

ŠTÚDIE

JAN KREJČÍ

PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE
VZNIKU PLEISTOCÉNNÍCH ŘIČNÍCH TERAS
V ČESKOSLOVENSKU

I

Jan Krejčí: Ein Beitrag zur Problematik der Entstehung der pleistozänen Flußterrassen in der Tschechoslowakei. Geografický časopis, Bratislava 1973, XXV, 2; 1 Abb., 39 zit. Lit.

Das Flußgebiet der Elbe im Bereich der böhmischen Kreideformation wird gehalten für ein Gelände, das die besten Bedingungen in der Tschechoslowakei für das Studium der Stratigraphie des Quartärs auf Grund der Beziehungen zwischen den Flußterrassen und den terrestrischen Sedimenten und Böden bietet, weil dort das Quartär durch die Flußterrassen und Loßserien vollkommen belegt sei. In der vorliegenden Arbeit kommt aber der Verfasser auf Grund einer eingehenden Analyse zum Schluß, daß die dortigen Flußterrassen klimatisch nicht bedingt sein können und daß die Gründe, welche angeführt werden für das Reißalter der V. Terrasse, die für die Leiterterrasse des ganzen Terrassensystems gehalten wird, nicht einwandfrei sind.

Studium pleistocénních říčních teras, jejich systémů a příčin vzniku nepřestává být jedním z hlavních oborů výzkumů geomorfologů a kvartérních geologů. Důvod tohoto zájmu spočívá ve velkém významu, který pleistocénní říční terasy mají pro poznání čtvrtohor jak z hlediska geomorfologického a geologického, tak i po stránce paleoklimatologické.

V Československu se na území nejvhodnější pro studium stratigrafie kvartéru na podkladě vztahů mezi říčními terasami a suchozemskými uloženinami a půdami považuje labsko-vltavské povodí v oblasti českého křídového útvaru, a to proto, poněvadž se vyznačuje dokonalým vývojem říčních teras a sprašových sérií (24) a poněvadž je tam kvartér nejlépe doložen štěrkopískovými stupni (terasami) (39). Názor o velkém významu labsko-vltavského povodí v oblasti českého křídového útvaru pro poznání kvartéru přešel i do zahraniční literatury (13).

Studium říčních teras v této oblasti se zabývala řada badatelů. V poslední době se vychodiskem pro závěry o stratigrafii kvartéru v tomto území stává systém říčních teras stanovený B. Balatkou a J. Sládkem (srov. např. lit. 23, 24).

B. Balatka a J. Sládek, k nimž později přistoupila J. Loučková, vykonali ve výzkumu říčních teras v Čechách neobyčejně veliký kus práce a výsledky svého výzkumu uveřejnili v četných publikacích. Při důkladném rozboru jejich prací se však setkáváme s různými skutečnostmi a názory, z nichž na některé již upozornil J. Karásek (17), které nám nedovolují, abychom hlavní závěry, které B. Balatka a J. Sládek na základě svých výzkumů učinili (např. o příčinách vzniku říčních teras, o jejich systému aj.), považovali za bezpečně prokázané. V následujících kapitolách uvedeme důvody, které nás k tomuto stanovisku vedou.

II

Jeden důvod, proč závěry B. Balatky a J. Sládka nemůžeme plně přijmout, spočívá v tom, že títo autoři nedefinují s potřebnou výstižností odborné termíny, jichž v souvislosti s říčními terasami užívají, a nejsou důslední v užívání pojmů, které si stanovili. Z toho plynou různé nejasnosti, které brání jednoznačnému pochopení toho, co měli autoři na mysli.

Tak pro označení říčních teras kromě názvu terasa užívají ještě výrazů terasová akumulace a terasová úroveň. Piší například, že rozlišili až 7 velkých terasových akumulací, až 25 m mocných, které označují od nejstarší číslu k nejmladší I. až VII. Ale poněkud dále v témže odstavci čteme: „Kromě tohoto akumulacího povrchu jsou ve většině náplavů vyvinuty zřetelné nižší úrovně erozního původu, typicky zejména u tří nejnižších teras (V, VI, VII)“ (5, srov. též lit. 2). V diskuzi s L. Urbánkem B. Balatka a L. Sládek sice tvrdí, že říční terasa je pojem ryze geomorfologický, tj. skládá se z několika prvků (povrch, svah, hrana terasy) a že pojem terasa nezahrnuje terasovou akumulaci (8), ale v polemice s J. Karáskem uvádějí, že „J. Krejčí vylučuje na základě svého pojetí z pojmu říčních teras i údolní nivu dnešních toků. Údolní niva tvoří geneticky stejnocennou úroveň jako nejnižší terasy kryté ještě povodňovými hlinami“ (9). Neboli zde oba autoři považují za říční terasy fluviatilní akumulace, které nejsou prořiznuté vodním tokem a u nichž proto nejsou vyvinuty všechny tři morfologické prvky terasy.

Pro nižší úrovně erozního původu B. Balatka a J. Sládek používají ještě další názvy: erozní povrch, erozní stupeň, terasový stupeň a v rámci každé terasové akumulace je označují indexy b, c, d; tedy např. terasový stupeň IIIb, erozní stupeň Vb aj. Jindy opět označují nižší úrovně termíny „snížená úroveň“ a „snížený povrch“, např. „lokalita se sníženým povrchem III. terasy (IIIb)“. Na jiných místech však zase místo termínu terasový stupeň apod. používají pro geomorfologické útvary tohoto druhu označení terasa; např. terasa IIIb, terasa IVb, terasa Vb.

Používání názvu terasa pro tvary, které jindy nazývají erozní stupně, přivádí B. Balatku a J. Sládka do rozporu i s jejich vlastním výrokem, že jejich „označení říčních teras se liší od klasifikace vltavských teras Q. Záruby, který některé podružné stupně pokládá za samostatné terasy“ (5). Nedůslednost autorů v používání pojmu terasa se projevuje též v různých jiných jejich rčeních, jako např. „v úrovni V. terasy (Vb)“ aj.

Jiným zdrojem nejasností v publikacích B. Balatky a J. Sládka jsou různé výrazy týkající se snižování terasových výskytů, jako např. „povrch šterkopísků je zde snižen do úrovně terasy Vb“ apod. K tomu je třeba poznamenat, že sloveso snižovat znamená učinit nižším. V pojednáních o říčních terasách by proto výrazy, jako snížená terasa, snížený povrch apod. byly na místě jen tehdy, kdyby šlo o takové snížení, při němž by původní základní tvarové prvky říční terasy, a zejména její povrch, zůstaly zachovány. Tedy jen tenkrát, kdyby šlo o vertikální pohyb terasy směrem dolů, způsobený

např. tektonicky. Podle B. Balatky a J. Sládka však snižování říčních teras vzniká boční erozí (7, 8). Vzniká tedy horizontálním posunem řečiště, které v terasových akumulacích vytváří nový povrch. Tento nový povrch se od původního vyššího povrchu terasové akumulace liší jednak svým stářím, poněvadž vznikl později, jednak geneticky, neboť byl vytvořen erozí, kdežto původní vyšší a starší povrch je výsledkem akumulace. Jde tu tedy o dva různé povrchy. Není proto správné používat výrazů „snížená terasa“, „snížený povrch“ apod. tam, kde nedošlo k vertikálnímu poklesu říční terasy při zachování jejího původního povrchu.

