

AZ ERÓZIÓS FOLYAMATOK DIALEKTIKÁJA

KÁDÁR LÁSZLÓ

Ezzel a dolgozattal nem az a célom, hogy bizonyos rendszerbe foglalva hiánytalanul felsorakoztassam mindazokat a dialektikus kapcsolatokat, amelyek a földfelszíni erózió során érvényesülnek. Ez egy rövid dolgozat keretében megoldható nem is volna. A célom csak az, hogy néhány olyan tudományos eredményt vázoljak, amelyekre a dialektikus materializmus módszerének az eróziós problémák megoldásában való felhasználásával jutottam el.

E dolgozatban olyan problémákat vetek fel, amelyek megoldásához előzőleg két másik problémakör tisztázása volt szükséges. Ezek egyike a folyók szakaszjellegének kérdése, másika pedig a szél deflációs munkájának rendszerezése. Ez utóbbi teljes egészében megtalálható *Bulla Béla* Általános Természeti Földrajz II. kötet c. munkájának, »A szél felszínalakító munkája (Defláció és akkumuláció)« c. általam írott fejezetében (206—245. lap). Ezt tehát ismertnek tételezhetem fel.

Röviden vázolnom kell azonban *Cholnoky* folyószakasz jellege elméletével kapcsolatos kritikámat, amelyet egy 1952-ben tartott akadémiai vitailésen ismerttettem, de amely publikálásra ezideig még nem került.

Cholnoky ezzel az elméletével olyan kitűnő munka-hipotézist adott a geomorfológusok kezébe, aminek a segítségével könnyen és biztosan tájékozódhatunk egy-egy folyószakasz eróziós munkájára vonatkozólag. Elméletének nagy előnye az az egyszerűség és világosság, amely a három szakaszjelleg definíciójában és sorrendjében megnyilvánul: 1. A felsőszakaszjellegű folyó munkaképessége nagyobb, mint az elvégzendő munkája, ezért bevágódik. 2. A középszakaszjellegű folyó munkaképessége egyensúlyban van elvégzendő munkájával. Eróziós tevékenysége nincs: jellemző reá, hogy kanyarog. 3. Az alsószakaszjellegű folyó munkaképessége kisebb, mint amennyi a hordalékának elszállításához szükséges; ezért zátonyos és feltölti a völgyét.¹

Cholnoky szakaszjelleg elméletét használhatósága miatt átvittem szűkebb kutatási területemre, a szél deflációs munkájára is. A terepen szerzett tapasztalataim, különösen a kanyargó folyók esetében, majd a homokasztalon végzett kísérleteim azonban annak a felismeréséhez vezettek, hogy a szakaszjelleg-elmélet a gyakorlati tapasztalatokkal nem mindenben vág. Ismerünk ugyanis kanyarogva bevágódó folyókat is, mint amilyen a Szajna és a Mosel, amelyek keletkezését *Cholnoky de Martonne* egyszerű elméletével szemben »Morfológiájában« bonyolultan próbálja megmagyarázni szakaszjelleg-elméletének azt a

¹ *Cholnoky Jenő*: A folyóvölgyekről. A M. Tud. Akadémia III. Oszt. Közl. 1925.

tézisét védelmezve, hogy a középszakaszjellegű folyó egyensúlyban lévén, a völgyét sem nem mélyíti, sem föl nem tölti és éppen ezért kanyarog. A Nyitra Érsekújvár alatti kanyargós szakasza a kanyarogva való bevágódásnak ugyancsak szép példáját adja. A Hernád magyarországi szakasza viszont arról győzött meg, hogy kanyargó folyó fel is töltheti a völgyét vagy más szavakkal, hogy alsószakaszjellegű folyó is kanyaroghat. Ezek a tények késztettek arra, hogy a folyók szakaszjellegét tüzetesebben megvizsgáljam a felmerült ellentétek megoldása érdekében.

A folyók kanyargása eléggé gyakori és általános jelenség ahhoz, hogy az állapotot kivételesnek ne tarthassuk, márpedig ha elfogadjuk Cholnoky elméletének azt a fogalmazását, hogy a középszakaszjellegű folyó munkaképessége (m) egyenlő a hordalékának elszállításához szükséges munkával (h), akkor a középszakaszjellegűt kivételesnek kellene tekintenünk, minthogy az egyensúly a természetben tartósan nem maradhat meg. A kérdés világossá tétele érdekében adjunk a Cholnoky-féle három folyószakaszjellegnek matematikai megfogalmazást!

Felsőszakaszjelleg esetén $m-h > 0$,

középszakaszjelleg esetén $m-h = 0$,

alsószakaszjelleg esetén $m-h < 0$.

Közismert tény az, hogy ha különböző halmazállapotú vagy különböző viszkozitású közegek egymás fölött elmozdulnak, a sűrűlódás következtében a mozgó közeg egyenesvonalú egyenletes sebességű mozgása ritmikus rezgőmozgással kombinálódik. Ez annyit jelent, hogy az eróziót végző folyóvíz sebessége ütemesen meggyorsul és megcsökken folyás közben. Már pedig a folyóvíz sebessége — a víz tömege mellett — a folyó munkaképességének egyik tényezője. A vízsebesség ritmikus ingadozása tehát egyben a folyó munkaképességének ritmikus ingadozását is jelenti. A folyó munkaképessége egy adott x ponton állandó, pontról pontra azonban változik, de úgy, hogy egy adott AB szakaszon belül az értékei periódusosan ismétlődnek. Ha tehát a folyó AB pontjai között x a folyó egy tetszőleges pontját jelöli, akkor az e ponthoz tartozó munkaképességet az $m(x)$ adja meg, ahol az $m(x)$ az x -nek periódusos függvénye. Ha a periódust p -vel jelöljük, akkor

$$m(x) = m(x + p).$$

Mivel a folyó AB szakaszán a hordalék mennyisége és így a hordalék elszállításához szükséges munka (h) is állandónak tekinthető, az x ponthoz tartozó munkaképességi különbséget (k) az

$$m(x) - h$$

adja meg, ami nyilvánvalóan az x -nek p szerinti periódussal bíró periodikus függvénye. Tehát

$$m(x) - h = k(x).$$

A munkaképesség ingadozása a folyó szakaszjellegétől függetlenül fennáll és a folyó bevágó, vagy feltöltő munkáját hol csökkenti, hol erősíti ritmikus változásban. Ha a k értéke bármilyen x érték mellett pozitív,

$$k(x) > 0,$$

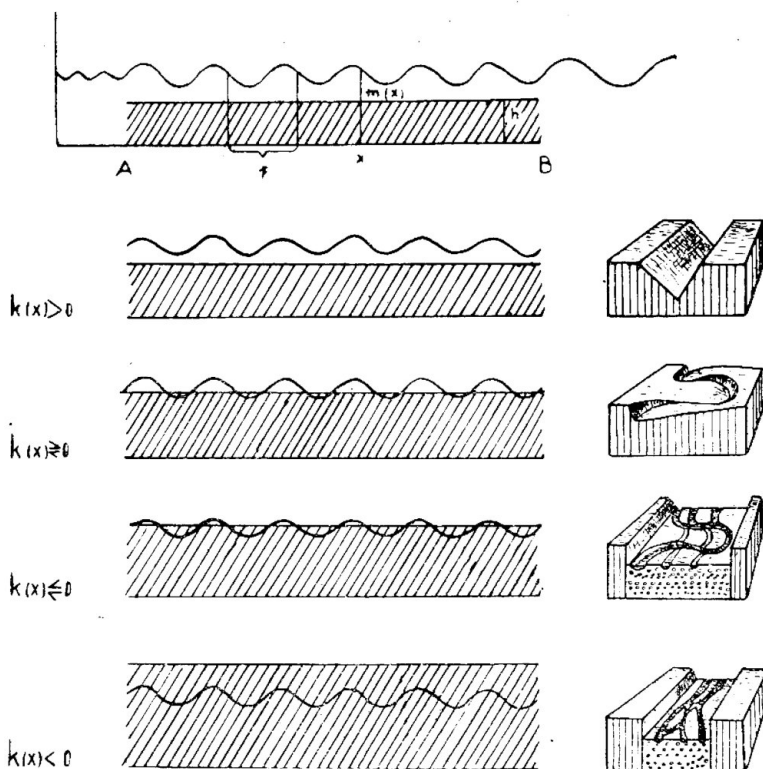
akkor a folyó felsőszakaszjellegű, ha viszont minden x értékre nézve negatív,

$$k(x) < 0,$$

akkor a folyó alsószakaszjellegű. Ha viszont egy-egy perióduson belül van olyan x érték, amelyre $k(x)$ pozitív, de olyan is, amelyre nézve a munkaképességi különbség negatív, akkor a folyó középszakaszjellegű.¹

$$k(x) \cong 0.$$

Ezzel a felismeréssel a középszakaszjelleg megszűnt kivételes egyensúlyi állapot lenni és az egyensúlyi állapot körül ingadozó szakaszjellegé vált.



