 16. Klimaszewski M., *Poglad na rozwój geomorfologiczny Tatr polskich*. Przewodnik VI. ogólnopolskiego Zjazdu Polskiego towarzystwa geograficznego cz. I., Krakow 1958.
- 17. Kraus I., *Mineralogical-genetical study of clay sediments of the Poltár-Formation (Southern Slovakia)*. Geologický sborník SAV, 19, 2, Bratislava 1968.
- 18. Kukal Z., *Geologie recentních sedimentů*. Praha 1964.
- 19. Kuthan M., *Neovulkanity československých Karpat*. Regionální geologie ČSSR, díl II, Západní Karpaty, svazek 2, Praha 1967.
- 20. Lotze F., *The distribution of evaporites in space and time*. Problems in paleoclimatology, ed. A. E. M. Nairn, London 1964.
- 21. Louis H., *Allgemeine Geomorphologie*. Berlin 1968.
- 22. Lukniš M., *Reliéf a rozčlenenie kvartérnych útvarov vo Vysokých Tatrách a na ich predpolí*. Geologický sborník SAV, 10, 1, Bratislava 1959.
- 23. Lukniš M., *Die Reliefentwicklung der Westkarpaten*. Wissenschafts-Zeitschrift der Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, Math. Nat. XI/10, Halle-Wittenberg 1962.
- 24. Lukniš M., *Pozostatky starších povrchov zarovnávania reliéfu v československých Karpatoch*. Geografický časopis SAV, XVI, 3, Bratislava 1964.
- 25. Marková M., *Litológia neogénnych sedimentov južného Slovenska*. Sborník geologických vied, rad ZK, zväzok 8, Bratislava 1967.
- 26. Mazúr E., *Žilinská kotlina a prilahlé pohoria*. Geomorfológia a kvartér. Bratislava 1963.
- 27. Mazúr E., *Intermountain basins a characteristic element in the relief of Slovakia*. Geografický časopis SAV, XVI, 2, Bratislava 1964.
- 28. Mazúr E., *Major features of the West Carpathians in Slovakia as a result of young tectonic movements*. Geomorphological Problems of Carpathians I., Bratislava 1965.
- 29. Mišík M., Čičel B., Marková M., *Mineralogicko-petrografický rozbor a genéza pukan-*

ských ílov. Geologické práce 49, Bratislava 1959. — 30. Planderová E., *Poznámky k vývoju flóry a ku klimatickým zmenám v neogéne na Slovensku*. Geologické práce 64, Bratislava 1962.

31. Planderová E., *Mikropaleobotanické spracovanie terciérnych sedimentov z oblasti vnútrokarpatských kotlín na Slovensku*. Biologické práce XII, 3, Bratislava 1966. — 32. Poláček S., *K otázke genézy ílovitých hornín pukaneckej hnedouhoľnej panvičky*, Geologický sborník SAV, 12, 2, Bratislava 1961. — 33. Rathjens C., *Ein Rundgespräch über Flächenbildung in Saarbrücken*. Zeitschrift für Geomorphologie Bd. 12, Hf. 4, Berlin 1968. — 34. Senes J., *Základné črty paleogénu Podunajskej nížiny*. Geologické práce 59, Bratislava 1960. — 35. Ruchin L. B., *Grundzüge der Lithologie*. Berlin 1958. — 36. Schwarzbach M., *Das Klima der Vorzeit*. Stuttgart 1950. — 37. Thenius E., *Tertiär II, Wirbeltierfaunen*. Stuttgart 1959. — 38. Turnau-Morawska M., *Spostrzezenia dotyczace sedimentacji i diagenезy sarmatu Wyzyny Lubelskiej*. Ann. Univ. M. C. S. IV, S. B., Lublin 1950. — 39. Tyczyńska M., *Klimat Polski w okresie trzeciorzedowym i czwartorzędowym*. Czasopismo Geograficzne, Wrocław 1957. — 40. Varjú G., *A Romhány-rögterületén levő (Bánk-Petényi) tüzaloagyag — előfordulás*. Áll. Földt. Int. Évi Jelent, Budapest 1959.