Nejasnosti a rozpory v pracích B. Balatky a J. Sládka o říčních terasách, jejichž některé příklady jsme uvedli, by podle našeho mínění bylo možno odstranit tím, kdyby si oba autoři podrobněji ujasnili významovou náplň pojmu říční terasa a kdyby upustili od své dosavadní praxe používat termínu říční terasa ve dvojím smyslu, tj. jednak pro označení sedimentů uložených vodními toky a jednak pro označení tvarů zemského povrchu, které v těchto sedimentech potom vznikly hloubkovou a popřípadě i bočnou erozí vodních toků.

Jeden z dokladů neujasnění významu pojmu říční terasa u B. Balatky a J. Sládka je obsažen v jejich polemice s J. Karáskem z r. 1970. Tam oba autoři píší: „Vzhledem k tomu, že J. Karásek neuvádí definici říční terasy v pojetí J. Krejčího v přesném znění, citujeme ji (současné s morfologickými znaky) z práce J. Krejčího (21)“. Jejich citace zní takto: „Říční terasa jest plošina vytvořená říční činností za fázi stability ve vertikálním vývoji údolí. Z této definice plyne morfologická charakteristika říční terasy. Je to plošina, která se v podélném průřezu sklání ve směru toku, který ji vytvořil, a ve směru příčném je horizontální (str. 98). — Skalní povrch ve směru příčném bude horizontální, ve směru podélném se bude sklánět pro proud. Na vnější straně budou terasy přecházet více nebo méně ostrou hranou ve svah klesající k řece (str. 95).“ Z takto podané citace „mé definice“ vyvozují oba autoři dále závěr, že „... jedním z hlavních kritérií říční terasy podle morfologické charakteristiky podané J. Krejčím je horizontálnost skalního podloží terasy v příčném profilu. Tento případ nastává ve skutečnosti poměrně řídké, jak uvádí i J. Krejčí, který však vychází z netypicky zachovaných zbytků terasových uloženin, spočívajících na šikmých plochách údolních svahů (str. 104) zpravidla v hluboce zaříznutých údolích“ (9).

B. Balatka a J. Sládek se však při citování z mé práce z r. 1939 dopustili několika omylů, a proto také závěr, k němuž na základě těchto citací dospěli, je nesprávný.

Základní omyl autorů spočívá v tom, že definici říční terasy, kterou vydávají za mou definici, sestavili ze dvou citátů, z nichž každý se týká jiné věci a které tedy spolu bezprostředně nesouvisejí. První citát, který oba autoři převzali ze str. 98 mé práce z r. 1939, je mou definicí říční terasy v obecném smyslu, tj. podává základní tvarovou charakteristiku terasy platnou pro všechny druhy říčních teras bez ohledu na způsob jejich vzniku a z něho vyplývající geologické složení teras. Druhý citát převzatý ze str. 95 mé práce podává základní charakteristiky platné jen pro jeden druh říčních teras, a to pro terasy erozní. V této charakteristice udávám, že skalní povrch erozní terasy je to příčným směrem horizontální. B. Balatka a J. Sládek však v závěru, který ze dvou zcela neorganicky spojených citátů z mé práce vyvodili, zaměnili termín „skalní povrch“ za výraz „skalní podloží“.

Pro správné pochopení pojmu říční terasa je třeba si uvědomit podstatu těchto součástí reliéfu zemského povrchu, která vyplývá jak z jejich vzniku, tak z jejich tvarových vlastností. Svým vznikem to jsou bývalá, v příčném směru rovná údolní dna, která byla proříznuta v následující erozní fázi vývoje vodního toku. Těmito genetickými skutečnostmi je pak podmíněn tvar říčních teras, tj. tvar stupně, jemž je tvořen jednak rovnou plošinou na povrchu terasy, jednak více nebo méně srázným svahem, který

plošinu lemuje na straně přivrácené k vodnímu toku, resp. k podélné ose údolí. Právě pro tento tvar stupně dostala bývalá údolní dna název terasa.

S pojetím říční terasy jako stupně se setkáváme téměř obecně jak u geografů, tak i u geologů. Z československých autorů to jsou, např. R. Kettner (18), J. Kunský (In: Svoboda a kol., 30), Fr. Vitásek (36) aj. Ze zahraničních autorů to jsou např. I. S. Ščukin (31), který podobně jako H. Louis (22) zdůrazňuje, že za říční terasy je třeba považovat jen dřívější údolní dna proříznutá vodním tokem, dále H. Baulig (10), W. D. Thornbury (32), D. G. Panov (26) aj.

V poslední době se však v československé odborné literatuře, zejména geologické, často setkáváme s tím, že se názvem terasa označují říční šterkopískové náplavy, i když nemají morfografické znaky terasy. Důvodem k tomu je podle V. Ložka skutečnost, že říční terasy jsou obvykle tvořeny šterkopísky a že většina kvartérních usazenin tohoto druhu je zachována v podobě teras (24). Používání termínu terasa k označování šterkopískových náplavů, i když nemají tvar terasy, není správně hlavně ze dvou důvodů. Jeden důvod spočívá v tom, že se termín, který svou významovou náplní vzbuzuje představu určitého základního tvaru nejen v geomorfologii, ale i v obecné mluvě, aplikuje na sedimenty, které tento tvar nemají. Druhý důvod spočívá v tom, že používání názvu terasa k označení šterkopískových výskytů, které tvar terasy nemají, vedlo často k mylné představě o větším počtu terasových úrovní, než kolik jich ve skutečnosti existuje. Je též třeba připomenout, že Komise teras a erozních povrchů při Mezinárodní geografické unii výslovně zdůraznila, že termín terasa přísluší tvaru zemského povrchu a nikoliv materiálu (13).

Poněvadž každá říční terasa je stupeň, není podle mého názoru žádný důvod k tomu, aby se rozlišovaly říční terasy a terasové stupně jako dvě různé kategorie tvarů vytvořených činnostmi vodních toků. Jestliže ovšem B. Balatka a J. Sládek nějaký důvod k tomuto rozlišování mají, pak by měli tvary, které považují za terasové stupně, důsledně odlišovat nějakým jiným a výstižnějším názvem. Z jejich výkladů o vzniku terasových stupňů však takový důvod jasně nevyplývá.

Aby bylo možno jednoznačně porozumět představě B. Balatky a J. Sládka o vzniku nižších erozních stupňů a o jejich významu v systému labských a vltavských teras, bylo by třeba, aby autoři odpověděli na tyto otázky: 1. Podle čeho soudí, že plošiny nižších erozních stupňů, složené z říčních sedimentů, vznikly bočnou erozí; 2. podle čeho soudí, že k této bočné erozi docházelo během prohlubování údolí, resp. v počáteční fázi prohlubování údolí nebo po zastavení hloubkové eroze; 3. v čem spočívá rozdíl mezi geneticky samostatnou a podružnou terasovou úrovní; 4. zda považují nižší, resp. podružné erozní úrovně za stupně, jejichž povrchová plošina leží v daném příčném řezu údolím na obou jeho stranách na stejné výškové úrovni nebo střídavě v různé výšce.

Odpovědi na tyto otázky by podle našeho mínění umožnily rozhodnout, o jaký genetický typ fluviatilních tvarů zde jde, např. zda nižší erozní stupně jsou totožné s tzv. meandrovými terasami, které se označují jako nespárované nebo střídavé terasy. Dále by tyto odpovědi dovolily rozlišit tzv. cyklové terasy ve smyslu I. S. Ščukina od teras místních (31, 26).