1. ábra. A folyó munkaképessége és szakaszjellege. — Трудоспособность реки и характер ее участка. — Arbeitsfähigkeit und Streckencharakter des Flusses

A középszakaszjelleg tehát azt jelenti, hogy a folyó bevágódó és feltöltő munkája ritmusosan váltakozik. Ez azonban nem jelenti egyúttal azt is, hogy a középszakaszjellegű folyó egy ritmuson belül ugyanolyan mértékű

¹ A kérdés matematikai megfogalmazásában nyújtott szíves segítségéért Gyires Béla tszv. egyetemi docensnek tartozom köszönettel.

bevágó és feltöltő munkát végez (ez ugyanis ismét egyensúlyi állapot volna), hanem lehet olyan eset, hogy a folyó egy ritmuson belül mélyebben bevág, mint feltölt, vagy fordítva, a folyó egy perióduson belül több hordalékot rak le az egyik helyen, mint amennyit elhord a másikon. Az előbbi esetben a folyó, bár középszakaszjellegű, végeredményben mégis bevágja a völgyét, az utóbbi esetben pedig középszakaszjellege dacára feltölti azt, de mindkét esetben kanyarog (1. ábra).

Jogosan merül fel az a kérdés is, hogy milyen belső kapcsolat van a folyók középszakaszjellege és kanyargása között. *Cholnoky* a kanyargást abból vezeti le, hogy a meder fenekén fekvő nagyobb szikla vagy egyéb tárgy a sodorvonalat valamelyik part felé kitéríti s az onnan a másik part felé visszaverődik. Ez a magyarázat a legelfogadhatóbbnak látszik az e téren felvetett magyarázatok között. A középszakaszjellegnek általunk adott megfogalmazása ezt a sodorvonalat kitérítő akadályt automatikusan produkálja a minden egyes ritmus alsószakaszjellegében megtalálható zátonyképződésben, s ezzel mintegy igazolja a középszakaszjelleg és a kanyargás közötti szükségképpeni összefüggést. Kimondhatjuk tehát, hogy a középszakaszjellegű folyó kanyarog, de *Cholnoky*-val szemben hozzá kell tennünk, hogy kanyargás közben a völgyét vagy bevágja, amikor is a völgy aszimmetrikus V-alakú keresztmetszetet nyer, vagy kanyarogva feltölti. A bevágva kanyargó folyó kanyarulatai közötti zugok lankásan lejtjenek a folyó felé, a zátonyosan kanyargó folyó meanderei közötti berkeken pedig fattyúágak futnak végig (2., 3., 4. kép).

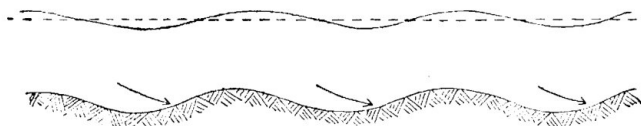
Az eddigiekben feltételeztük, hogy a folyó munkaképességének ingadozási periódusai állandóan vagy legalább huzamosan ugyanazon a helyen maradnak. Ez azonban nem így van, hanem a vízfolyás sebességéhez mérten igen lassan eltolódnak. Vizsgáljuk meg ezt a kérdést a középszakaszjelleg esetében, ahol egy perióduson belül a bevágódás és a feltöltés váltakozik egymással! A legnagyobb munkaképességet s ezzel a legnagyobb túlmélyítést közvetlenül az előtt a pont előtt éri el a folyó, ahol a munkaképessége csökkenni kezd, ahol a víz színe a nagyobb esésből a kisebb vagy éppen ellentett irányú lejtésbe megy át. A folyó itt valósággal fúrja magát előre. Belevág a saját hordalékába s ahol az imént még feltöltött, ott most már túlmélyít (2. ábra). Ha egy perióduson belül a bevágódási szakasz hosszabb a feltöltődésnél, akkor az egyes ritmusok a folyás irányába tolódnak előre. Ha azonban a perióduson belül a feltöltődési szakasz erősebb, akkor az itt képződő zátony magassági növekedése miatt nemcsak lefelé, a folyás irányába terjeszkedhet, hanem a zátony fejnél a folyás ellenébe is. Ez esetben tehát az egyes periódusok a folyás ellenében való eltolódásra kényszerülnek. Ennek megfelelően a felsőszakaszjellegek periódusai lefelé, az alsószakaszjellegűeké felfelé tolódnak el (1. kép).

A bevágás és a feltöltés ellentétes folyamatai egymástól elválaszthatatlanok: nincs bevágódás ugyanolyan értékű feltöltés nélkül, és fordítva nincsen feltöltés megfelelő bevágódás nélkül. Egy platóba inszekventer hátravágódó völgy nyílásában a hegy lába előtti síkságra, azaz az erózióbázisra a folyó akkora törmelékkúpot épít, amelynek a köbtartalma megegyezik a völgy köbtartalmával. Ez egyben annyit is jelent, hogy a felsőszakaszjelleghez szükségképpen hozzátartozik az alsószakaszjelleg. (A kanyarogva bevágódó folyó adott esetben felsőszakaszjellegűnek, a kanyarogva feltöltő pedig alsószakaszjellegűnek tekintendő.) Ez alól csak olyan szabály-

erősítő kivételek vannak, mint pl. a hegyekről közvetlenül a tengerbe torkoló felsőszakaszjellegű folyók.

Ha a világosan áll előttünk a bevágás és a feltöltés, illetőleg a felső- és alsószakaszjelleg dialektikus kapcsolata, akkor fel kell vetnünk azt a kérdést, hogy a térbeli elhelyezkedésük valamilyen módon meg van-e szabva, és ha igen, milyen mértékig. A válasz egyszerű: minthogy a víz fölről lefelé folyik, a felsőszakaszjellegnek meg kell előznie az alsót, és ezek egymással fel nem cserélődhetnek. A következő kérdésünk az, hogy a két ellentétes folyószakasz határát jelentő kritikus pont — nevezzük szakaszjelleghatárnak — helye a völgyben valami által meg van-e szabva? Erre a kérdésre a válasz kevésbé könnyű. A szakaszjelleg fogalmából folyik, hogy a folyó szakaszjellege megváltozik ott, ahol megváltozik a munkaképessége vagy megváltozik az elvégzendő munkája. A munkaképesség megváltozását pedig okozhatja a vízmennyiség megváltozása. Ez természetesen térben és időben egyaránt értendő. Az esés megváltozása a domborzat alapján adott, és így a szakaszjelleghatár is domborzatilag megszabott. A hegyek lába szakaszjelleghatár, ha a hegységben a folyó felsőszakaszjellegű. A domborzat tehát a hegy lábánál eleve megszabja azt a pontot, ahol a folyó szakaszjellegváltozáson megy keresztül. Ez a kritikus pont ugyan fokozatosan följebb húzódik majd a völgyben az erózió fejlődése során, de azért alapjában véve mégis a hegy lába által eleve meg van szabva, és ahhoz köteve.

Hasonlóan rögzíti az elvégzendő munka mennyiségének a megváltozása a szakaszjellegváltozás helyét ott, ahol a folyó hordaléka hirtelen megnövekszik pl. egy mellékfolyó torkolatánál, a lepusztítandó kőzet ellenállóképességének a megváltozása helyén, azaz a különböző keménységű kőzetek határán.

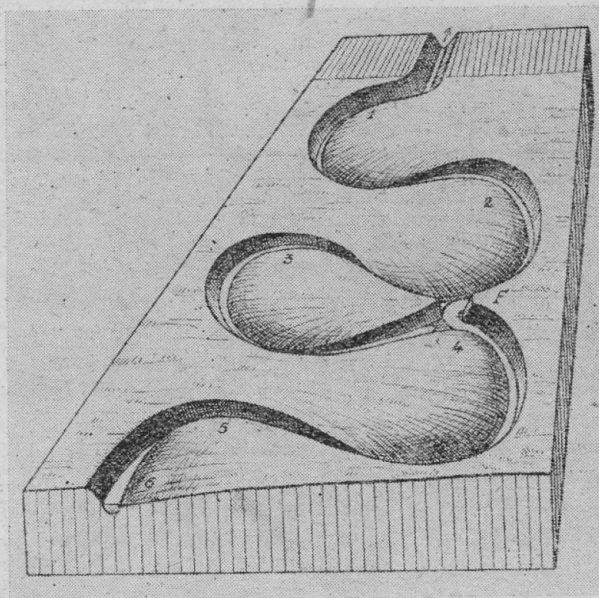
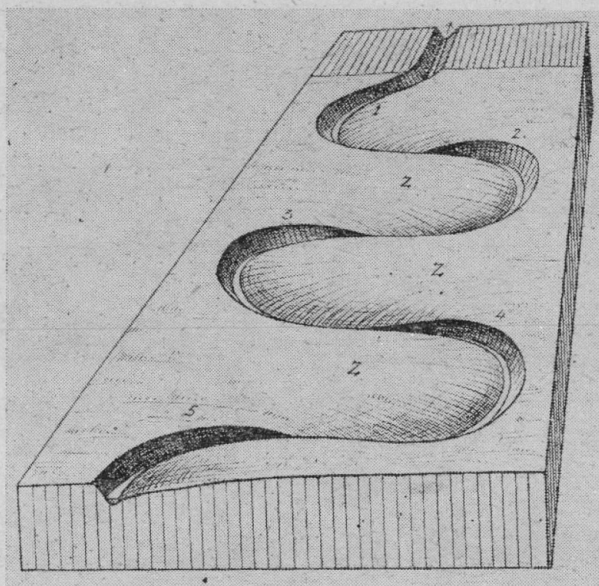


2. ábra. A folyó esésének és mederfenekének ritmikus ingadozása a súrlódás következtében. A szaggatott vonal az egyenletes esésű vízszintet, a nyíl a víz legnagyobb eróziós munkájának a helyét jelzi. — Ритмическое колебание падения реки и дна русла вследствие трения. Пунктирная линия обозначает равномерный уклон поверхности воды, стрелка же — место наибольшей эрозионной деятельности воды. — Rhythmische Schwankung des Flussgefälles und Flussbettrundes als Folge der Reibung. Die gestrichelte Linie deutet den Wasserspiegel mit gleichmässigem Gefälle an, der Pfeil die Stelle der grössten Erosionsarbeit des Wassers

Más azonban a helyzet akkor, ha a folyó vízmennyisége változik meg. Ez megnöveli a folyó munkateljesítményét, de nem változtatja meg a munkaképesség és az elvégzendő munka közötti viszonyt, azaz a szakaszjellegét. Gyorsabbá teszi a bevágódást és a feltöltődést, de nem tolja el a szakaszjelleghatárokat.