41. Vass D., Čičel B., *Mineralogicko-chemické a geologické zhodnotenie terigénnej formácie na báze terciéru Ipelskej kotliny*. Geologické práce, Zprávy, 33, Bratislava 1964. — 42. *Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1:200 000 Zvolen*. Bratislava 1963.

Do redakcie došlo 3. 4. 1970

Juraj Činčura

CLIMATIC ASPECTS OF THE RELIEF NIVELLIZATION IN THE SLOVAK PART OF THE WESTERN CARPATHIANS IN THE NEOGENE

To the remains of old levelled surfaces in relief of the Western Carpathians an attention has been paid substantially since the beginning of this century. An outline and evaluation of the older researches in the levelled surfaces have been presented in a comprehensive way in some later works (27, 28). At present substantially two opinions on the number of the levelled surfaces in the Western Carpathians exist (23, 24, 27, 28). According to these opinions it came to the rise of the levelled surfaces during the Helvetian, Sarmatian, Pannonian and Levantian.

Climatically the Neogene constituted a period during which it came to relatively frequent changes.

The Aquitanian. The sediments of the South-Slovakian Basin afford some, although limited possibilities for climatic considerations. In the Lučenec Basin sediments with a low sorting coefficient appear. There is a lot of unstable minerals and chips of rocks in them. The varied sediments of the Ipeľ Basin have striking marks of the sedimentation near a mouth of the river. When being sedimented, it came to the changes typical for lengthening and shortening of the subaquatic part of delta. To the changes in sedimentation it came in connection with alternating dry and wetter periods (25). The presence of a considerable amount of unstable components in the rivers that carried the weathered material from the land to the Aquitanian Sea does not show a deep and intensive weathering of humid tropical nature, at least during certain periods of the Aquitanian.

The Burdigalian. Well-known is the sedimentation of salts (series of Vorotyshche) out of the Burdigalian sediments of fore-deep from the territory of Poland and the USSR. Beside the incidence of salts, however, the aridity of climate is indicated even by some sediments of the Vienna Basin. Within the conglomerate-sandstone facies of the Burdigalian a facies of debris-conglomerates appears, the sediments of which are noted for their unsorted material of slightly rounded pebbles up to blocks (7). The debris-conglomerate appears ordinarily on

the slopes of elevations of underlying rocks. Certain indicators of the seasonal changes of climate are some sediments of southern Slovakia, which are noted for a sharp alternation of light grey pelitic and greenish aleuritic little layers.

The Helvetian. In the area of southern Slovakia producing coal layers of the Helvetian appear. The coal of the area of Modrý Kameň, in which swamp sorts predominate, settled in shallow swampy freshwater lakes on the flat marine coast under subtropical climate (42). The average temperature of the Helvetian is stated for 17°C and the precipitation for 1800 mm (30). Relatively high temperatures as well as considerable humidity are indicated indirectly even by the association of heavy minerals of producing layers, which is very poor relatively. The overlying clays appearing over the producing series of strata afford, however, another picture. Their predominating clay-mineral is montmorillonite and the elements that should be considered already typically xerophilous appear in them very amply. The conditions for formation of montmorillonite are fulfilled best in semi-arid climate (11). On the land montmorillonite is formed prevailingly in an alkaline environment, e. g. of steppes and semi-deserts (35). Therefore it is very probable that a humid climate, which predominated when producing layers were formed, was changed for a much drier climate, during which the overlying clays were settled.

The Carpathian. In the Western Carpathians the strata lying between the Helvetian s. s. and the Tortonian are denoted by this name. Formerly the term of Upper Helvetian (9) was used for these strata. Within the sediments of the Carpathian in the South-Slovakian Basin more hydrophilous forms recede to background as compared with xerophilous sorts (7). It is probable that the increasing aridity of climate, which manifested itself first time perhaps already in the overlying strata of the producing series, may be traced along the whole Carpathian. The salt-bearing formation of the Carpathian represents the maximum of aridity of this period. Its thickness reaches 600 m. Well-known are montmorillonitic clays out of the substrata of the salt-bearing formation. Another evidence of aridity of the Carpathian is the so called diversified series whose middle, the so called gypsum formation is an equivalent to the salt-bearing formation (15).