III

Jednu ze svých hlavních prací o říčních terasách B. Balatka a J. Sládek (spolu s J. Loučkovou) nazvali *Vývoj hlavní erozní báze českých řek* (2). Podle tohoto znění nadpisu bylo možno očekávat, že se budou zabývat otázkou, na jaké polohy hlavní erozní základny bylo vázáno Labe v jednotlivých fázích vzniku říčních teras v území,

jímž se autoři zabývali. Je totiž velmi žádoucí, aby autoři zaujali stanovisko k této otázce, poněvadž odpověď na ni by mohla vést k správnému pochopení příčin a dějů, které způsobily vznik říčních teras v povodí Labe v Čechách.

Jak známo, názvem hlavní erozní báze se obecně označuje úroveň hladiny oceánů a jejich vedlejších moří. Na ni jsou vázány přímo nebo nepřímo všechny vodní toky s výjimkou toků endoreických oblastí. Přímou jsou na hlavní erozní bázi vázány toky ústící bezprostředně do oceánů a moří, kdežto jejich přítoky různého řádu jsou na hlavní výmolnou základnu napojeny jen nepřímo prostřednictvím místních erozních bází. Místní erozní báze pro ně tvoří koryta příslušného hlavního toku v místech soutoku.

Proto nelze řeku Labe považovat za hlavní erozní bázi českých řek, nýbrž za soustavu četných místních výmolných základen.

Důvod, proč by se B. Balatka a J. Sládek měli zabývat otázkou vztahu terasového systému v povodí Labe k hlavní erozní základně, plyne z následujících skutečností. Jak oba autoři uvádějí, říční terasy středního Labe probíhají vcelku souběžně s dnešním údolním dnem, při čemž směrem po toku lze pozorovat u všech terasových úrovní mírnou divergenci. Relativní výška povrchu nejvyšší a nejstarší pleistocénní terasy (I. terasa) v systému B. Balatky a J. Sládka nad dnešní hladinou Labe je na Mělnicku podle tabulky na str. 5 publikace (2) 115 m, relativní výška terasy 91 m atd. Podle údajů B. Balatky leží povrch nejstarší pleistocénní terasové akumulace v oblasti soutoku Labe s Vltavou ve výši kolem 120 m nad řekou (1). Poněvadž B. Balatka a J. Sládek kladou vznik říčních teras svého systému do jednotlivých glaciálů a stadiálů, pak za předpokladu, že si terasy udržely své relativní výšky až do míst, kde se tok, jenž je vytvořil, vléval do moře, bylo by třeba usuzovat, že v době nejvyšší terasy, kladené do doby dunajského zalednění, ležela hlavní erozní základna, tj. hladina oceánu, cca 115 až 120 m nad svou dnešní polohou. Podobně v době II. terasy, tedy v günzu, by měla hlavní erozní báze zaujímat polohu asi 90 m nad dnešní mořskou hladinou, a tak postupně v dalších glaciálech a stadiálech stále níže.

Takový závěr by se značně podobal názoru, který se velmi rozšířil v prvních desítilétích 20. století vlivem prací zejména M. de Lamothe a Ch. Depéreta. Tito badatelé tvrdili na základě výzkumů říčních teras na západoevropských tocích a v Alžírsku, že existuje v podstatě jednotný systém říčních teras, které mají konstantní relativní výšky a které jsou geologicky tím starší, čím výše v systému leží. Vznik každé terasy spojovali s jedním glaciálem a navazovali je na postupně klesající hladinu světového moře, která podle jejich předpokladu v době prvního pleistocénního zalednění ležela 90–100 m nad dnešní mořskou hladinou, v době druhého zalednění ve výši 55–60 m atd. (12, 25).

Jak uvádí M. Derruau, již před mnoha lety se ukázala nemožnost takovéto koordinace glaciálů s vysokými a postupně během pleistocénu klesajícími polohami hladiny světového moře. Dnes je známo, že poutání velmi značného množství vody v ledových způsobilo v jednotlivých glaciálech poklesy hladiny světového moře pod nynější její úroveň (14, 12).

Výpočty provedené v nedávné době, které se opíraly o nové informace o pravděpodobném objemu ledovců různých typů, dospěly k závěru, že v době maximálního rozsahu pleistocénního zalednění se hladina světového moře snížila téměř o 150 m pod nynější úroveň. Botanická a jiná zjištění vedou k závěru, že v interglaciálu mindel-riss, který je považován za tzv. velký nebo hlavní interglaciál, se hladina světového moře zvedla téměř o 30 m nad svou nynější úroveň (16).

Pleistocénní glacioeustatické poklesy hlavní erozní základny vyvolaly na vodních tocích, které ústily přímo do moře, a které prodlužovaly svůj tok za ustupující pobřežní

čarou, hloubkovou erozí, jež postupovala zpětně proti proudu (16). Za geomorfologické doklady této činnosti vodních toků se považují údolní tvary, které se vyskytují značně hluboko pod nynější mořskou hladinou a které se bezprostředně napojují na suchozemskou údolní síť. Lze je sledovat až do hloubky kolem 100 m a jsou vyvinuty v celkem obdobných tvarech v různých částech světa, např. na šelfu Severního moře, na sundském šelfu, na novoanglickém šelfu aj. (14, 22).

S nesporně prokázanými poklesy hladiny světového moře v glaciálech hluboko pod nynější úroveň však nelze uvést v soulad systém paralelních, resp. po proudu mírně divergentních říčních teras, sahající do značných výšek nad nynější polohou říčních koryt, jestliže se přijme názor, který zastávají B. Balatka a J. Sládek (1) i někteří jiní badatelé, že tyto terasy jsou produktem pleistocénního klimatu a že pro akumulacní oblast středního Labe nelze předpokládat intenzivnější tektonické pohyby v pleistocénu (2).

IV

Jestliže porovnáваме názor o klimaticky podmíněném vzniku říčních teras v povodí Labe v oblasti českého křídového útvaru s výklady B. Balatky a J. Sládka o genezi jejich terasového systému, setkáváme se s některými nesrovnalostmi.

Vznik teras podle svého pojetí ličí oba autoři takto:

„V době po akumulaci terasy se řeka počala zařezávat do vlastních náplavů a vytvářet v nich boční erozi nižší stupně. Při dalším zahlubování v podložních horninách se eroze řeky zastavila v úrovni nejnižší báze následující terasy, která bývá vyvinuta v podobě deprese (brázdy) na dně údolí. V akumulacním období vyplnila řeka svými štěrkokopisky nejprve tuto depresi a ve vyšší poloze pak došlo k rozšiřování údolí v náplavech vyšší terasy nebo ve skalním podloží a k ukládání svrchní části terasových sedimentů. Když dosáhla řeka maximální úrovně akumulace, která představuje původní povrch terasy, došlo znovu k procesu zařezávání a k vývoji erozních stupňů v této terase a k dalšímu prohlubování údolí až na úroveň báze následující terasy“ (5).

Obdobný výklad podávají oba autoři též ve své práci (4) a přejímají jej v podstatě do publikace (2), kde však je jistý rozdíl v tom, že procesy boční eroze, které považují za rozhodující pro morfologii terasových stupňů, kladou především do počátečního období erozní fáze po ukončení akumulace náplavů.