Azt kell még megjegyeznünk, hogy bár világosan kimutattuk azt, hogy a folyó akkor alsószakaszjellegű, ha a munkaképességi különbözete a súrlódás okozta ingadozás dacára mindenkor negatív, ez az állapot saját belső ellentmondása miatt bizonyos határon túl meg kell hogy bomoljon. A mederben

képződő zátony oly magasra tölti a meder fenekét, hogy a vizet kiszorítja a mederből. Hangsúlyoznunk kell itt azt is, hogy az alsószakaszjellegű folyónak voltaképpen nincs völgye. Legfeljebb egy korábbi fejlődési folyamat maradványaként örökölhét tektonikus vagy eróziós eredetű völgyet, de megfelelő idő múltán azt is betemeti. Az alsószakaszjellegű folyó törmelékkúpot épít, amelyen a víze szerteágazik. Ez a szétágazás éppen annak a következménye, hogy a felsankolódó mederből a folyó vize kiszorul és kiönt a törmelékkúp



alacsonyabb szintjére. Ez azonban a kiöntött folyó számára egyben esés-növekedést, azaz munkaképességének megnövekedését is jelenti, más szóval az alsószakaszjellegben a folyó feltöltő munkája időszakosan bevágásba csap át s ilyenkor a folyó új medret vés magának saját törmelékkúpjában.

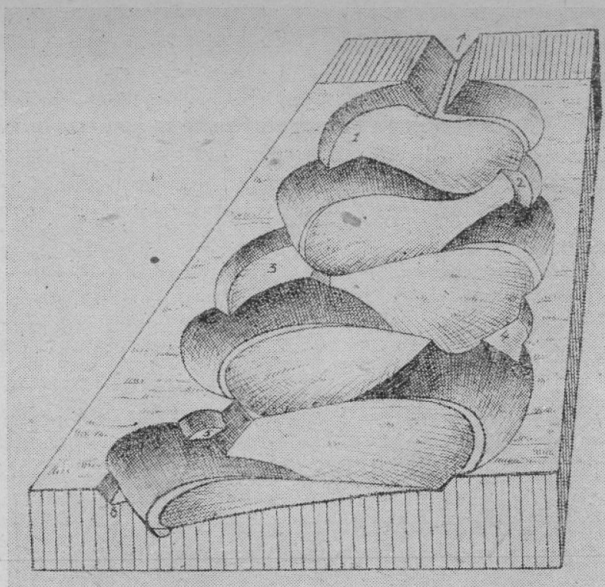
E folyamatnak egyenletes vízjárás esetén is szabályosan be kell következnie. Árvizek alkalmával azonban könnyebben és gyorsabban áll be ez a változás, mert az áramló víz nagyobb tömegénél és még inkább vízszíneinek nagyobb esésénél fogva erősen felfokozott munkaképességet jelent.

Az alsószakaszjellegben belül a szakaszjelleg* időszakos (tehát időbeli ritmusú) megváltozásának nagy jelentősége van a szigetek kialakításában. Az ilyenkor keletkező új medrek a partból hasítják le a szigeteket. Így vágta le a Duna a római kor vége felé az aquincumi partról az óbudai hajógyári szigetet, amely a romok tanúsága szerint korábban a parttal összefüggött. Vajjon nem vethetjük-e fel azt a kérdést is a régészek felé, hogy az Erzsébet-híd budai és pesti hídfőjénél a harmincas években feltárt romok nem függtek-e eredetileg egymással össze, ami annyit jelentene, hogy a Duna a római korban a nagykörúti »fattyúágban« folyt és a Gellért-hegy alatti mai medrét a római kor vége felé véste ki a Duna?

Ez a szigetképződési folyamat élesen szembeállítja a szigeteket a zátonyokkal. A zátonyok a folyó medrében a folyás hosszában térbelileg váltakozó ritmusos munkaképesség-ingadozás következtében halmozódnak fel és felszínükben, alakjukban ezt a ritmust tükröztetik is. Magasságuk általában nem érheti el a víz színét. Tehát szigetekké egyszerű felhalmozódás útján nem fejlődhetnek. Hordalékanyaguk a felszín közelében állandóan mozgásban van. — Ha azonban alacsony vízálláskor a zátony a víz színe fölé emelkedik s rajta a növényzet megtelepszik, ez mint új elem megakaszthatja a hordalék mozgását a zátonyban és előidézheti a zátony szigetté való felmagasodását.

Az ereje teljében lévő folyót a bevágás és feltöltés játéka jellemzi, a sodorvonal helyben maradása a V-alakú völgy fenekén a felső szakaszjelleg esetében a sodor és a meder állandó változása az alsó szakaszjelleg esetében és jellemzi a kanyargás hiánya. A folyó általános esésének, a relief energiájának állandó csökkenése a felső szakaszjellegben a bevágódás mértékének, az alsó szakaszjellegben a feltöltődés mértékének folytonos csökkenéséhez vezet, míg végül a sűrűlódás okozta szakaszjelleg-ingadozás meghaladja a munkaképességi többlet, illetve hiány értékét és a folyó kanyarogni kezd, középszakaszjellegűvé válik. A középszakaszjelleg tehát a folyó élettörténetében, mint végállapot jelentkezik. Ez az oka annak, hogy szenilis stádiumban lévő tájak folyói kanyarognak.

Vessük fel most azt a kérdést, hogy a folyó zavartalan fejlődésmenete mellett hozhat-e létre a völgyben terraszokat. És erre a kérdésre igennel kell válaszolnunk, mert a kanyarogva bevágódó folyó völgyomorotvái és lefűzött zugai (Umlaufberg) terrasszerűen kísérik a völgyoldalakat mindkét oldalon végig. De képezzenek bármily hézagtalannak (3. ábra) látszó sorozatot is, az átmenő terraszokkal nem téveszthetők össze. Könnyen felismerhetők arról, hogy a lefűzött zugok a folyótól elfelé, a völgyoldal felé lejtjenek. Fontos tudnunk róla, hogy nem szakaszjellegváltozás következményei, hanem a bevágva kanyargó folyóvölgy természetes velejárói. Ez a körülmény a magyar morfológiai irodalomban eddig nem volt ismeretes.



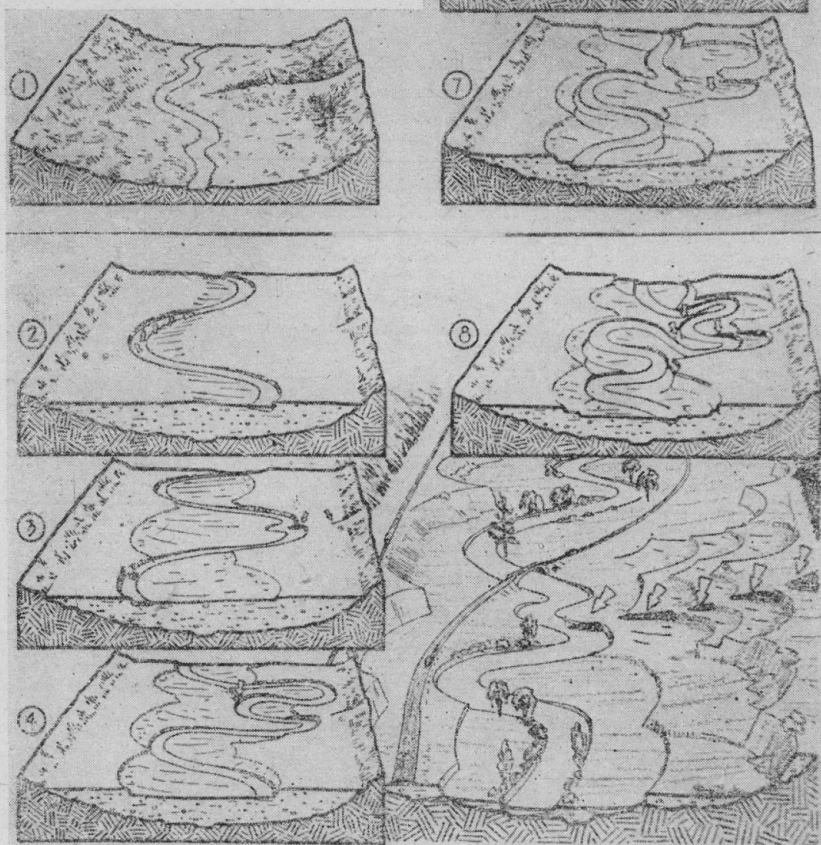
3. ábra. Kanyarogva bevágódó folyó völgyének fejlődése. A kanyargást az okozta, hogy a tömbszelvény felső részén látható kemény kőzetbe a folyó csak lassan vághatta bele felsőszakaszjellegű völgyét. A tömbszelvényeken látható számok (1—6) a felszín azonos pontjainak rögzítését könnyítik meg a szemlélőnek. F. a leffűződés folytán keletkezett fokot jelez. Szemben vele a völgyomorotva »Umlaufberg«-gel. A Z-betűk zugokat jeleznek.