The Tortonian. The association of foraminifers of the Lower Tortonian enables to classify this period as the warmest period of the Miocene in the Paratethys (7). The temperature of surface waters exceed 20°C. The striking arid climatic anomaly is evidenced for the Tortonian by incidence of saults, gypsum and anhydrite on an extensive area. Incidence of the layers of brown coal, however, indicates humid climate for a part of the Tortonian. During the Upper Miocene it came to an intensive formation of red soils in the area of the Western Carpathians perhaps until the Lower Pliocene (1, 4, 5). The very period of the Tortonian, probably, represented a stage, during which it came alternately to changes of climate from humid throughout semi-arid up to arid conditions.

The Sarmatian. The humidity of climate during certain spans of the Sarmatian is evidenced by several cases of incidence of lignites. On the contrary, there is, however, evidence that an arid climatic anomaly manifested itself during the Sarmatian. This fact is shown by the Sarmatian sediments of the Lublin plateau, which exhibit coincident or very similar features with those described by J. Walther in the work „Das Gesetz der Wüstenbildung“ (38). The relatively dry climate during the Sarmatian is indicated even by other facts. The findings of relics of gazelle from the surroundings of Mikulov as well as the incidence of forms very akin to recent seals of the present-day arid Asiatic inland reservoirs indicate a considerable dryness of the climate, too.

The Pannonian. The series of strata of the Pannonian in the Western Carpathians concentrate in themselves a considerable amount of weathering products containing a great amount of kaolinite. Up to 1 m thick kaolinic weathering products appearing in the filling of the basin Turčianska kotlina in a redeposited form are the products of weathering and of deposition downwards from the Pannonian levelled surface in the mountains of Žiar. Suppose the probable Pontian age of the Poltár formation (7) the kaolinic clays from the wider surroundings of Poltár represent probably the Pannonian crust of weathering, which partly has been preserved on the sites of its origin, but mostly it appears in a redeposited form. In latest

time besides kaolinite in the sedimentary clays of the Paltarian formation the presence of free hydrates Al — gibbsite, diaspore has been found which probably arose in the original crust of weathering as final products. The kaolinic weathering products are well-known from the Pannonian of the Western Carpathians and also from other places. On the basis of the micropalaeobotanical treatment of material of the bores from the intra-Carpathian basins E. Planderová supposes a warm, temperate climate to have prevailed during the Pannonian. We regard as more probable the climate of the Pannonian to have had more a middle-humid, eventually humid subtropical nature.

The Pontian. Many Pontian sediments contain kaolinite still in an ample amount relatively. We suppose it not to have come to so intensive weathering processes during the Pontian as in the Pannonian. It is probable most part of kaolinite in the Pontian sediments to come from the Pannonian crusts of weathering. The weakening of the effects of weathering still with a relatively high humidity (relatively frequent occurrence of lignites) is to be ascribed to a successive decrease of temperatures. This fact is supported even by the results of palynological analyses. The flora of the Pontian resembled the flora of the moderate zone with alternating annual seasons (30). From the viewpoint of the development of climate of the Pliocene it is, however, necessary to pay more attention to the tectonics of this period. For the whole period of the Pliocene — although the Pannonian is noted still for its intermediate nature — the characteristic mark is the uplift of the mountainous portion of the Western Carpathians (7, 27, 28). The rough effect of the uplift makes more than 200 m in the area of the gap of the Strečno and similar values are reached after the Pannonian also by the uplift of the hilly land Moštná pahorkatina and the Súľovské skaly (Súľov Rocks 26). Similarly the Tatra had in the Pannonian still a middle-mountainous nature (16). Therefore it is probable that due to the rise of mighty elevations in the mountainous portion of the Western Carpathians as a contrast to the by-Carpathian lowlands and to the germs of the present-day basins, especially in southern and eastern Slovakia it came even to a more striking climatic differentiation within both these areas.