Na obtíže narážíme, chceme-li tyto akumulacní a erozní fáze přesněji zařadit do jednotlivých pleistocénních období. Studujeme-li výklady a tabulky těchto autorů podrobněji, zjišťujeme především, že nenalzáme žádný údaj o tom, kdy terasy vznikly jako geomorfologický tvar, tj. jako stupeň. Zařazení do jednotlivých glaciálů a stadiálů, které autoři provedli, se zřejmě týká jen akumulacní fáze vzniku teras. Ve svých společných výkladech o zařazování teras do pleistocénního systému B. Balatka a J. Sládek nikde nepodávají časové zařazení erozních fází, nikde neudávají interglaciály a interstadiály ve vztah ke vzniku svého terasového systému. Jen B. Balatka (1) obecně konstatuje, že „ukládání říčních náplavů spadá časově do dob ledových (stadiálů příp. glaciálů), prohlubování údolí (eroze) do dob meziledových (interstadiálů příp. interglaciálů)“. Avšak ve srovnávacích tabulkách teras B. Balatka a J. Sládek zařazují do glaciálů a stadiálů i „terasové stupně“, které podle jejich názoru byly vytvořeny během erozní fáze po ukončení akumulace terasových náplavů.

Při zařazování říčních teras svého terasového systému na středním úseku českého toku Labe B. Balatka a J. Sládek vycházel především z doby vzniku akumulace své

V. terasy, kterou na základě paleontologických nálezů u Čilce u Nymburka zařadili do rissu 1. Vzhledem k této terase, která je považována za vůdčí druh terasy (24), pak provedli stratigrafické zařazení ostatních teras. Jako nepřímých dokladů použili pokryvných sedimentů, zvláště eolických, a archeologických nálezů. Další podklady pro stratigrafické zařazení teras jim poskytla paralelizace s terasovým systémem R. Grahmanna (15) a Q. Záruby (38).

Z paleontologických nálezů u Čilce byla podkladem pro stratigrafické zařazení V. terasy měkkší fauna zjištěná v bazálních vrstvách tzv. třebestovické terasy R. Sokola, kterou B. Balatka a J. Sládek považují za totožnou se svou V. terasou. Podle V. Smetany fauna těchto bazálních vrstev je odlišná od suchozemské fauny ve vyšších vrstvách třebestovické terasy. Vedle suchozemských měkkýšů tam převládají vodní formy, z nichž nejčastější je *Corbicula fluminalis* (Müller) (29). Na základě těchto paleontologických nálezů B. Balatka a J. Sládek dospěli k závěru, že mlž *Corbicula fluminalis* (Müller) datuje začátek akumulacího období V. terasy (riss 1). Přitom ve své práci (4) označili nálezy v bazálních vrstvách u Čilce jako „interglaciální měkkší faunu (mindel-riss)“ a v publikaci (2) udávají, že podle J. Petrboka a V. Smetany *Corbicula fluminalis* představuje vůdčí fosilli, charakteristickou pro interglaciál mindel-riss.

Fosilní *Corbicula fluminalis* (Müller) je však známa z různých vrstev od terciéru po holocén (27) a dnes žije v teplých, většinou aridních oblastech (23). Proto také J. Petrбок a V. Smetana nedospěli k zařazení bazálních vrstev třebestovické terasy do interglaciálu mindel-riss podle toho, že by *Corbicula fluminalis* (Müller) byla příznačná právě pro tento interglaciál, ale podle toho, že třebestovická terasa byla již před nálezem fauny u Čilce považována R. Sokolem za risskou. V. Smetana se snažil podepřít stratigrafické zařazení bazálních vrstev u Čilce také tím, že třebestovickou terasu, která byla v terasových systémech starších autorů (J. E. Hibsche, C. Purkyně aj.) pokládána za tzv. střední nebo II. pleistocénní terasu, srovnával s jinými fluvia-tilními usazeninami, které obsahovaly *Corbicula fluminalis* a byly kladeny do interglaciálu mindel-riss, např. v Německu (29).

V. Ložek uvádí, že v terase u Čilce nebyla novými průzkumy zjištěna žádná složka fauny odpovídající teplému období a že *Corbicula fluminalis* (Müller) nevyznačuje vrcholný interglaciál, nýbrž patří spíše přechodní periodě mezi teplým a chladným obdobím. Bazální vrstvy u Čilce pak řadí do přechodné fáze mezi holsteinským interglaciálem a sálským glaciálem, a V. terasu považuje za spjatou se sálským zaledněním. Jedním z důvodů k tomuto zařazení mu bylo přesvědčení, že i pro povodí Labe v Čechách smí platit poznatek získaný ve středním Německu, že *Corbicula fluminalis* (Müller) je význačná pro usazeniny holsteinského interglaciálu. Druhým důvodem byl názor, že terasa u Čilce odpovídá morfologicky a paleontologicky tzv. hlavní terase v povodí řeky Sály spjaté se sálským zaledněním. Třetím důvodem byly vztahy mezi IV., V. a VI. terasou systému B. Balatky a J. Sládka a interglaciály, doložené paleontologicky a paleopedologicky, ve spraších v Sedcích a v Letkách u Prahy (23, 24).

Po stránce paleontologické však existuje mezi tzv. hlavní terasou povodí Sály a lokalitou u Čilce jistý rozdíl, daný tím, že spodní části nánosů hlavní terasy, v nichž se vyskytuje *Corbicula fluminalis* (Müller), obsahují teplomilnou faunu patřící k vrcholnému interglaciálu (33, 37).

Korelace říčních teras po stránce geomorfologické naráží na četná úskalí, o nichž pojednává např. W. D. Thornbury. Jediná možnost spolehlivé identifikace teras různých řek je dána tam, kde lze terasy sledovat až po jejich vzájemné spojení (32). U V. terasy tato možnost dána není. Srovnávat V. terasu s hlavní terasou v povodí Sály po stránce geomorfologické obdobnosti pak není možno z následujících důvodů. Předně

proto, že terasový systém v povodí Sály se neshoduje (počtem terasových akumulací, jejich úložnými poměry aj.) se systémem B. Balatky a J. Sládka. Za druhé proto, že je podstatný rozdíl v tvarovém rázu obou teras. Zatímco hlavní terasa v povodí Sály je velmi dobře vyvinutá, takže tvoří charakteristický geomorfologický vůdčí horizont celého údolí Sály — proto také dostala název „hlavní terasa“ — (33), je V. terasa „jednou z nejhůře zachovaných terasových akumulací v údolí středního Labe“ a na jednom úseku dlouhém 55 km se dokonce prakticky vůbec nevyskytuje (2). Tento rozdílný stav zachování obou teras nesvědčí pro jejich stejné geologické stáří.

Údaj, že lokalita u Čilce představuje relikt náplavů V. terasy zarovnaný boční erozí do úrovně povrchu VI. terasy (2), nutně vyvolává otázku, zde ve skutečnosti sedimenty s *Corbicula fluminalis* (Müller) nepatří k VI. terase.