— Развитие долины извилисто врезающейся реки. Излучины вызваны тем, что река могла лишь постепенно врезывать свою долину типа верхнего участка в твердую среду, изображенную на верхней части профиля. Номера на блокдиаграмма (1—6) облегчают фиксировать тождественные пункты поверхности. Буква F отмечает мысик, образовавшийся при выключении излучины из течения. Напротив видна долинная старица с обходным холмом (так. наз. Umlaufberg). Буквы означают внутренние уголки. —

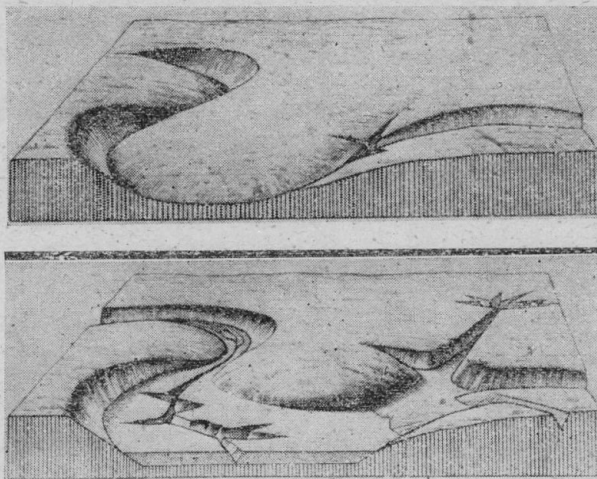
Die Entwicklung des Tales des sich meandrierend einschneidenden Flusses. Die Krümmungen wurden dadurch verursacht, dass der Fluss sein Tal oberen Streckencharakters nur langsam in das im oberen Teil des Blockdiagramms sichtbare Hartgestein einschneiden konnte. Die auf dem Blockdiagramm sichtbaren Zahlen (1—6) erleichtern dem Beobachter die Fixierung der identischen Punkte der Oberfläche. F deutet den infolge der Abschnürung entstandenen Gebirgssporn an. Dem gegenüber Altwasser mit Umlaufberg. Die Buchstaben Z bezeichnen die Talwinkel

Cholnoky azon tanítása nyomán, hogy a középszakaszjellegű folyó nem mélyíti és nem tölti fel a völgyét, általános volt az a nézet, hogy »kanyarulatokat fejlesztő, tehát középszakaszjellegű folyó terraszokat nem létesít, hanem szélesítve völgyét, korábbi terraszait elrombolja,« — ahogy *Bulla Béla Schafarzíknak* azt a megállapítását kritizálta, hogy a Duna az óholocénban hatalmas kanyarulatokkal mozogva hozta létre az óbudai, a pesti és a lágymányosi terraszait. — Ma már tudjuk, hogy a kanyarogva bevágódó folyó automatikusan terraszokat hoz létre. Találkozunk ezzel a külföldi irodalomban is. Engeln a Morfológiájában egy tömbszelvénytípusozatot is közöl arról, hogy egy epigenetikusan kivésődő, kemény kőzetből álló fok védelme alatt hogyan marad meg a terraszok teljes sorozata, ami különben a folyó kanyargásának jórészt áldozatul esik (4. ábra).

4. ábra. Kemény kőzetből álló »sarkantyú«, védelmében megmaradó terraszok egy kanyarogva bevágódó folyó völgyében O. D. v. Engeln szerint. — Террасы, сохранившиеся благодаря полузапруде из твердой горной породы, в долине извилисто врезающейся реки согласно О. Д. в. Энгелю. — Durch den Schutz eines Hartgesteinspornes erhalten gebliebene Terrassen im Tale eines sich meandrierend einschneidenden Flusses nach O. D. v. Engeln



Ezzel azonban még nem merítettük ki a völgyfejlődés során természetes úton létrejövő terraszkeletkezés minden lehetőségét. A völgyfejlődés velejárója ugyanis a szubszekvens oldalvölgyek fejlődése. Ezek a fővölgyben törmelékkipot építenek és ezzel oly mértékig megnövelhetik a főfolyó hordalékát, hogy az azzal megbirkózni már nem tud és alsószakaszjellegűvé válik. Ezzel a szakaszjellegváltozással létrejövő terraszképződés felső fázisa, a felkavicsolódás megtörtént. A kérdés most az, hogy követi-e azt a második lépés is, a terrasz kivésése a főfolyó felsőszakaszjellegű bevágódásával. Zavar-talan további völgyfejlődést tételezve fel, erre nem látunk lehetőséget. De még ez esetben is számolnunk kell ezzel a feltöltődési lehetőséggel, mert jelentkezhetnek olyan zavaró körülmények (mint pl. az erózióbázis megsüllyedése), amelyek képessé teszik a felsőszakaszjellegűvé vált folyót arra,



5. ábra. A Pásztor-völgy fejlődésének sematikus tömbszelvénye. A felső ábra középszakaszjellegű korában ábrázolja a völgyet. Az alsó a szubszekvens oldalvölgyek nyomán feltöltődött állapotot tünteti fel. Egyben alsó és felső szakaszjelleg váltakozva való ismétlődését is mutatja. — Схематический блоккидигамм развития долины Пастор. Вверху: долина возраста типа среднего участка. Внизу: Состояние долины, наполненной посредством субсеквентных боковых ветвей. Здесь наблюдается чередование типов нижнего и верхнего участков. — Schematisches Blockdiagramm der Entwicklung des Pásztor-Tales. Auf der oberen Abbildung ist das Tal zur Zeit des mittleren Streckencharakters dargestellt. Auf der unteren sieht man den durch die subsequenten Seitentäler aufgefüllten Zustand. Zugleich wird auch die sich abwechselnde Wiederholung des unteren und oberen Streckencharakters gezeigt.

hogy a feltöltött medrébe bevágódva kivésse a terraszokat, amit pedig nem tehetett volna meg, ha végig felsőszakaszjellegű marad.

Nem szabad megfeledkeznünk arról sem, hogy az alsószakaszjellegben is együtt találjuk az egymással váltakozó feltöltődést és bevágódást, ami lokálisan ugyancsak terraszképződéshez vezet az alsószakaszjellegű folyóvölgyben. Legyen szabad erre egy speciális példát felhoznom (5. ábra). Ez a felnémeti Pásztor-völgy Eger közelében. A völgy eredetileg kanyarogva bevágódó völgy volt, amely a völgyfejlődés során nem jutott még el annyira, hogy a kanyarulatait le tudta volna fűzni és ily módon terraszokat tudott

volna képezni. Ebben a fejlődésben, amelyek gyors hátrálása és a löszcirkuszokra emlékeztető, sugarasan szétágazó völgyfője annyi hordalékot juttatott a fő völgybe, hogy ezt az oldalvölgyek törmeléke teljesen felkavicsolta. Hamarosan megindult azonban alulról felfelé a főfolyó hátráló eróziója, ami meredekfalú, V-alakú völgyet vágott bele a feltöltött völgyfenékbe. Azaz terraszokat vésett ki belőle. Az a helyzet állott tehát elő, hogy ugyanaz a szint, amely a völgy felsőbb részén felkavicsolásban van, alább már kivésett terrasz formájában mutatkozik. A feltöltés és a kivésés folyamata szintén egyidejűleg játszódik le. Nem merném azonban állítani, hogy ily módon maradandó formák jöhetnek létre, még kevésbé azt, hogy ezen az úton átmenő terraszok képződhetnek. Sokkal valószínűbbnek tartom azt, hogy a bevésés és a feltöltés fázisainak eltolódásával a jelenleg kivésődő terraszok ismét betemetődnek.

A folyóvölgy normális fejlődése során még egy lehetőség kínálkozik arra, hogy a folyó szakaszjellege megváltozzék: a kaptura esete. A meghosszabbodott folyó hordaléka a kaptura révén oly mértékben megnövekedhetik, hogy a folyó felsőszakaszjellegéből alsószakaszjellegűvé válik és feltölti a völgyét.

