

LUDVÍK LOYDA

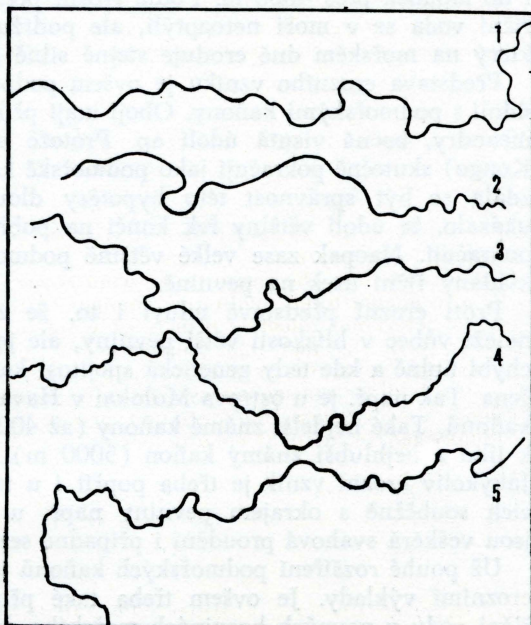
ÚSTUP EROZNÍCH PŘEDSTAV

Podle všech učebnic geologie a geomorfologie vznikla říční údolí v zásadě erozí vodních toků a pouze ve zvláštních případech jsou původu tektonického.

Je to však skutečně pravda? Tuto ještě dnes vlastně kacířskou otázku rozvířil v minulém století O. Peschel (1869) a postavil se tak proti celé tehdejší geologii. Byl však sám a kromě toho ani neměl dost argumentů k podpoře svých představ, takže v tomto sporu brzy prohrál. Nemohl totiž opatřit požadované důkazy o existenci zlomů, o posunech podle zlomových ploch ap., které je tak obtížné přinášet i dnes.

Dnešní výzkumy (geodetická měření, studium sedimentů, příčných a podélných profilů údolního dna aj.) však stále více dokazují, že určujícím faktorem ve vývoji říčních údolí přece jen není eroze. To vše ovšem Peschel nevěděl a ani vědět nemohl — jeho doba nebyla ještě zralá k vyřešení tohoto problému. Názor tehdejších geologů vycházel zcela jednoduše z pouhé přítomnosti řeky či potoka na dně údolí. Kausální spojení mezi tímto tokem a genezí údolí bylo sice předpokladem, ale stalo se brzy samozřejmostí. Přitom se vlastně ani neuvažovalo, zda myšlenka Peschelova je v principu chybná nebo zda je pouze nedoložená.

Erozní představy ovlivňují však naše myšlení stále ještě tak důkladně, že už 100 let je každé údolí (kromě několika známých grabenů) považováno zcela



1. Podobnost půdorysu různých údolí: 1 — Sognefjord (Norsko), 2 — podmořský kaňon Monterey (USA), 3 — řeka Ohře u Karlových Var (Československo, 4 — řeka Ohio (USA), 5 — Rima Hadley na Měsíci.

samozřejmě za erozní. Zvláště u nově objevených údolí, o nichž dosud mnoho nevíme (podmořské kaňony, údolí na Měsíci), vznikl tento předpoklad viditelně pouze důsledkem dlouhotrvající důvěry v naprostou správnost erozních představ.

Zdá se však, že ústup erozních názorů začíná už přesto probíhat všude — je však zatím pomalý a celkem nenápadný. Netýká se ovšem pouze říčních údolí, ale i mořských fjordů, podmořských kaňonů a dokonce i točitých údolí na Měsíci. Ve všech těchto případech jde o téměř shodné tvary reliéfu, lišící se vlastně od sebe jen svou polohou (obr. 1). Objasňování jejich geneze samozřejmě zatím vždy vycházelo pouze z erozních zásad.

Fjordy

Vznik fjordových zálivů začal být zprvu vysvětlován erozním způsobem a tento výklad ve většině učebnic stále ještě převládá (ledovcové přemodelování původně říčních údolí). Objevení kerné stavby dna fjordů a diferencovaného pohybu těchto ker však této představě zřetelně odporuje. Např. v Listvenničném fjordu na Kamčatce dosáhly poklesy dna 1–4 mm/rok (Kudusov 1967). Nakonec ovšem i velká hloubka fjordů a mělké mořské dno před jejich ústím do moře činí jakékoliv erozní představy zcela nepravděpodobnými. Původní erozní výklad je proto už přece jen opuštěn a v poslední době jsou fjordy většinou považovány za tektonicky vzniklá grabenovitá údolí.