Určování stáří labských teras VII., VI. a V. podle jejich vztahu k doloženým interglaciálům ve spraších u Sedlce a Letek u Prahy v údolí Vltavy není spolehlivé, a to z několika důvodů. Předně proto, že lokality u Sedlce a Letek leží v údolí jiné řeky a v prostředí zcela jiného geomorfologického rázu než terasy v území zkoumaném B. Balatkou a J. Sládkem. Za druhé proto, že terasový systém těchto autorů není shodný s terasovým systémem, který v údolí Vltavy pod Prahou stanovil Q. Záruba. Za třetí proto, že vztah mezi terasami systému Q. Záruby a sprašovými pokryvy u Sedlce a Letek není, jak B. Balatka a J. Sládek sami uvádějí, jednoznačný, takže paralelizace teras se sprašovými pokryvy v jejich nadloží nemusí vždy odpovídat genetickému vztahu mezi určitou terasou a spraší (4). A konečně proto, že stáří spraší, resp. půdních komplexů, bývá někdy naopak určováno podle jejich polohového vztahu k říčním terasám, pro jejichž stratigrafické zařazení však nejsou k dispozici zcela spolehlivé doklady (srov. např. 23, 24, 39).

Porovnáním s terasovým systémem R. Grahmanna dospěli B. Balatka a J. Sládek k názoru, že jejich terasy V. a VI. navazují směrem po toku na terasy O systému Grahmannova, jenž stanovil jejich přímý vztah k sedimentům sálského zalednění (2). V tom vidí tyto autoři další doklad pro risské stáří svých teras V. a VI.

Při navazování V. a VI. terasy na terasy O však narážíme na několik obtíží. Předně R. Grahmann tvrdil, že terasy O₁, O₂ a O₃, stanovené r. 1911 R. Engelmannem, patří jednotné akumulaci z doby sálského zalednění. Proto také v jeho systému je zařazena jen jedna (středodiluvialní) šterková terasa. Její sedimenty dosáhly mocnosti nejméně 60—70 m a zčásti i více než 70 m (15). Naproti tomu B. Balatka a J. Sládek považují V. a VI. terasu za dvě samostatné akumulace. Během hloubkové eroze po akumulaci sedimentů terasy O vznikla podle Grahmannova názoru v těchto sedimentech sekundární údolní dna (Einschneidungstalböden), zejména v relativních výškách 25 m a 55 m nad dnešní údolní nivou Labe, která odpovídají Engelmannovým terasám O₁ až O₃. Nižší úrovně v akumulaci terasy O by podle toho měly podobný způsob vzniku, jaký B. Balatka a J. Sládek přiřítají svým erozním stupňům, které označují indexy b, c a d.

Báze sedimentů terasy O, vytvořená hloubkovou erozí řeky Labe v interglaciálu Elster-Saale, leží podle R. Grahmanna v Českém středohoří 6—8 m pod hladinou Labe, u Děčína v hloubce 15 m, v Labské kotlině (Elbtalkessel) v okolí Drážďan v hloubce 10—17 m, u města Riesa v hloubce 10—12 m pod labskou hladinou, a to vždy v hlubší poloze, než do které zasáhla hloubková eroze po sálském zalednění, která vytvořila bazi šterkopísků tzv. nízké terasy (Niederterrasse) (15).

Původní akumulací povrch terasy O u Litoměřic předpokládal R. Grahmann v nadmořské výšce 200 m (tedy v rel. výšce cca 60 m) a z toho soudil, že mocnost nánosů v těchto místech činila 65—70 m. Stejnou mocnost přisuzoval nánosům této terasy v okolí Ústí nad Labem. B. Balatka a J. Sládek udávají pro akumulací povrch V. te-

rasy (Va) výšky 32–40 m nad dnešní hladinou řeky a tvrdí, že maximální mocnost jejich náplavů dosahovala 15–20 m. Bazi těchto náplavů zjistili na Mělnicku ve výši 16 m nad dnešní hladinou řeky a u Lukavce jv. od Lovosic, tedy nejbližší Českému středohoří, ve výši 157–158 m n. m., což podle V. Krále (20) znamená relativní výšku asi 15–25 m nad hladinou Labe.

Podle R. Grahmanna sedimentace labských nánosů nad údolním dnem vytvořeným erozí v interglaciálu Elster-Saale byla způsobena tím, že sálský pevninský ledovec zahradil údolí řeky Labe. Vlivem zahrazení toku dosáhla akumulace mimořádné mocnosti. V celém úseku labského toku zkoumaném R. Grahmannem je v sálských říčních sedimentech možno rozlišit dvě zrnitostně různé polohy. Spodní je šterkovitá nebo hrubě písčitá, svrchní je složena pouze z jemných nebo středně zrnitých písků. Silnému podílu písků ve stavbě terasy O připisuje R. Grahmann skutečnost, že sotva kde je možno bezpečně rozpoznat původní povrchovou plochu nánosů. Téměř nikde nejsou říční sedimenty ukončeny horizontální plochou. Naopak se jejich povrch sklání více nebo méně srážně ke středu údolí, a to i tam, kde hloubkovou erozí vznikla mladší sekundární údolní dna, která tvoří ukloněné terasy. Tak např. v okolí Drážďan, kde terasa O je široká 3 km, se její povrch sklání z výšky 170–175 m n. m. při vnějším okraji na výšku 140 m při vnitřním okraji. Ještě níže po proudu Labe, pod městem Coswig, se povrch terasy O svažuje z absolutní výšky 165 m při vnějším okraji tak, že směrem k údolní ose plynule přechází v tzv. nízkou terasu (Niederterrasse). Ukloněný povrch směrem k řece mají i obě sekundární terasy o relativních výškách 55 m a 25 m (15).

Z toho je patrné, že zejména v širším okolí Drážďan, tedy v blízkosti styčné oblasti říčních sedimentů s uloženinami sálského zalednění, lze sotva mluvit o systému skutečných, geomorfologickým kritériím odpovídajících říčních teras.

Tato skutečnost jistě znamená značnou překážku snáze stanovit vztah terasy O k sedimentům sálského zalednění. Není to však obtíž jediná. Další spočívá v tom, že v okolí Drážďan lze nalézt říční šterky všech tří severoněmeckých glaciálů ve stejné výši, při čemž R. Grahmann nemohl vždy přesně stanovit, ke kterému glaciálu určité šterkopískové vrstvy patří. A konečně právě v místech, kam až podle Grahmannova předpokladu nejdále dospěl okraj sálského ledovce, chybí jakékoliv sálské uloženiny, které by umožnily poznat vztahy mezi říčními a ledovcovými sedimenty při tomto okraji („... so hat auch das Engtal unterhalb Meissens keinerlei Bildungen der Saaleeiszzeit bewahrt, die uns die Beziehungen zwischen Fluss- und Eisablagerungen am äussersten Eisrande erkennen lassen könnten“) (15).

Ani v území severně od předpokládané nejzazší hranice sálského zalednění v prostoru mezi řekami Jahnou a Labem nejsou bezpečné důkazy, že tamnější říční šterky v podloží spodní morény pocházejí z doby sálského zalednění a že nejsou starší.

A tak nejsou vlastně k dispozici žádné bezpečné doklady pro Grahmannův závěr, že mohutná akumulace terasy O byla způsobena tím, že údolí Labe, jehož dno na začátku sálské ledové doby prý leželo níže než dnes, bylo zahrazeno severně od Míšeň sálským ledovcem a vzduťo v jezero, které občas sahalo až do prostoru Drážďan.