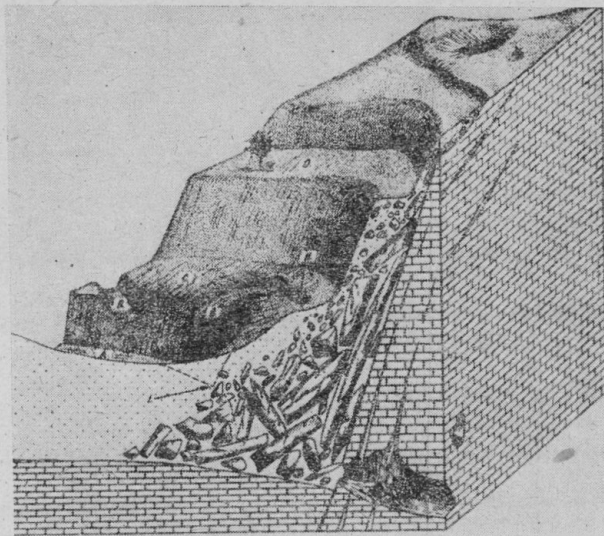
Ha a völgyfejlődés homogén kőzeten megy végbe, akkor a fentiekén kívül nem tudnék több olyan monументumot említeni, ami valamilyen formában terraszképződésre vezethetne. Ha azonban a völgy változó keménységű rétegeket, illetve kőzeteket szel át, a terraszképződésnek olyan lehetőségei nyílnak meg, amelyeket eddig a hazai morfológiai irodalmunk nem méltatott kellő figyelemre. Vegyük pl. az epigenetikus szurdok esetét. Magában a szurdokban a folyó szükségképpen felsőszakaszjellegű. Már *Cholnoky* rámutatott azonban arra, hogy a szurdok fölött a folyó kanyarogni kezd és mint középszakaszjellegű folyó kiszélesíti a völgyét. Ezt egy kissé kell csak helyesbítanunk: A folyó a bevágódás menetének meglassabbodása miatt kanyarogni kezd. Nem szűnik azonban meg bevágódni, hiszen az epigenetikus szurdok fölötti szakaszon a folyó kanyarogva vág be és így terraszos völgyet hoz létre (3. ábra).

Mellékesen jegyzem meg, hogy egy víznyelőben eltűnő bűvő patak sorsa ugyanez. Kitérő példája ennek a Bükkben a Pénz-patak (5. ábra), amelynek a barlangját ezidén tárta fel *Jakucs László*, valamint a Békebarlang egyik víznyelőjében eltűnő Nagy-völgy, amelynek a terraszait ugyanő négy szintbe foglalta össze és a víznyelő időnkénti eltömődésével magyarázta. A magyarázat annyiban helyes, hogy a völgy eredeti bevésése után kétségkívül feltöltődött. Ezt a völgysíkokból meredek domború lejtővel minden átmenet nélkül kiemelkedő völgyoldalak világosan mutatják. Ezt a feltöltést — *Jakucs László* szerint — az idézhette elő, hogy a víznyelő fölötti meredek sziklafal beomlott és a törmeléklejtője a víznyelőt elzárta. Mithogy azonban magasabb szinten a víz lefolyást talált a szikla repedésein át, a völgy nem töltődött ki teljesen, hanem a feltöltött völgysíkon kanyarogva bevágódó folyó alakult ki, amely a feltöltött völgyfenéken szabályos fejlődésével létre hozta a terraszait. Ezt a fejlődést bizonyos fokig megzavarta az, hogy a meder szintjének süllyedésével sorra feltáruultak olyan járatok, amelyek az ősi, eltemetett víznyelőkhöz vezettek és ezzel a magasabb szinteken kialakult víznyelőt, illetve víznyelőket ugrásszerűen mélyebb szintben fekvő víznyelők váltották fel, így időnként a völgybevágódás is ugrásszerűvé vált, a bevágódás kanyargás nélkül történt meg és az elhagyott völgyfenék terrasszá alakult a

kanyarulat lefűződésének befejeződése előtt. Mindezekben az esetekben fokozatosan mélyülő víznyelő ugyanazt a szerepet tölti, mint a szurdok esetében a lassabban pusztuló kemény kőzet.

A kemény kőzet hatása bizonyos fokig kiterjed a szurdok alatt következő völgyszakaszra is. Itt a folyónak vízése, vagy legalább is rohanója van, ami a völgy esését itt is megcsökkenti és esetleg bevágva kanyargóvá teszi a folyót.

És most térjünk rá a terraszképződésnek azon eseteire, amiket valamilyen külső ok vált ki! Olyan ok, amely kényszerítő formában megváltoztatja a folyó szakaszjellegét, természetes fejlődését. Az utóbbi két évtizedben hazánkban a terraszok tektonikus vagy klimatikus eredetének a kérdése vetődött fel.



6. ábra. Az aggtleki Béke-barlang egyik víznyelőjéhez vezető Nagy völgy terraszai (A, B, C, D) Jakucs László szerint. A B-szint az egykori kanyargós völgymorotvát az ábrán világosan mutatja. — Террасы долины Надь, ведущей к одному из водопоглотителей аггтелекской пещеры «Беке» (А, В, С, Д) согласно Л. Якуч. Уровень В наглядно показывает старую извилистую долинную старицу. — Die Terrassen (A, B, C, D) des zu dem einen Wasserschlucker (Ponor) der Friedenshöhle von Aggtelek führenden Grossen Tales nach L. Jakucs. Die Fläche B zeigt klar auf der Abbildung das ehemalige krümmungsreiche Altwasser

A kérdés felmerülését 1933-tól, illetve 1934-től számíthatjuk, amikor Kéz Andornak »A Duna visegrádi áttörése« és Bulla Bélának »A magyarországi löszök és folyóterraszkok problémái« c. dolgozata megjelent. Az ezóta eltelt időben Kéz és Bulla, valamint tanítványaik igen sok komoly értékű munkát végeztek a Közép-Duna medencei folyórendszer felkutatásában, a terraszok korának meghatározásában és genetikájának megfejtésében. Kéz és Bulla az említett cikkekben a terraszok klimatikus eredetének lehetőségére világítottak rá anélkül, hogy bizonyos terraszok tektonikus származásának a lehetőségét kétségbe vonták volna. Ezóta a vita, ha nem is élesen, de tartósan folyik a tektonikus és a klimatikus terraszképződés hívei között, és e vitának az az

érdekessége, hogy bár elvileg mindkét fél ismeri a másik folyamat lehetőségét, egy nevezőre jutni még sem tudnak. Nézetem szerint azért nem, mert nincsenek kikutatva azok az ismertető jelek, amelyek adott esetben perdöntők lehetnek. Én most ebben a kérdésben szeretnék néhány gondolatot felvetni.

Nagyon fontosnak tartom ebből a szempontból *Bulla Bélának* azt az 1941-ben tett megállapítását (A magyar medence pliocén és pleisztocén terraszai, 224. l.), hogy »a terraszok keletkezésének oka a legszorosabb kapcsolatban áll a terraszok keletkezésének korával« és »hogy a terraszok keletkezésének folyamatában szigorúan el kell különítenünk a terraszszint felkavicsolódásának idejétől a terrasz kivésésének, a folyó bevágódásának az idejét.« (Természetesen az egyidejűleg képződő terraszok fent leírt eseteitől eltekintve.) — A terraszok ily módon való keletkezésének tehát két szakasza van, amelyek időben is elválnak egymástól. Vegyük most vizsgálat alá előbb azt, hogy vajjon tektonikus úton előállhat-e a folyó olyan szakaszjellegváltása, amely a terraszképződés első lépését, a felkavicsolódást, illetve a másodikat, a bevágódást létre tudja hozni! Ezt követőleg ugyanezt a vizsgálatot végezzük el a klimatikus változások kérdésével is!

*

Völgyének felkavicsolására készítheti a folyót egy tektonikus süllyedés, legyen az akár medenceszerű, mint pl. a Kisalföld a Csallóköznél, vagy árok-szerű, mint a Rajna-árok. Ha ez a süllyedés a teljes felkavicsolódás után nem ismétlődik meg, a folyó alsó szakaszjellege megszűnik és megvan a lehetősége annak, hogy a folyó bevágó jellegűvé válva terraszt vésszen ki a feltöltött völgyfenékből. Adott esetben azonban igen nagy a valószínűsége annak, hogy a folyó korábbi terraszai vagy azoknak egyrésze az új terrasz alá temetődik. Ez az árkos süllyedés azonban nem marad hatástalan a fölötté lévő völgyszakaszra sem. Erre nézve ugyanis erózióbázis-süllyedést jelent, megnöveli az energiáját, és amennyiben eddig nem volt az, felsőszakaszjellegűvé teszi. Így a folyó hátráló eróziójával a korábbi völgyfenéket terrasszá alakítja. A völgyek ezen szakaszán azonban a régebbi terraszok természetesen eredeti helyzetükben maradnak.

Tektonikus kiemelkedés a folyó energiáját megnövelve felsőszakaszjellegűvé teheti mind a közép-, mind az alsőszakaszjellegű folyót és így a völgyfenékből terraszokat hozhat létre. Egy fokozatosan emelkedő horszt antecedens völgye ugyanígy terraszos lehet, ha a kiemelkedés kezdete előtt nem felsőszakaszjellegű volt. A fölötté lévő völgyszakasza azonban szükségképpen feltöltődik, az emelkedés megszűnte után pedig a hátráló felső szakaszjelleg az itteni feltöltött völgyfenéket terrasszá dolgozza át.

Összefoglalva: egyszeri süllyedés területén a völgy kitöltése után a terrasz kivésése automatikusan létrejön, a süllyedés fölött lévő völgyszakaszon pedig a süllyedés következtében megindul a terrasz kivésése, hacsak nem volt a völgy előzőleg is felsőszakaszjellegű. Az emelkedés helyén terrasz képződik, hacsak nem volt a völgy korábban is felsőszakaszjellegű, mögötte viszont felkavicsolódás indul meg, ami a kiemelkedés megszűnte után szükségképpen terraszképződésre vezet.

Háttra marad a felkavicsolódásnak és a terrasz kivésés korának a megállapítása, ami a szokásos geológiai módszerekkel történhetik a terrasz kavics kövületei és az ismert korú rétegek elmozdulása alapján.