Podmořské kaňony

Případ podmořských kaňonů se už také blíží ke konečnému stadiu úplného vyvrácení erozního výkladu. Ten předpokládal, že podmořské kaňony jsou vlastně pokračováním údolí pevninských řek. Skutečně také na šelfu můžeme dnes nalézt zatopená říční údolí, vzniklá při ústupu mořské hladiny v době pleistocenního zalednění. Podmořské kaňony však pokračují i na kontinentálním svahu a to i do hloubek přes 4000 m. Podle erozní představy se tu zřejmě předpokládá, že říční voda se v moři nerozptýlí, ale podržuje si svůj charakter vodního toku, který na mořském dně eroduje stejně silně jako na pevnině.

Představa erozního vzniku je ovšem podporována i vnější podobností říčních údolí s podmořskými kaňony. Obojí mají příkré svahy, stupňovitý podílný profil, meandry, bočná visutá údolí ap. Protože některá říční údolí (např. Hudson, Kongo) skutečně pokračují jako podmořské kaňony na šelfu a pevninském svahu, zdá se být správnost této hypotézy dlouho nepochybná. Časem se ovšem ukázalo, že údolí většiny řek končí na pobřeží a na mořském dně už dále nepokračují. Naopak zase velké většině podmořských kaňonů chybí onen předpokládaný říční úsek na pevnině.

Proti erozní představě mluví i to, že značný počet podmořských kaňonů neleží vůbec v blízkosti větší pevniny, ale jen v okolí malých ostrovů, kde řeky chybí úplně a kde tedy genetická spojitost kaňonů a říčních údolí je zcela vyloučena. Tak např. je u ostrova Molokai v Havajském souostroví je 11 podmořských kaňonů. Také nejdleší známé kaňony (až 400 km) směřují od Aleutských ostrovů k jihu a nejhlubší známý kaňon (5000 m) leží uprostřed Bahamských ostrovů. Jakýkoliv erozní vznik je třeba popřít i u tzv. marginálních kaňonů, probíhajících souběžně s okrajem pevniny např. u pobřeží Chile nebo Gronska. Zde jsou veškerá svahová proudění i případné sesuvy naprosto vyloučeny.

Už pouhé rozšíření podmořských kaňonů je tedy ve zřejmém rozporu se všemi erozními výklady. Je ovšem třeba také připomenout, že ani výmolná činnost říční vody v pevných horninách mořského dna nebyla zatím ještě nikde zjištěna

a její existenci lze proto opět jen předpokládat. Na mnoha místech se naopak ukázalo, že dost silný svahový proud nejen nepohybuje jemným bahnem, uloženým na dně podmořských údolí, ale dokonce je ani nezvíří (Trumbull, McCamis 1967 aj.).

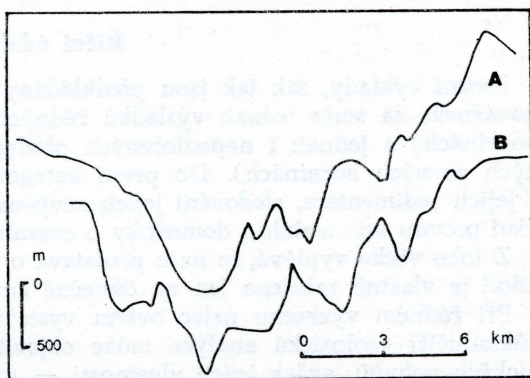
Podobně jako u říčních údolí jsou i v podélném profilu dna kaňonů různé stupně nerovnosti. Jejich vznik zde ovšem nemůžeme připisovat „retrogradní erozi“ vyvolané poklesem „spodní erozní báze“, která podle erozních představ způsobuje jejich vytváření v podélných profilech řek. Z podobnosti tohoto jevu u řek a podmořských kaňonů můžeme objektivně usuzovat pouze na jejich příbuznost genetickou — a ta zde viditelně nemůže být erozní.

Jako další námitku proti představě této podmořské eroze lze uvést rozdíly v hustotě říční a mořské vody. Sladká říční voda je jistě lehčí než voda mořská a lze tedy jen těžko předpokládat proudění a hloubkovou erozivní činnost této lehčí vody pod hustou vodou mořskou. I tato jednoduchá fyzikální poučka tedy jasně mluví proti uvedené erozní představě.