Správnost tohoto závěru uvádí v pochybnost ještě několik dalších okolností. R. Grahmann zřejmě přikládal větší vliv na mocnost nánosů terasy O vzduťo Labe než přímým vlivům klimatu (15). Avšak zaplavení části údolí vzduťým jezerem nemění nijak ani spád, ani průtočné množství vody, ani objem a zrnitost splavenin v úsecích toku nad jezerem. Proto vzduťo samo nemůže ve většině případů vyvolat na řece nad vzduťou vodní nádrží agradaci sahající daleko proti proudu. Tento názor podporují výsledky novějších výzkumů o agradaci nad přehradními nádržemi (13). K agradaci ve větší míře by mohlo dojít tehdy, kdyby si řeka v proglaciálním jezeře budovala deltu, a dále

po vyplnění jezera sedimenty, kdy by řeka byla nucena v prostoru jezera agradovat proto, aby si vytvořila potřebný spád nad vodorovným povrchem sedimentární výplně bývalého jezera. Kdybychom předpokládali podle R. Grahmanna, že jezero vzduté sálským ledovcem sahalo z prostoru od Mísně do území Drážďan, měřila by jeho délka asi 40 km. Kdybychom dále předpokládali, že Labe v době sálského zalednění mělo průměrný spád takový, jaký má v nynější době v úseku od soutoku s Vltavou po státní hranici, tj. 0,35 ‰, pak by mocnost agradovaných nanosů v údolí Labe nad místem bývalého vtoku do jezera činila 14 m, při spádu dvakrát větším 28 m. Byla by tedy podstatně menší než mocnost nejméně 60–70 m, kterou pro nánosy terasy O předpokládal R. Grahmann. Přítom existence proglaciálního jezera za sálského zalednění není bezpečně prokázána stratigrafickými doklady.

Další okolnost, která vzbuzuje pochybnosti o správnosti Grahmannova pojetí terasy O a jejího vztahu k sálskému zalednění, je dána skutečností, že terasa O podle R. Grahmanna je složena převážně z písků, při čemž horní oddíl akumulace je zbudován pouze z jemnozrnných a středně zrnitých písků. Toto zrnitostní složení sedimentů terasy O lze těžko uvést v soulad s účinky mrazového odnosu, který dodával hlavní podíl materiálu akumulovaného řekami v glaciálech a se značně sráznými svahy jednotlivých úseků údolí Labe a jeho poboček.

Grahmannův poznatek, že nánosy terasy O byly druhotně tak rozrušeny, že sotva kde lze bezpečně rozpoznat jejich původní akumulací povrch, souhlasí se zjištěním V. Krále, že říční terasy v úseku labského údolí v Českém středohoří jsou nedokonale vyvinuty a zachovaly se jen v morfologicky příhodných podmínkách v malých denudačních zbytecích a že ani tam se nezachoval původní povrch akumulací úrovní, poněvadž byl přeměněn a celkově snižen erozně denudačními procesy. Proto a pro nedostatek spolehlivých údajů V. Král upustil od rozlišování erozních úrovní B. Balatky a J. Sládka a zařazoval jednotlivé výskyty jen do výškového rozpětí jednotlivých hlavních akumulací úrovní. O V. terase V. Král píše, že je v Českém středohoří velmi nedokonale vyvinuta, takže se její podélný profil nedá přesně rekonstruovat (20).

Souhrnně je tedy možno konstatovat, že:

a) neexistují přesvědčivé doklady pro názor, že V. terasa systému B. Balatky a J. Sládka je shodná s terasou O systému R. Grahmanna,

b) neexistují přesvědčivé doklady pro názor, že vznik akumulace Grahmannovy terasy O je spjat se sálským zaledněním,

c) měkčí fauna s *Corbicula fluminalis* (Müller) nalezená u Čilce není jednoznačným důkazem toho, že sedimenty, v nichž byla nalezena, se uložily právě v interglaciálu mindel-riss, resp. v přechodné fázi mezi holsteinským interglaciálem a sálským zaledněním.

Nelze proto považovat za prokázané, že akumulace V. terasy pochází z doby sálského zalednění, resp. z rissu 1.

V

Při úvahách o vlivu pleistocenního podnebí na vznik říčních teras se obvykle předpokládá, že hlavní akumulace spadají do studených období, takže jednotlivé terasy vyznačují různé staré glaciály, resp. stadiály. Podle V. Ložka největší ukládání šterkopísků probíhalo ve fázích, v nichž vlivem intenzivního mechanického větrání se do vodních toků dostávalo větší množství materiálu a kdy řeky následkem poklesu atmosférických srážek měly málo vody, takže nemohly dopravovat všechn materiál (23, 24).

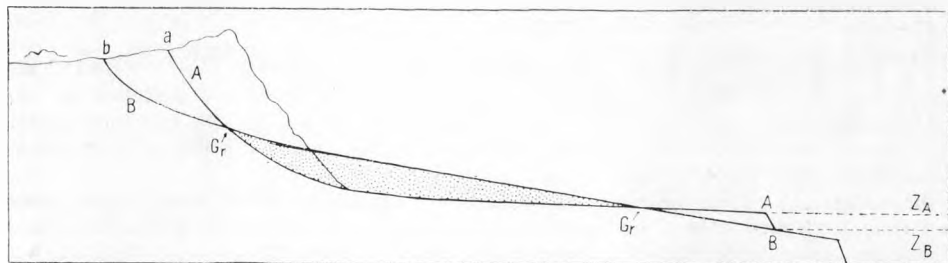
K tomuto v podstatě správnému názoru je třeba poznamenat, že zmenšení průtočného

množství vody a zvětšení množství a zrnitosti materiálu, který se dostává do řek, způsobuje porušení rovnovážného vztahu mezi hlavními složkami činnosti vodních toků, tj. mezi průtokem, dopravovanými splaveninami a spádem. Akumulace nastává proto, že vodní tok při změněném průtoku a obsahu splavenin nemá na původním spádu tzv. transportační rychlost. Akumulace probíhá tak dlouho, až se vytvoří nový, srážnější podélný profil řečiště, na němž vodní tok opět dosáhne transportační rychlosti (38, 31, 13). Výsledkem glacioklimatické akumulace (agradace) tedy je zvětšení spádu vodního toku a vzrůstání mocnosti akumulovaných šterkopísků směrem proti proudu, jak schematically znázorňuje obrázek.

Z údajů o mocnosti jednotlivých terasových akumulací, které B. Balatka a J. Sládek uvádějí ve svých publikacích, však plyne, že mocnost náplavů jednotlivých teras je v celém jejich průběhu v podstatě stejná. Také z podélného profilu terasami středního Labe v příloze č. 2 publikace B. Balatky a J. Sládka (2) neplyne vzrůst mocnosti terasových akumulací směrem proti proudu řeky. Ze skutečnosti, že mocnost terasových náplavů nevzrůstá směrem proti toku řeky Labe, je nutno učinit závěr, že spád řečiště Labe po uložení jednotlivých akumulací nebyl větší než v době, kdy řečiště leželo v úrovni báze náplavů. Z toho je pak nutno soudit, že tyto akumulace nebyly vyvolány klimatickými vlivy v glaciálech a stadiálech.