A terraszok tektonikus úton való képződésének tehát sokszoros lehetősége van, és minthogy tudjuk, hogy hazánkban a harmadkor óta állandóak a kéregmozgások, szükségképpen számolnunk kell ezeknek a mozgásoknak a pliocén óta kialakult vízrendszerünk fejlődésére való hatásával.

Jogosan merül fel azonban a tektonikus terraszokkal szemben az az aggály, hogy a hatásuk túlságosan lokális és átmenő terraszok képzésére nem alkalmasak. De láttuk, hogy a tektonikus eredetű szintkülönbségek, illetőleg az erózióbázis megsüllyedése vagy megemelkedése a hatását a kérdéses terület fölötti szakaszon is érvényesíti, és pedig mindig nagyobb távolságra hátráló bevágódással, vagy hátráló feltöltődéssel. Tehát, ha a létre jött szintkülönbség elég nagy volt, vagy ha a lassú, de folyamatos szintváltozás eléggé hosszan tart, akkor semmi akadálya sincsen annak, hogy a hatása egészen a forrásvidékig felhatoljon, illetőleg addig a pontig, ahol a domborzat a szakaszjelleg megváltozását írja elő.

Most pedig vizsgáljuk meg a klimatikus terraszok kérdését! A leghelyesebb *Bulla Bélának* a klimatikus terraszok mellett szóló érvelésével kezdjük a vizsgálatot. 1941. évi cikkéből szószerint idézem: »A harmincas évek elején Bulla az alpi környéki és németországi periglaciális területről vett példák és *Soergel* fejtegetései alapján, magyarországi kutatáseredményeire támaszkodva, felvetette annak valószínűségét, hogy a Magyar medencében, mint periglaciális, vagy legalább is pseudoperiglaciális területen kell számolnunk éghajlati eredetű terraszokkal. Közismert okokra, azokra a hatásokra hivatkozott, amelyeket a jégkorszakok hideg-száraz éghajlata a folyók mechanizmusára gyakorolt. Rámutatott, hogy a jégkorszakokban a Magyar medence hideg-száraz éghajlata miatt, a kifagyás és aprózódás erős felszínromboló hatása, a felszín növényzettelensége, a téli évszakban a fagyott talajban a talajvíz áramlásának szünetelése miatt erősen megkevesbedett a folyók vízmennyisége, viszont megnövekedett az elszállítandó törmelékük, tehát a folyók alsószakaszjellegűekké válván, felkavicsolták völgyfeneküket. Végeredményben a Magyar medence folyói a pleisztocén jégkorszakban kiegyensúlyozottan sztyeppfolyók lettek.

Vizsont alkalmas interglaciális időkben, amikor nem volt téli fagyott talaj, nagyobb volt a csapadék mennyisége, gazdagabb a növényzet, gyengébb a téli fagy hatása, ismét megváltozott a folyók szakaszjellege; közép-, majd felsőszakaszjellegűek lettek, korábbi glaciális völgyfenekükbe bevágódtak, abból folyami terraszt véstek ki.«

Bullának ezzel az érvelésével nagyjában és egészében teljes mértékben egyetértek. Annyit jelent ez, hogy a Köppen-féle klimatikus forradalom a glaciális korszakokban ugrásszerűen megváltoztatta a periglaciális területen nemcsak az éghajlatot, hanem egyidejűleg a folyók szakaszjellegét is. A folyók megszűntek bevágódni. Vizsont a kifagyás és a szoliflukció szélesítette a völgyeket és feltöltötte a völgytalpakat. Ez a helyzet a hegyvidéken, a völgyekben. Ebből azonban egyidejűleg az is folyik, hogy a hegylábi törmelékűpok felkavicsolódása a glaciális korszakokban szünetel, vagy legalább is erősen megcsökken. Sőt homokasztali kísérleteim alapján még azt az állítást is meg merném kockáztatni, hogy a törmelékűpon bevágódás indul meg. Igaz, hogy a törmelékűpon szerte ágazó folyók vize most kevés, de az is igaz, hogy nem hoznak magukkal fönről hordalékot, mert a völgybevágódás megszűnt. Ezért a bevágódás és a feltöltődés ritmusában a törmelékűpokon túlsúlyba kerül a bevágódás. Nagyobbak lesznek a szintkülönbségek a tör-

melékkúp hátságai és vápái, medrei között. A hátak jobban kiszáradnak és megindul rajtuk a defláció a futóhomok és a lösz felhalmozásával.

Hasonlóképpen egy csapásra vége van ennek a helyzetnek, mihelyt a glaciális korszak vége felé a jégtakaró annyira összezsugorodik, hogy a fölötté kialakult nagy légnyomás nem tudja már uralni a periglaciális területet. A nyugati szelek betörnek erre a területre magukkal hozva a páradús óceáni levegőt és a ciklonikus éghajlatot. Ez nem kevésbé forradalmi változás, és szükségképpen magával hozza a folyók szakaszjellegének ugrásszerű változását is. Nincs már kifagyási aprózódás, nincs már talajfolyás, a völgyoldalakat benövi az erdő és még a leöblítés munkáját is megnehezíti. A völgyoldalokról tehát kevés törmeléket kap a folyó vize, amely megnövekedett tömegével és viszonylag kevés hordalékával egyszeriben felsőszakaszjellegűvé válik és megkezdí a terraszok kivésését. Ebben a részletben tehát nem egyezik meg a véleményen Bulláéval. Én nem tartom valószínűnek, hogy egy középszakaszjelleg közbeiktatásával jönné létre ez a változás. Ugyanakkor természetesen megindul a törmelékkúpok nagy erővel való feltöltése is.

A glaciális és interglaciális korok váltakozása tehát szükségképpen terraszképződésre vezet. A glaciális korokban a völgyek felkavicsolódnak, az interglaciálisokban a terraszok kivésődnek. A terraszképződés két fázisa tehát szükségképpen folyik a pleisztocén korok klímaingadozásából. Hangsúlyozni szeretném azonban, hogy ugyanezek a hatások a törmelékkúpon fordított eredményt válthatnak ki.

És még egy dolgot nem szabad elfelejtenünk : ez abban az esetben következik be így, ha egyéb tényező nem zavarja meg. Ha azonban tektonikus mozgások vannak közben, azok ellentétes hatásokat is kiválthatnak. Az erózióbázis süllyedése glaciális korban is okozhat bevágódást, és egy bezökkenés a völgy felkavicsolódását válthatja ki az interglaciális időkben is. Általában nem szabad elfelejtenünk, hogy a folyók szakaszjellegei az interglaciálisokban térbelileg ugyanúgy váltakoztak mint ma. A glaciális korszakokban természetesen más a helyzet.

Miután elméletileg tisztán áll előttünk a glaciális terraszképződés szükségszerűsége, logikus, hogy ugyanúgy kell hatniok az interstadiálisoknak is, mint az interglaciálisoknak, és a Milankovič-féle klímagörbe alapján kilenc pleisztocénkori klimatikus terrasz lehetőségével kell számolnunk. Ennyit nem ismerünk. *Bulla* és *Kéz* terraszbeosztása csak három pleisztocén terraszt ismer : a II. sz. újpleisztocén Würm-kori, a III. sz. középpleisztocén Riss-kori és a IV. sz. felsőpleisztocén Günz- vagy Mindel-kori terraszt. Fennáll azonban annak a lehetősége, hogy a terraszszinteket tovább bontsuk. És ezt néhány esetben a részletes tanulmányok szükségessé is tették : II/a, II/b, illetőleg III/a és III/b jelzéssel. Ez csak megerősíti glaciálisan klimatikus eredetüket.

Igen nagy természetesen annak a lehetősége, hogy az elméletileg várható kilenc pleisztocén terrasz nincs meg. Nemcsak azért, mert az idősebb terraszok elpusztultak, és nemcsak azért, mert a képződésüket tektonikus okok megzavarhatták, hanem azért is, mert egy hosszabban tartó glaciális kor felkavicsolása betemethette a korábbi terraszt vagy terraszokat.

A jégkorszaki klimatikus terraszok kérdése után vizsgáljuk meg a klimatikus terraszok kérdését általában! Mindazok az érvek, amelyeket eddig felsorolhattunk a klimatikus terraszok mellett, az éghajlat forradalmi változásával vannak kapcsolatban. Nem a folyók vízmennyiségének megnövekedése

vagy megcsappanása változtatta meg a folyók szakaszjellegét, hanem a periglaciális hideg éghajlat beköszöntése, vagy megszűnése. Közelebről az, hogy a felszíni leöblítést felváltotta a periglaciális talajfolyás eróziós munkája. Hiába fogy meg ugyanis a folyó vize, ha a szoliflukció és a kifagyásos aprózódás nem tölti fel törmelékkel a folyók völgyét, azok felső szakaszjellegűek maradnak és bevágják völgyüket. A mogyorókor meleg-száraz éghajlatában is és ennek megfelelően tovább építik az alföldperemi törmelékűpjukat is. Csak legfeljebb lassabb ütemben, mint a bőcsapadékú fenyőnyírkorban. Hasonlóképpen nem lehet szakaszjellegváltozás az aránylag szárazabb tölgykor és az aránylag csapadékosabb bükk-kor határán sem. Ezek csak mennyiségi változások, amik a folyók eróziós munkáját gyorsíthatják, vagy lassíthatják, de minőségben meg nem változtathatják; szakaszjellegváltozásokat nem okozhatnak, terraszképződést tehát általában nem idézhetnek elő.