Závažnost těchto námitek lze jen těžko popírat a přívrženci eroze proto také tento zřejmě dále už neudržitelný výklad většinou opouštějí. Předkládají ovšem pohotově další předpoklad, podle něhož vznikly podmořské kaňony ne už erozí řek, ale výmolnou činností tzv. turbiditních proudů.

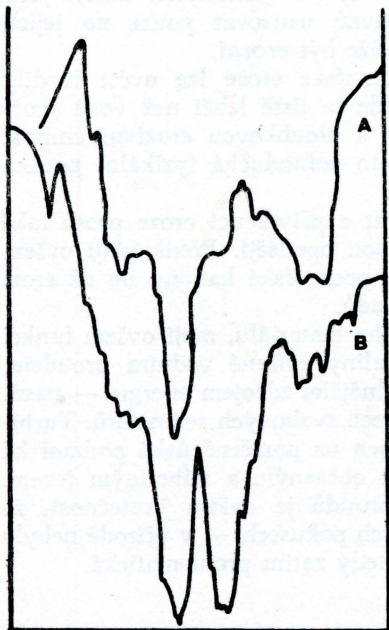
Tyto proudy, unášející množství suspendovaného materiálu, mají ovšem funkci převážně transportační. Neodnášejí vůbec zvětraliny zvířené vodním proudem, ale jen materiál, uvedený už do pohybu jiným, silnějším zdrojem energie — např. při zemětřesení, tsunami nebo i při náhlých sesuvech svahových sedimentů. Turbiditní proudění není v žádném případě omezeno jen na poměrně úzká podmořská údolí a také vůbec není permanentním, ale jen občasným a náhodným jevem. Hlavní námitkou proti hypotéze turbiditních proudů je ovšem skutečnost, že tyto proudy byly vytvořeny pouze při laboratorních pokusech — v přírodě nebyly ještě vůbec pozorovány a celá jejich existence je tedy zatím problematická.

2. Příčný profil kaňonem Monterey a Velkým kaňonem řeky Colorado (Shepard 1969).



K těmto zásadním námítkám, popírajícím možnost vzniku podmořských kaňonů erozním způsobem lze připomenout, že přímo v těchto kaňonech už byly nalezeny stopy po skutečných tektonických pohybech (Dulemba 1968). Příčné profily některými kaňony jsou dokonce velmi podobné příčným profilům tektonicky vzniklých říčních údolí (obr. 2), a to bez ohledu na jejich různou velikost (obr. 3).

Představa o erozním vzniku kaňonů není sice ještě zdaleka opuštěna, ale přece jen už viditelně ustupuje. Dnes se připouští, že některé podmořské kaňony mohou být tektonického původu nebo se na jejich vzniku může podílet eroze i tektonika. Erozní původ se však předpokládá všude tam, kde chybí zřetelné stopy tektoniky. Tuto nenáročnou poznávací metodu nelze ovšem považovat za trvale udržitelnou.



3. Příčný profil údolím řeky Pečory (Roza-nov 1968) a podmořským kaňonem Murray (Borch et al. 1970). Šířka údolí Pečory (A) je zde 15 km a hloubka cca 150 m, šířka kaňonu Murray (B) je 75 km a hloubka téměř 3500 m.