Je však potom třeba hledat jiné vysvětlení vzniku teras. Jednou z pracovních hypotéz může být zahrazující vliv postupného zvedání Českého středohoří v kvartéru. Tento zdvih se nyní, jak se zdá, přijímá. Tak V. Král v publikaci z r. 1966 píše, že při celkovém zvedání Českého středohoří se Labe chovalo antecedenčně a vytvářelo zaklesnuté meandry. Na jiném místě téže práce ovšem udává, že od doby hlavní staropleistocenní terasové úrovně III (Mindel 1) není vliv tektonických pohybů na vývoj říčních teras v Českém středohoří prokazatelný (20). B. Bouček a O. Kodým stručně uvádějí, že dolní Labe svou rychlou hloubkovou erozí překonávalo současné stoupavé tektonické pohyby Českého středohoří a Krušných hor, čímž tam došlo k typické antecedenční (11). Také B. Balatka píše, že Labe protéká Českým středohořím v hlubokém údolí antecedenčního původu s nevyrovnanými spádovými poměry (1).

Pro zahrazující působení etapovitě se zvedajícího Českého středohoří by mohly svědčit některé stratigrafické poměry ve šterkopískových akumulacích v povodí Labe před tímto pohořím. Mínil tím takové případy, kdy při bázi fluviatilních uloženin se vyskytují písky, nad nimiž spočívají šterky promísené pískem, nebo kde písčité vrstvy mají značné mocnosti. B. Balatka, J. Loučková a J. Sládek popisují několik takových případů.



Obr. 1. Změny podélného profilu vodního toku vlivem změn vztahu mezi průtokem a splaveninami a změn polohy hlavní erozní základny. A — A = původní podélný profil, B — B = podélný profil v glaciálu, Z_A , Z_B = polohy hlavní erozní základny, G_r = hranice aggradace, a, b = rozvodí posunutá zpětnou erozí. [Podle Fairbridge (13).]

Skutečnou příčinu vzniku fluviatilních akumulací ve středním Polabí i příčinu jejich pozdějšího proříznutí bude podle mého názoru možno zjistit revizí dosavadních výsledků terénního průzkumu a jejich interpretace.

LITERATURA

1. BALATKA, B.: Vývoj říční sítě. In: Československá vlastivěda, Díl I, Příroda, sv. 1, Orbis, Praha 1968, s. 354—375. — 2. BALATKA, B., LOUČKOVÁ, J., SLÁDEK, J.: Vývoj hlavních erozní báze českých řek. Rozpravy Československé akademie věd, řada matematických a přírodních věd, roč. 76, sešit 9. Academia, Praha 1966. — 3. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: Poznámky k problematice staropleistocenních teras západně od Řípu. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 66, 3, Nakladatelství ČSAV, Praha 1961, s. 259—265. — 4. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: Terasový systém Vltavy a Labe mezi Kralupy a Českým středohořím. Rozpravy Československé akademie věd, řada matematických a přírodních věd, roč. 72, sešit 11, Nakladatelství ČSAV, Praha 1962. — 5. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: K problematice terasového systému českých řek. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 68, 1, Nakladatelství ČSAV, Praha 1963, s. 67—70. — 6. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: K metodice výzkumů říčních teras. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 68, 2, Nakladatelství ČSAV, Praha 1963, s. 180—181. — 7. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: K pojetí terasového systému středního Polabí. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 73, 2, Nakladatelství ČSAV, Praha 1968, s. 195—201. — 8. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: Přípomínky k odpovědi L. Urbánka o terasovém systému středního Polabí. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 73, 2, Nakladatelství ČSAV, Praha 1968, s. 203—204. — 9. BALATKA, B., SLÁDEK, J.: Ke geomorfologickému pojetí říčních teras. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 75, 1, Nakladatelství ČSAV, Praha 1970, s. 71—74. — 10. BAULIG, H.: Vocabulaire franco-anglo-allemand de géomorphologie. Publication de la Faculté des Lettres de l'Université de Strasbourg, Fascicule 130, Société d'Édition: Les Belles Lettres. Paris 1956, 230 s.
11. BOUČEK, B., KODYM, O.: Geologie. II. díl. Historická geologie Československa. Nakladatelství ČSAV, Praha 1963, 729 s. — 12. DERRUAU, M.: Précis de géomorphologie. Masson et Cie, éditeurs, Paris 1956, 393 s. — 13. FAIRBRIDGE, R. W. (editor): The Encyclopedia of Geomorphology (Encyclopedia of Earth Sciences Series, Volume III). Reinhold Book Corporation, New York, Amsterdam, London 1968, 1295 s. — 14. FLINT, R. F.: Glacial Geology and the Pleistocene Epoch. — Fourth printing. John Wiley and Sons, Inc. New York 1953, 589 s. — 15. GRAHMANN, R.: Die Geschichte des Elbtales von Leitmeritz bis zu seinem Eintritt in das norddeutsche Flachland. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Dresden, Jahrbuch 1932/33, Neue Folge. Dresden 1933. — 16. GRESWELL, R. K.: Physical Geography. Third Impression. Longmanns, Green and Co Ltd. London and Harlow 1968, 504 s. — 17. KARÁSEK, J.: Dosavadní názory na geomorfologický a stratigrafický význam spraší Moravy a přilehlých území. Folia facultatis scientiarum naturalium Universitatis Purkynianae Brunensis, Geographia IX, 6, Brno 1968, 42 s. — 18. KETTNER, R.: Všeobecná geologie. Část III. Vnější síly geologické, povrch zemský. Melantrich. Praha 1948, 765 s. — 19. KRÁL, V.: Ke geomorfologii labského údolí v Českém středohoří. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 68, 1, Nakladatelství ČSAV, Praha 1963, s. 61—63. — 20. KRÁL, V.: Geomorfologie střední části Českého středohoří. Rozpravy ČSAV, řada matematických a přírodních věd, roč. 76; sešit 5. Academia, Praha 1966, 65 s.
21. KREJČÍ, J.: Profil rovnováhy jakožto základ studia říčních teras. Spisy Odboru české společnosti zeměpisné v Brně, Řada A, 5, Brno 1939, 144 s. — 22. LOUIS, H.: Allgemeine Geomorphologie. 3 vyd. Walter de Gruyter u. Co. Berlin 1968, 522 s. — 23. LOŽEK, V.: Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Nakladatelství ČSAV, Praha 1964. — 24. LOŽEK, V.: Geologický vývoj čs. území ve čtvrtohorách. In: Československá vlastivěda, Díl I, Příroda, sv. 1, Orbis, Praha 1968, s. 242—268. — 25. MARTONNE EMM. DE: Traité de géographie physique. Tome second. Le relief du sol. 8. vydání. Masson et Cie, éditeurs. Paris 1948. 509 s. — 26. PANOV, D. G.: Obsčaja geomorfologija. Izdatel'stvo Vysšaja škola. Moskva 1966, 427 s.

— 27. PETRBOK, J.: *Corbicula Fluminalis* Müller a fauna třebestovické pleistocenní terasy v Čilci u Nymburka. Část paleontologická. Rozpravy České akademie věd a umění, Tř. II, XLIV, 1934, 3. 13 pp. Praha 1935. — 28. SEKYRA, J., LOŽEK, V.: Pleistocenní terasa s měkkýši faunou u Bezděkova na Pardubicku. Časopis pro mineralogii a geologii, sv. 10, 4, Nakladatelství ČSAV, Praha 1965, s. 447—553. — 29. SMETANA, V.: *Corbicula fluminalis* (Müller) a fauna třebestovické pleistocenní terasy v Čilci u Nymburka (předběžná zpráva). Část geologická. Rozpravy České akademie věd a umění, Tř. II, XLIV, 1934, 4, Praha 1935, 12 s. — 30. SVOBODA, J. F. a kol.: Naučný geologický slovník. II. díl. Nakladatelství ČSAV, Praha 1961, 827 s.