Nem volna azonban a megállapításunk eléggé dialektikus, ha nem vetnők fel azt a kérdést is, hogy bizonyos körülmények között nem okozhat-e a csapadék mennyiségi változása mégis minőségi változást a folyók szakaszjellegében. És valóban van ilyen eset. Ez a lefolyástalan tóba torkoló folyó esete. A tó vize, mint a folyó erózióbázisa a csapadék megnövekedése esetében megemelkedik és a folyóvölgyet alsószakaszjellegűvé teszi. Ellenkező esetben viszont a folyó bevágódását eredményezi. Lefolyástalan tóba torkoló folyók völgyében tehát valóban kereshetünk klimatikus okokból kifolyólag terraszokat. Csakhogy fordítva, mint ahogy azt *Bulla* teszi. A bő csapadék ugyanis a völgy feltöltésére vezet, a kevés csapadék viszont bevágódást okoz. Ezen az alapon az Alföldre nyíló folyóvölgyek pliocén terraszait a lefolyástalannak feltételezett egy, vagy több levantei tó szintingadozásait követő klimatikus terraszoknak is tekinthetjük. Ez esetben azonban az Alföld felé deltában és nem törmelékkúpban kell elvégeződniök. (Annyi bizonyos, hogy a delta meredek pereme nagyon hasonlít morfológiailag egy vetődéssel eltört terrasz meredek pereméhez. Mint köztudomású, így jellemezte *Cholnoky* néhány alföldperemi terrasz hirtelen elvégződését.) Szerencsés feltárások hozzásegíthetnek bennünket a terraszperemek törmelékkúpból, vagy deltából való származásának tisztázásához. *Schafarzik* adatai a pestszentlőrinci törmelékkúpra vonatkozólag nem teszik valószínűtlenné azt a feltevést, hogy a törmelékkúp a levantei időkben még delta volt és csak a pleisztocénban vált szárazföldi törmelékkúppá.

Ha ily módon a pliocén folyóterraszokat klimatikus terraszoknak tekintjük, akkor belőlük visszafelé lehet következtetnünk az éghajlati viszonyokra, amely a pleisztocénkoriaknál lényegesen kevésbé tisztáztak. Támpontot adhatnak erre a terraszok kövületei, de morfológiai alapon maguk a terraszok is, mert adott esetben — a jégkorszaki terraszokkal ellentétben — a bő csapadék a völgyek feltöltődését, a kevés csapadék pedig a völgyek kivésését hozta magával.

Végeredményben tehát az egész pleisztocén folyamán fennállott a klimatikus periglaciális terraszok keletkezésének szükségszerűsége, a pliocénban pedig a lefolyástalan tavi klimatikus terraszok lehetősége, és ugyanakkor megvolt az eshetőség a tektonikus terraszok keletkezésére is. Ez az eshetőség pedig annál nagyobb volt, mert a terraszképződés egyik ütemét klimatikus okok már elvégezték, s a tektonikus mozgásoknak a terraszképzést csak be kellett fejezniök. Ily módon hibrid terraszok is jöhetnek létre. Konk-



1. Felső szakaszjellegű patak (a Cuha) medre lépcsős túlmélyítésekkel. — Русло ручья типа верхнего участка (Цуха) со ступенчатыми переглублениями. — Das Bett eines Baches oberen Streckencharakters (des Cuha) mit stufenartigen Übertiefungen.



2. A Nyitra kanyarogva bevágódó völgye. — Извилисто врезающаяся долина реки Ньитры. — Das sich meandierend einschneidende Tal des Flusses Neutra.



3. A Hernád kanyarogva feltöltődő völgye. — Извилисто наполняющаяся долина реки Хернада. — Das sich meandierend aufschüttende Tal des Hernád



4. A Pénz-patak kanyarogva bevágódó terraszos völgye. — Извилисто врезающаяся долина ручья Пенза с террасами. — Das sich meandierend einschneidende, terrassenreiche Tal des Baches Pénz

réten pl. egy glaciális korszak közepén bekövetkezett emelkedés kivéshette a terraszt még a glaciális folyamán stb. Olyan kérdések ezek, amelyek esetről-esetre részletes tanulmányokkal tisztázandók.

A holocénban viszont nem sikerült kimutatni semmi olyan körülményt, amely klimatikus terraszkok keletkezésére vezethetne. Ezzel vág az a körülmény is, hogy míg a pliocén és a pleisztocén terraszkok meglehetősen azon mértékben és formákban találhatók meg az egész medencében, addig holocén-terraszkokat egyes folyók völgyében találunk, másokéban nem. Ha a pleisztocén-terraszkok egyöntetűsége, az őket kiváltó ok azonos és egyetemes voltára utal, akkor a holocén terraszkok változatos megléte és hiánya is az azonos ok hiányára kell hogy utaljon, illetőleg arra, hogy a holocén terraszkokat olyan speciális, nem klimatikus okok váltották ki, amelyek a régebbi klimatikus terraszkok kialakulását kb. ugyanilyen mértékben módosították, zavarták.

Ezt a gondolatmenetet belőlem azok az ellentmondások váltották ki, amelyek folyóvölgyeink morfológiai értékelésében mutatkoznak, és ha sikerült ezzel a kérdést egy lépéssel a megoldáshoz közelebb vinni, elértem célomat.

ДИАЛЕКТИКА ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Л. Кадаp

(Резюме)

Исходным пунктом обсуждений в настоящей статье является теория Енë Чолноки о различном характере участков реки. На основе разницы (k) между общей трудоспособностью течения (m) и энергией, необходимой для переноса наносов (h), теория эта различает три типа участков в соответствии с характером эрозионной деятельности реки:

тип врезающегося (верхнего) участка, где так наз. разница по трудоспособности положительна,

$$m - h = k > 0,$$

тип извилистого (среднего) участка, где разница по трудоспособности равна нулю,

$$k = 0$$

и тип мелеющего (нижнего) участка, где разница по трудоспособности отрицательна, —

$$k < 0,$$

так река налoлняет наносами свою долину.

Автор распространяет теорию о характере участков на все эрозионные факторы, действующие при помощи механизма движения, т. е. на развевание ветром и на ледниковую экзарацию. Установлением диалектических отношений между отдельными формами сыпучего песка автору удалось создать систему песочных форм в области развевания. Он доказал, что вследствие трения прямолинейная, равномерная скорость движущейся среды (воды, ветра, льда) становится периодически колеблющейся. Из этого в свою очередь следует, что трудоспособность денудационной среды, т. е. разница по ее трудоспособности становятся неустойчивыми, именно — функциями внутрипериодического пункта x .

$$m(x + p) - h = k(x + p)$$

тим расшатывается тройное разделение течения на участке, потому что периодическое изменение разницы по трудоспособности заранее делает невозможным наличие равно-

весня. Однако между типом врезающегося (верхнего) участка

$$\text{где } k(x + p) > 0)$$

и типом наполняющегося (нижнего) участка

$$\text{где } k(x + p) < 0)$$

встречаются переходные типы участка, где вследствие вызванного трением колебания трудоспособность — в пределах того же самого периода — является то положительной, то отрицательной,

$$k(x + p) \approx 0,$$

т. е. река то врезаются, то мелеет. При этом она и извивается. Если в течение данного периода врезающая деятельность реки преобладает над наполняющей деятельностью, то река извилисто врезаются и образует долины-меандры с асимметрическим поперечным сечением. Если же в течение данного периода преобладает наполнение, то река, извиваясь, образывает отмели и наполняет наносам свою долину. Таким образом имеется четыре типа эрозионной деятельности действующей реки: 1. тип врезающегося участка, 2. тип извилисто врезающегося участка, 3. тип извилисто мелеющего участка и 4. тип мелеющего участка. К этим примыкает престарелое (старческое) состояние реки, также связанное с излучинами.

В дальнейшем автор показывает, что реки с мелеющими участками текут не по долине и образуют терриконки. Вследствие же отложения наносов в русле уклоны терриконки временами и местами становятся столь крутыми, что разница по трудоспособности течения в свою очередь становится локально положительной. В таких случаях река может пробить себе новое русло и образовать острова, отделяя их от берега.

Долинные старицы, образующиеся при выключении из течения целиком развитых излучин, превращают долины извилисто врезающихся рек в долины с террасами. Такие террасы, следовательно, создаются не вследствие изменения типа участка, а сопутствуют извилисто врезающемуся участку. Такого типа становятся реки, если они пробивают свой путь через твердую среду, образуя долину типа верхнего участка, и удастся им быстрее унести легко уничтожающийся материал, лежащий над упомянутой средой: или же если вода подземной рекой исчезает в пещерах известняковых гор по участку над плотителем или над antecedentными участками долины и т. п.

Развитие субсеквентных боковых ветвей долины путем переноса наносов в главную долину может способствовать изменению характера участка реки и подготовке образования террас.

Автор обсуждает вопрос террас, образованных вследствие изменения характера участка. Раньше в Венгрии образование террас приписывалось тектоническим причинам, а примерно двадцать лет тому назад стала распространяться теория об образовании террас вследствие климатических причин. Ввиду того, что на территории Венгрии тектонические движения земной коры начиная с третичного периода непрерывно повторяются и что ледниковые периоды плейстоцена по временам изменяли климат страны, как перигляциальной области, обе эти причины могли вызвать образование террас. Значит надо было уточнить характер этих причин с точки зрения образования террас и определить их пределы во времени и в пространстве.