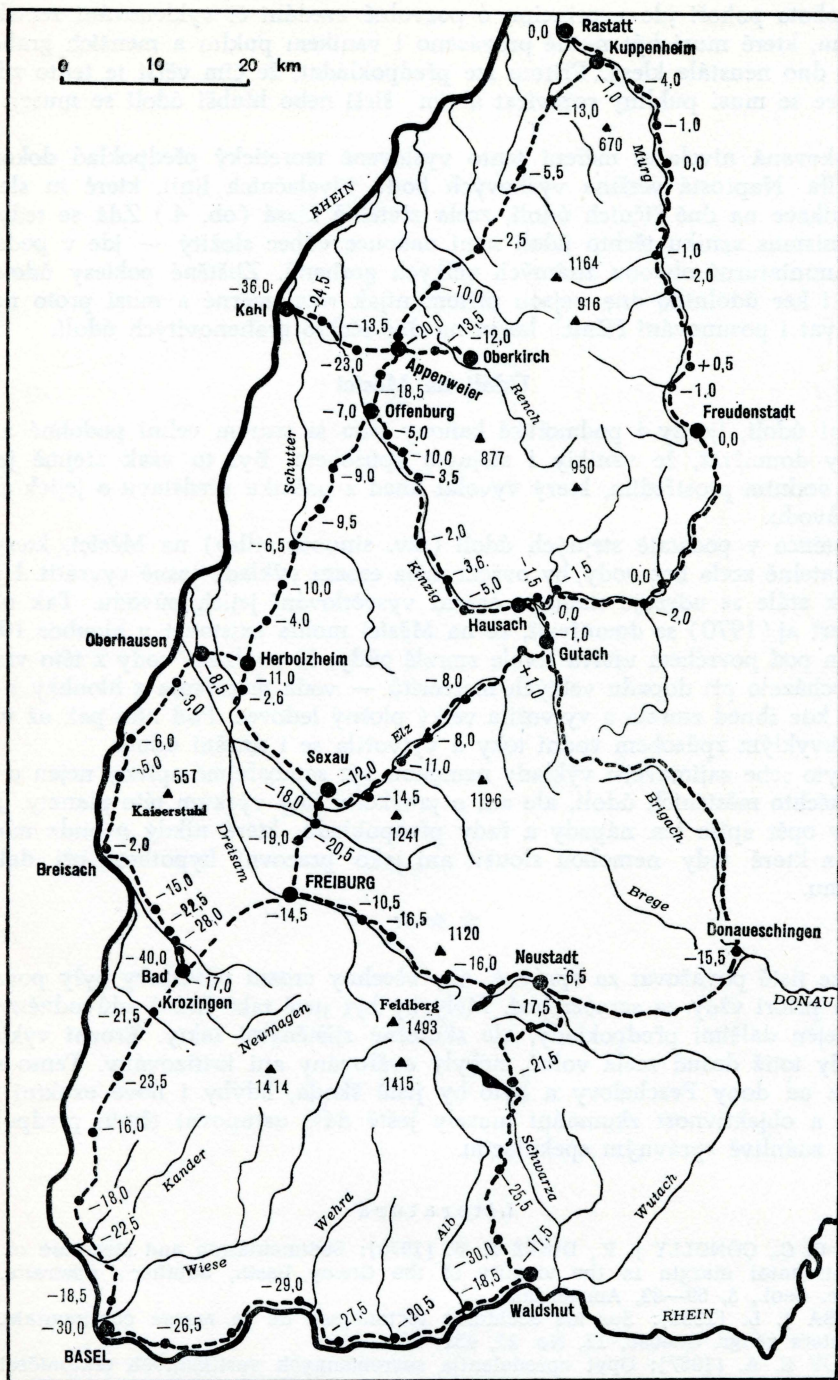
Říční údolí

Erozní výklady, tak jak jsou předkládány v učebnicích, musíme dnes nutně považovat za směs jednak výsledků řádných výzkumů (eroze v nezpevněných horninách) a jednak i nepodložených předpokladů (eroze ve vyvřelinách a jiných pevných horninách). Do první kategorie patří studium odnosu zvětralín a jejich sedimentace, sledování jejich závislosti na velikosti vodního toku, rychlosti proudu ap., a dále i domněnky o erozním pirátství vodních toků atd.

Z toho všeho vyplývá, že naše představa o všeobecném erozním vzniku říčních údolí je vlastně založena jen na částečné znalosti tohoto přírodního jevu.

Při řádném výzkumu nelze ovšem vystačit s pouhými předpoklady. I nejdůkladnější geologická analýza může objevit pouze důsledky dřívějších tektonických pohybů, avšak jejich vlastnosti — např. rychlost, směr a jejich změny, etapovitost ap. — tímto způsobem zjistit nelze. K tomu je třeba přesných geodetických měření.

Při opakování nivelací se tak nenadále ukázalo, že kry tvořící údolní dno se pohybují zcela samostatně oproti údolním svahům i svému nejbližšímu okolí. Značně tu převažují poklesy, ač ojediněle byly zjištěny i lokální zdvihy (Pevnev aj. 1968, Loyda 1971). Přesvědčivým důkazem, který potvrzuje dosud jen ojediněle předpokládaný tektonický vznik říčních údolí, jsou opakovaná nivelační měření, provedená ve Schwarzwaldu (Mälzer 1967).



4. Opakovaná nivelační měření (1922–39 a 1954–64) ukazují, že v celkově se zvedajícím pohorí Schwarzwald dna všech říčních údolí zřetelně klesají. (Mälzer 1967).