31. ŠČUKIN, I. S.: Obščaja geomorfologija. Tom I. Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta. Moskva 1960, 615 s. — 32. THORNBURY, W. D.: Principles of Geomorphology. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York — London — Sydney — Toronto 1969, 594 s. — 33. UNGER, K. P.: Klimamorphologische Untersuchungen an pleistozänen Schotterkörpern der Saale. Biuletyn periglacialny, 4, Łódź 1956, s. 405—414. — 34. URBÁNEK, L.: K otázce vývoje teras labské soustavy. Sborník čs. společnosti zeměpisné sv. 72, 3, Nakladatelství ČSAV, Praha 1967, s. 244—250. — 35. URBÁNEK, L.: Odpověď k příspěvku B. Balatky a J. Sládka. Sborník čs. společnosti zeměpisné, sv. 73, 2, Nakladatelství ČSAV, Praha 1968, s. 201—202. — 36. VITÁSEK, F.: Základy fyzického zeměpisu. Academia, Praha 1966, 531 s. — 37. WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter. (Grundlinien einer Geologie des Quartärs). Zweiter Band. Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter. 2. vyd. VII. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1958, 432 s. — 38. ZÁRUBA, Q.: Podélný profil vltavskými terasami mezi Kamýčkem a Veltrusy. Rozpravy České akademie věd a umění, II. tř., 52, 9. Praha 1942, 39 s. — 39. ŽEBERA, K.: Kvartér České masívu. (In: Svoboda J. a kol.: Regionální geologie ČSSR, díl I. sv. 2). Nakladatelství ČSAV, Praha 1964, s. 443—511.

Jan Krejčí

A CONTRIBUTION TO THE PROBLEM OF THE ORIGIN OF PLEISTOCENE RIVER TERRACES IN CZECHOSLOVAKIA

In Czechoslovakia the upper Labe (Elbe) basin is considered as a region where in the river terraces and loess deposits complete undisturbed records of the entire Quaternary are preserved (see e. g. 13, p. 1128). As a basis for stratigraphic correlations of Quaternary deposits in this area, the system of roughly parallel river terraces established by B. Balatka and J. Sládek, members of the scientific staff of the Geographical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, is now almost generally accepted. For the main cause of the terrace formation are taken the Pleistocene changes in climate. The terrace V is considered as an index terrace, because it is believed that its geologic age (Riss 1) is satisfactorily proved by two kinds of evidence: first, by the presence of a molluscan fauna with *Corbicula fluminalis* (Müller) in the basal layers of its deposits, which according to B. Balatka and J. Sládek (4, p. 44), is a Mindel-Riss Interglacial fauna dating the beginning of the accumulation of the terrace V; second, by the fact that the terrace V is identical with the terrace O of the system of R. Grahmann (1933), which terrace is believed to be directly connected with the deposits of the Saale glacial stage. From the terrace V up and down the geologic age of the other terraces was established under the supposition that each terrace accumulation corresponds to one glacial or stadial stage.

But a closer reexamination of the arguments given in favour of the Riss 1 age of the terrace V reveals weak points in them which do not allow to agree with the current opinion of the position of the terrace V in the Pleistocene stratigraphic column.

The mollusc *Corbicula fluminalis* (Müller) can in no way be held for a fossil diagnostic for the Mindel-Riss Interglacial only, because it occurs in sediments of various age, beginning with the upper Pliocene, and is living still nowadays in warm regions.

The identity of the terrace V and the terrace O of R. Grahmann is not an established fact, but a mere supposition lacking the support of the geomorphic evidence. In fact, the two terraces in question can-not be correlated. There are several reasons opposing to such a correlation. First, the relative elevation of the surface of the terrace O at the entrance of the Labe in the České středohoří Mountains, where it is supposed to link with the terrace V, is, according to R. Grahmann, about 60 meters above the present floodplain, while the surface of the terrace V attains, following B. Balatka and J. Sládek, relative elevations of only 32—40 meters. Second, the bedrock beneath the deposits of the terrace O lies there, again according to R. Grahmann, 6—8 meters below the river, whereas the bedrock underlying the sediments of the terrace V occurs 15—25 meters above the present river-bed. Thirdly, the thickness of the sediments of the terrace O in the area, where the two terraces should be joined, is indicated by R. Grahmann with 65—70 meters, while the thickness of the deposits of the terrace V amounts to 15—20 meters only.

There is also no persuasive evidence to prove the linking of the terrace O with the Saale glacial deposits, as supposed by Grahmann. This author himself states that in the area close to the Saale moraines fluvial deposits do not form terraces as topographic platforms, and that fluvial gravels of various northern European glacial stages occur at the same elevation, so that in many cases he was unable to determine, to which stage the particular gravels belong. And in places, where R. Grahmann supposed to be the extreme position of the margin of the Saale ice sheet, no deposits exist which would make possible to ascertain the relation between fluvial and glacial sediments (cf 15, p. 168 ff).

In the opinion of R. Grahmann the principal cause of the accumulation of the very thick deposits of the terrace O was the blocking of the Elbe by the Saale ice sheet, in consequence of which a proglacial lake, extending as far as Dresden, was formed. But such a lake, if it really existed, could not give rise to an aggradation extending far upstream, because it could not affect the condition of balance in the river. This conclusion is supported by modern American work on aggradation behind dams.

So there are no reliable arguments in support of the Riss 1 age of the terrace V.

An examination of the structure of the terrace system of the Labe in central Bohemia as a whole and of the stratigraphy of the single terraces reveals also certain facts which are contradictory to the opinion of the climatic controls of terrace genesis. According to B. Balatka and J. Sládek the thickness of the terrace sediments, which slightly oscillates around 20 meters, is in every terrace constant throughout its whole length. From this fact it follows that at the end of the accumulation of terrace deposits the gradient of the river was equal to the gradient it had before the aggradation began. But climatic variations alter the energy balance of the streams. In glacial stages the decrease of discharge and the increase of load in both amount and caliber caused that the load could not be transported over the preexisting gradients, as these were not sufficiently steep. Hence aggradation took place, by which a steeper gradient was established. But such an increase of gradient requires a continuous increase of the thickness of the deposits in the direction upstream. The uniform thickness of the deposits throughout the whole length of the terraces indicates that the ratio of load to discharge in the river at the end of aggradation did not differ from that which existed before aggradation took place. Consequently it is obvious that the formation of the terraces was not caused by the Pleistocene climatic variations.

An other reason leading to the same conclusion follows from the impossibility to link the system of parallel terraces, attaining considerable elevations above the present floodplain, with the low positions of sea level in the Pleistocene glacial stages lying far below the present sea level.

Therefore it is necessary to look for some other explanation of the origin of the river terraces referred to. As a plausible working hypothesis appears the intermittent damming of the Labe by successive raisings of the České středohoří Mountains in Quaternary. This uplift is now almost generally accepted and consequently the gorge of the Labe, which transects the České středohoří Mountains, is explained as antecedent.

Translated by the author

Changes in the long profile of a stream owing to changes of the ratio load: discharge and of the position of the base level.

A — A = original long profile,

B — B = glacial long profile,

Z_A, Z_B = respective base level,

G_r = limit of aggradation,

a, b = divides shifted by regressive erosion. (After Fairbridge, 13.)