The Levantian. In comparison with the previous periods of the Pliocene for the Levantian prevalingly rougher clastic sediments are characteristic. The clay-formations are, in comparison with the Pontian and Pannonian, much less frequent in the Levantian. All these facts indicate that the disintegration of rocks as well as their transport and sedimentation ran during the Levantian under different conditions in comparison with those during the older periods of the Pliocene. The gravels and conglomerates of the Levantian represent in a prevailing measure the material of the streams running down from the mountain ranges and depositing material in the form of alluvial cones. This process of forming alluvial cones had probably also some common marks with the conic sedimentation typical for the oldest phases of the Pleistocene. We mean especially the effects evoked by certain dryness, on the one side of the period, it is true, still relatively warm during the Levantian, and on the other one of the cold period during the oldest phases of the Pleistocene. We suppose that the rough sediments of the Levantian arose under semi-arid conditions. Probably also in the lowlands not very different conditions ruled in comparison with those in the mountain ranges. Probably even the clastics of the so called Kolárovia formation in the Danubian Lowland is a sediment which arose under conditions like those. Similar conditions in the basins of the Middle Váh-land (Považie) are indicated by polymict gravels with layers of sandstone and in the Upper Hron-land (Horehronie) area by remains of the Levantian debris sediment.

The period of the Neogene within the area of the Western Carpathians was marked by an alternation of warm humid phases and phases drier up to extreme dry. These climatic changes, which happened during the Neogene, are evidenced either faunistically and floristically or sedimentologically. On the basis of recent opinions on the periods of formation of levelled surfaces possible in the Neogene of the Western Carpathians, the phases of relief nivellation ran during the Helvetian, Sarmatian, Pannonian and Levantian (23, 24, 27, 28).

The Helvetian represented a period whose climate was noted for relatively high average temperatures (17 °C). For a part of the Helvetian being noted for the formation of producing layers in southern Slovakia it is necessary to suppose high humidity, too. The sediments

younger than the producing layers, however, arose under other climatic conditions, probably under those of semi-arid type. In the present-day relief of the Western Carpathians no remains of the supposed Helvetian surface of levelling have been preserved. From the viewpoint of the course of nivellization phases and of the forming of levelled surfaces whose remains appear in the present-day relief of the Western Carpathians the period of the Upper Miocene and the Pliocene acquire a greater significance.

The humidity of climate during a certain part of the Sarmatian is evidenced by several cases of lignite incidence. From the area of the Lublin plateau, however, well-known are the phenomena indicating dry and windy climate. A drier climate in comparison with that ruling during the formation of lignites is indicated by the steppe and savanna elements described in the Sarmatian, too. Consequently characteristic is the change of climatic conditions in the Sarmatian, too.

The period of the Pannonian affords another picture in comparison with the Sarmatian and Helvetian. For the Pannonian there is no evidenced change of climate hitherto in the sense as it happened in the Helvetian and in the Sarmatian. During the Pannonian probably dominated a subtropical humid climate whose evidence is primarily the kaolinic weathering products as well as the formation of free hydrates Al — gibbsite, diaspore — in the crusts of weathering.

The climate of the upmost Pliocene — the Levantian — affords another picture than the climate of the Pannonian. During this period as it is indicated especially by several types of the sediments of the Levantian from various areas of the Western Carpathians a semi-arid climate prevailed probably.

If we try to take a stand on possible morphogenetic processes of the individual periods from the viewpoint of the reconstruction of climate of the periods during which it came to the relief nivellization of the Western Carpathians, we conclude that in the processes of nivellization and in the creation of levelled surfaces it is not possible to consider the dominant position of a certain process that would be characteristic for a certain climatic zone. In the processes of nivellization a broad scale of processes more took place, whereby it is probable that a certain role was played just by a succession in the course of the individual processes.

In conclusion it may be consequently stated that the Neogene levelled surfaces of the Western Carpathians represent substantially polyclimatic forms, from which even the polygenetic character of these forms result.

From the Slovak translated by A. Krajčír