U tohoto pohoří jde v principu o pozvolné zvedání či vyklenování zemského povrchu, které musí být nutně provázáno i vznikem puklin a menších grabenů, jejichž dno neustále klesá. Přitom lze předpokládat, že čím větší je tento zdvih, tím více se musí pukliny rozevírat a tím širší nebo hlubší údolí se musejí vytvářet.

Opakovaná nivelační měření tento vysloveně teoretický předpoklad dokonale potvrdila. Naprostá většina výškových bodů nivelačních linií, které tu sledují komunikace na dně říčních údolí, zcela zřetelně klesá (ob. 4.) Zdá se tedy, že mechanismus vzniku těchto údolí není nakonec vůbec složitý — jde v podstatě jen o miniaturní obdobu známých velkých grabenů. Zjištěné poklesy údolních svahů i ker údolního dna nejsou přitom nijak rovnoměrné a musí proto nutně vyvolávat i posunování říčních koryt na dně těchto grabenovitých údolí.

Údolí na Měsíci

Říční údolí, fjordy i podmořské kaňony jsou si tvarem velmi podobné a lze se tedy domnívat, že vznikly i stejným způsobem. Byl to však zřejmě jejich styk s vodním prostředím, který vyvolal hned z počátku představu o jejich erozním původu.

Existence v podstatě stejných údolí (tzv. sinuous rilles) na Měsíci, který je prokazatelně zcela bez vody, by ovšem měla erozní výklady jasně vyvrátit. I přes to však stále se udržuje snaha o erozní vysvětlování jejich původu. Tak např. Schubert aj. (1970) se domnívají, že na Měsíci mohla existovat v hloubce 100—1000 m pod povrchem vrstva trvale zmrzlé půdy. K uvolnění vody z této vrstvy pak docházelo při dopadu velkých meteoritů — voda migrovala z hloubky k povrchu, kde ihned zmrzla a vytvořila velký plošný ledovec. Pod ním pak už vznikaly obvyklým způsobem vodní toky a vytvořila se i dnešní údolí.

Tyto sebe zajímavější výklady nemohou být samozřejmě opřeny nejen o výzkum těchto měsíčních údolí, ale ani o jakýkoliv jiný výzkum této planety. Jsou to tedy opět spíše jen nápady a řady předpokladů, které nikdy nebude možno ověřit a které tedy nemohou sloužit ani jako pracovní hypotéza při dalším výzkumu.



Nelze jistě považovat za správné, aby všechny erozní představy byly považovány a priori vždy za samozřejmé. Měly by být jistě také řádně zdůvodněny — a to nejen dalšími předpoklady, ale skutečně zjištěnými fakty. Erozní výklady vznikaly totiž dosud zcela volně, nebyly ověřovány ani kritizovány. Tento stav trvá už od doby Peschelovy a bylo by jistě škoda, kdyby i nové exaktní výzkumy a objektivnost zkoumání musely ještě dále ustupovat těmto předpokladům a zdánlivě správným spekulacím.

Literatura

- BORCH C. C., CONOLLY J. R., DIETZ R. S. (1970): Sedimentation and structure of the continental margin in the vicinity of the Otway Basin, Southern Australia. — *Mar. Geol.*, 8, 59—83, Amsterdam.
- DULEMBA J. L. (1968): Sur les accidents tectoniques de la marge continentale. — *Cahiers géogr. Quebec*, 12, No. 27, 451—453.
- KUDUSOV E. A. (1967): Opyt opredelenija sovremennyh vertikalnych tektoničeskich dvičahenij geomorfologičeskim metodom. — *Vopr. geogr. Kamčatki*, vyp. 5, 135—140, Petropavlovsk-Kamčatskij.
- LOYDA L. (1971): Tektonika říčních údolí a nivelační měření [Tectonics of river valleys and levelling observations]. — *Geod. a kart. obzor*, 9, 224—228, Praha.