Изменение количества воды в реке — без изменения уровня эрозионного базиса — не влечет за собой изменения характера участка, т. е. не приводит к образованию террас. Поэтому то и нельзя говорить о климатических террасах в голоцене, хотя и изменения климата в голоцене вызывают существенные изменения количества воды рек.

В плейстоцене чередование ледниковых и межледниковых периодов на перигляциальной территории вызвало качественное изменение в жизни речных долин. В холодные и сухие перигляциальные периоды вследствие солифлюкции склоны долин обрушались, долины расширились, и образовались широкие подошвы. В жарком и влажном климате межледниковых периодов реки образовали террасы. Следовательно ледниковые террасы плейстоцена должны быть приписаны изменению не характера участка реки, а общего характера эрозии.

Предполагаемое наличие на территории Венгрии бессточного озера или бессточных озер в эпоху леванта в плейстоцене позволяет заключить об образовании климатических террас даже несмотря на то, что степень климатических изменений не достигала пределов обледенения. Повышение влажности и сухости климата вызывает колебание уровня воды бессточных озер, что в свою очередь приводит к изменению уровня эрозион-

ного базиса впадающих в эти озера рек. В этом случае, однако, воздействие климатических изменений на характер участков рек получается обратным: сухой период вызывает падение уровня воды озера и врезание реки, влажный же период — повышение уровня воды озера и наполнение долины реки.

Тектонические террасы начиная с плейстоцена образовывались на территории Венгрии во все геологические эпохи.

DIALEKTIK DER EROSIONSPROZESSE

L. Káddár

Zusammenfassung

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die von E. v. Chohnoky stammende Theorie des Flusstreckencharakters. Diese Theorie unterscheidet auf Grund der Differenz (k) zwischen der Arbeitsfähigkeit (m) des Flusswassers und der für das Abführen des Geschlebes nötigen Arbeit (h) drei Typen, «Streckencharaktere» der Erosionstätigkeit des Wassers: den einschneidenden (oberen) Streckencharakter, in dem die Arbeitsfähigkeitdifferenz positiv ist,

$$m - h = k > 0,$$

den meandrierenden (mittleren) Streckencharakter, in dem die Arbeitsfähigkeit Null ist,

$$k = 0,$$

und den aufschüttenden (unteren) Streckencharakter, in dem die Arbeitsfähigkeitdifferenz negativ ist,

$$k < 0,$$

wobei der Fluss sein Tal aufschüttet

Der Verfasser verallgemeinert die Theorie des Streckencharakters auf sämtliche mit Bewegungsmechanismus arbeitenden Erosionsfaktoren, d. h. auf die Deflationsarbeit des Windes und auf die Denudationsarbeit des Gletschereises. Durch die Aufdeckung der dialektischen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Flugsandformen ist es ihm gelungen, auf dem Gebiet der Deflation das System der Sandformen aufzubauen. Er wies nach, dass infolge der Reibung die geradlinige, gleichmässige Geschwindigkeit der sich bewegenden Elemente (Wasser, Wind, Eis) in periodische Schwankungen gerät. Hierdurch wird, die Arbeitsfähigkeit bzw. die Arbeitsfähigkeitdifferenz des Erosionselementes schwankend, die so Funktion des innerhalb der Periode befindlichen Punktes x werden.

$$m(x + P) - h = k(x + p)$$

Dabei löst sich die Dreigliederung des Streckencharakters auf, denn die periodische Veränderung der Arbeitsfähigkeitdifferenz macht den Gleichgewichtszustand schon im Voraus unmöglich. Zwischen dem einschneidenden (oberen) Streckencharakter,

$$\text{wo} \quad k(x + p) > 0$$

und dem aufschüttenden (unteren) Streckencharakter

$$\text{wo} \quad k(x + p) < 0$$

sind solche Durchgangsstreckencharaktere, bei denen infolge der durch Reibung verursachten Schwankung die Arbeitsfähigkeit innerhalb derselben Periode gleichfalls positive und negative Werte erhält,

$$k(x + p) \geq 0,$$

auf einer Stelle schneidet der Fluss ein, auf einer anderen schüttet er auf. In diesem Falle schlängert sich auch der Fluss. Wenn innerhalb der Periode die einschneidende Arbeit des Flusses über der aufschüttenden vorherrscht, schneidet der Fluss in Krümmungen

laufend ein und bildet Talmeander mit asymmetrischem Querschnitt. Wenn dagegen innerhalb der Periode die Aufschüttung überwiegt, schlängert sich der Fluss Sandbänke ablegend und schüttet sein Tal auf. Demnach hat die Erosionstätigkeit des lebendig arbeitenden Flusses vier Typen: 1. einschneidender, 2. meandierend einschneidender, 3. meandierend aufschüttender und 4. aufschüttender Streckencharakter. An diese schliesst sich als fünfter der ebenfalls meandierende senile Zustand des Flusses an.

Weiter weist der Verfasser nach, dass die Flüsse von aufschüttendem Streckencharakter keine Täler bilden und einen Schuttkegel aufbauen. Infolge der ständigen Aufschüttung ihrer Betten werden die Hänge auf ihren Schuttkegeln und in ihren Betten zeitweise und an manchen Stellen so steil, dass die Arbeitsfähigkeitsdifferenz des Flusses örtlich positiv wird. In diesem Fall kann sich der Fluss ein neues Bett graben und von den Ufern Inseln abschneiden.

Der Verfasser weist nach, dass durch die Abschnürung der vollkommen entwickelten Krümmungen das Tal der sich meandierend einschneidenden Flüsse sich terrassenartig gestaltet. Diese Terrassen sind demnach nicht die Folgen einer Änderung des Streckencharakters, sondern die natürlichen Begleiterscheinungen des meandierend einschneidenden Streckencharakters. Diesen Charakter erwerben die Flüsse, wenn der Fluss das harte Gestein mit einem Tale von Oberlaufcharakter durchbricht, auf seiner unmittelbar höher liegenden Strecke aber das leicht erodierbare Gestein schneller abträgt; oder wenn sie als Schlundbäche in einem Wasserschluck (Ponor) in den Höhlen der Kalksteingebirge verschwinden.

Die Entwicklung der subsequenten Seitentäler kann durch das in das Haupttal geführte Geschiebe den Streckencharakter des Flusses verändern und dort Terrassenbildung vorbereiten.

Im weiteren analysiert der Verfasser die Frage der infolge von Streckencharakterveränderung entstandenen Terrassen. Früher wurde in Ungarn das Entstehen der Terrassen auf tektonischen Ursachen zurückgeführt seit zwanzig Jahren hingegen ist die Theorie der klimatischen Terrassenbildung verbreitet. Da sich in Ungarn die tektonischen Krustenbewegungen seit der Tertiär ständig wiederholen und die Glazialperioden des Pleistozens das Klima des Landes als periglaziale Landschaft von Zeit zu Zeit veränderten, konnten beide Ursachen zu Terrassenbildung führen. Deshalb ist es nötig ihren terrassenbildenden Charakter sowie dessen räumliche und zeitliche Grenzen festzustellen.

Die Veränderung der Flusswassermenge — ohne Veränderung des Niveaus der Erosionsbasis — führt zu keiner Streckencharakterveränderung sie, führt also zu keiner Terrassenbildung. Deswegen gibt es in dem Holozen keine klimatischen Terrassen obzwar die Klimaveränderungen des Holozens mit der wesentlichen Veränderung der Flusswassermengen einhergehen.

Im Pleistozen brachte die Wechselfolge der glazialen und interglazialen Perioden auf dem periglazialen Gebiet im Leben der Flusstäler eine qualitative Veränderung zustande. Während der periglazialen kalten, trockenen Perioden, als Folge der Solifluktion, stürzten die Talflanken ein, verbreiterten sich die Täler und erhielten breite Talsohlen. In dem feuchten, warmen Klima der Interglazialzeiten schnitten die Flüsse ihre Terrassen ein. Die im Pleistozen entstandenen glazialen Terrassen sind also nicht die Folgen der Veränderung des Flussstreckencharakters, sondern die der Veränderung des ganzen Charakters der Erosion.

Im Pliozen konnten in Ungarn klimatische Terrassen, im Falle der Existenz des angenommenen abflusslosen Sees bzw. solcher Seen in dem levantinischen Zeitalter, trotzdem, dass das Ausmass der klimatischen Veränderungen die Vereisungsschwelle nicht erreichte, entstehen. Das Feuchter- bzw. Trockenerwerden des Klimas führt nämlich zu Niveauschwankungen der abflusslosen Seen was in bezug auf die in den See mündenden Flüsse die Veränderung des Niveaus der Erosionsbasis bedeutet. Die Wirkung der klimatischen Veränderungen auf den Streckencharakter der Flüsse ist jedoch in diesem Falle eine entgegengesetzte: die trockene Periode führt zur Senkung des Seewasserstandes und zum Einschneiden des Flusses herbei, die feuchte dagegen verursacht mit dem Steigen des Seewasserstandes die Aufschüttung der Flusstäler.

Tektonische Terrassen entstanden in Ungarn von dem Pliozen an in jedem geologischen Zeitalter.