- MÄLZER H. (1967): Untersuchungen von Präzisionsnivelements im Rheingebiet von Rastatt bis Basel im Hinblick auf relative Erdkrustenbewegungen. — Dtsch. Geodät. Komm. Bayer. Akad. Wiss., Reihe B: Angew. Geodäsie, H. 138, 42 p., München.
- PESCHEL O. (1883): Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche. — 4. Aufl., 215 p., Leipzig.
- PEVNEV A. K., FINKO J. A., ŠAHATSKI V. N., ENMAN V. B. (1968): Mnogoletnije geodezičeskije nabludenija na Garmskom poligone i ich geologo-geomorfolo-gičeskaja interpretacija. — Sovrem. dvizh. zem. kory, 4, 200—238, Moskva.
- ROZANOV L. L. (1968): Novyje dannyje po geomorfologii i neotektonike bassejna srednej i nižnej Pečory. — Izv. AN SSSR, ser. geogr., 4, 106—113.
- SHEPARD F. P. (1969): Morskaja geologija (Submarine geology, 2nd ed.), Nedra, 462 p., Leningrad.
- SCHUBERT G., LINGENFELTER R. E., PEALE S. J. (1970): The morphology, distribution, and origin of Lunar sinuous rilles. — Revs Geophys. and Space Phys., 8, No. 1, 199—224.
- TRUMBULL J. V. A., McCAMIS M. J. (1967): Geological exploration in an East Coast Submarine Canyon from a research submersible. — Science, 158, No 3799, 370—372.

RÜCKZUG DER EROSIONSTHEORIE

In den Ansichten über Entstehung und Entwicklung der verschiedenen Talformen — der Fjorde, der submarinen Cañons, der Flusstäler, sowie der Täler auf dem Monde — kommt es in der letzten Zeit zu einer spürbaren Wendung. Die Fjorde wurden ursprünglich für von Gletschern gestaltete Täler, die submarinen Cañons zuerst für Täler der ins Meer mündeten Flüsse, später dann für Erosionsfurchen, die durch die Wirkung der sog. Sinkstoff-Ströme („turbidity currents“) entstanden sind, gehalten.

Alle diese Ansichten wurden auf der Vorstellung von der Entstehung der Flusstäler aufgebaut. Diese wird immer in kausalem Zusammenhang mit der Anwesenheit von Flüssen und Bächen auf den Talböden gebracht, was allerdings nur eine, durch keine Argumente unterstützte Voraussetzung ist. Trotzdem wird immer wieder von dieser Vorstellung bei allen analogen Taldepressionen auf der Erde, ja sogar bei den Tälern auf dem Monde, ausgegangen (Abb. 1).

Eine eingehende Forschung hat jedoch erwiesen, dass die Fjorde nicht auf erosive, sondern auf tektonische Weise entstehen konnten. Es zeigte sich auch wie unlogisch und übergründet die spekulativen Vorstellungen waren, die die Entstehung der submarinen Cañons auf Grund von Erosion erklärt hatten. Die Spuren tektonischer Bewegungen wurden nicht nur auf ihren Böden, sondern auch auf den Böden und Abhängen der Flusstäler gefunden (Wiederholungsnivelements, Abb. 4). Auch Querschnitte durch die submarinen Cañons und durch die Flusstäler beweisen nur die Ähnlichkeit ihrer Entstehung, (Abb. 2, 3), die in diesen beiden Fällen offensichtlich nicht erosiv sein kann.

Die bisher anerkannten erosiven Deutungen entstanden im Verlauf von 100 Jahren im Grunde genommen spekulativ, wurden weiter entwickelt, jedoch nicht kritisch überprüft. Es handelt sich überwiegend um gedankenmässige Erkenntnisse und Annahmen, die nur zum kleinen Teil belegt wurden, und die man erst gegenwärtig beginnt durch exakte Forschungen zu widerlegen.

Verzeichnis der Abbildungen:

1. Ähnlichkeit des Grundrisses verschiedener Täler:
1 — Sognefjord (Norwegen), 2 — submariner Cañon Monterey (USA), 3 — Eger-Fluss bei Karlsbad (ČSSR), 4 — Ohio-Fluss (USA), 5 — Rille „Rima Hadley“ auf dem Monde.
2. Querprofile: A — submariner Cañon Monterey, B — Grand Canyon, Colorado, USA (Shepard, 1969).
3. Querprofile: A — Flusstal der Petschora. Breite 15 km, Tiefe 150 m (Rozanov, 1968); B — Submariner Cañon Murray. Breite 75 km, Tiefe 3500 m (Borch u. a., 1970).
4. Wiederholungsnivelements im Schwarzwald (1922—39 und 1954—64) weisen auf junge Senkung der Schollen auf den Talböden der Flüsse hin (in mm). Nach Mälzer (1967).