

- SVATKOV N. M. (1974): Osnovy planetarnogo geografičeskogo prognoza. Izdatelstvo Mysl, Moskva, 197 str.
- MALISZ B. (1976): Przysły kształt Polski. Wiedza Powsechna, Warszawa, 240 str.
- ŠULC O. (1976): Abeceda prognostiky. SNTL, Praha, 152 str.
- SIMONOV J. G. (1976): Modeli geografičeskogo vzaimodejstvija dla prognozirovanija evolucii okružajuščej sredy. Vestnik MGU, serija V Geografija, 31/4:3—9, Moskva.
- IVANIČKA K. (1974): Význam a postavenie prognózovania v súčasnej geografii. Geografický časopis XXVI: 267—276, Bratislava.
- SAUŠKIN J. G. — Preobraženskij, V. S., ed. (1976): Perspektivy v geografii. Voprosy geografii 100: 1—253, Izdatelstvo Mysl, Moskva.
- SOČAVA V. B. (1974): Prognozovanie važnejše napravlenie sovremennoj geografii. Doklady Instituta geografii Sibiri i Dalnego Vostoka, 43: 3—15, Irkutsk.

LUDVÍK LOYDA

O EROZNÍ RYCHLOSTI

Jedna ze základních geologických a geomorfologických pouček tvrdí, že „erozní proces“ se skládá z eroze, transportu a sedimentace. Každá z těchto činností vodních toků je také v učebnicích srozumitelně popsána a zdůvodněna, takže o věrohodnosti výkladu nevznikají žádné pochybnosti.

Sedimentace a transport jsou jistě samozřejmostí — lze je také doložit nesčíslnými příklady a lze je i přímo pozorovat, měřit ap. O hloubkové erozi však žádné podobné samozřejmé doklady zatím nejsou k dispozici — aspoň ne o erozi v pevných horninách. Eroze ve zvětralinách a sypkých horninách jistě existuje — ovšem mluví se o ní jako o smyvu, odnosu a přemístování zvětralin, o redepozici sedimentů ap. Jde také skutečně spíše o transport a ne o abrazi tj. o odírání a mechanické rozrušování pevného podloží.

Jako každý jiný přírodní proces ani předpokládaná eroze vodních toků neprobíhá za všech podmínek. Měly by ji jistě ovlivňovat vlastnosti říčního dna i transportovaného materiálu a vůbec celý vodní režim. Všechny tyto faktory se i u jediné řeky stále mění a prakticky není možno vypočítat nebo jinak vyzkoumat a určit míru působení těchto činitelů tj. podmínky, při nichž dochází k erozi (abrazi) pevného říčního dna. Detailní výzkum vlivu každého faktoru, tj. míry jeho působení při změně kteréhokoli z ostatních činitelů v průběhu předpokládaného erozního děje, se proto ani nekonal.

Dosavadní geomorfologické výklady se tedy nejen nemusely, ale ani vlastně nemohly opírat o nic přesného a ověřeného. Tento chybějící výzkum nutně způsobil, že všechny erozní výklady a poučky dodnes jsou jen subjektivními představami — ať už původními nebo převzatými. Příkladem tohoto tvrzení mohou být výklady některých předních českých zastánců erozního procesu, kteří jsou u nás považováni za autority v tomto oboru.

První autor (Hranička 1948, str. 10) říká, že „cílem meandrující řeky je vytvoření takových spádových poměrů, které by jí usnadnily erozi do hloubky. Meandrováním si řeka vytvoří stupně, na nichž může zčásti uplatnit svou erozní

energii". V tomto případě má řeka zřejmě nejen své cíle, ale i prostředky k jejich realizaci. Tato záměrná činnost řeku vlastně do určité míry personifikuje. Cíle- vědomost je ovšem podstatou a základem i pro výklad teleologický.

Podle druhého výkladu (Kunský 1935) je otázka hloubkové eroze asi taková:

- a) „protože hlavní řeky mají větší množství vody, prohlubují více než pobočky, čímž nastává přehlubování hlavního údolí; pobočky pak do něj ústí vodopády nebo přejezdy“ (str. 198),
- b) „je-li síla vytvořená spádem větší než kolik jí je potřeba k odsunu hmot, pak přebytek síly se projevuje erozí“ (str. 198),
- c) hloubková eroze je tedy (nehledíme k vodnatosti, spádu a transportu) tím větší, čím větší je výškový rozdíl mezi svrchním a spodním denudačním nivó“ (str. 202).

Hlavním faktorem je zde tedy jednou množství vody v řece, podruhé spád a potřetí výškový rozdíl mezi pramenem a ústím řeky. Situace je tedy viditelně spleť. Z první poučky totiž plyne, že dolní toky řek, které mají samozřejmě více vody, erodují do hloubky mnohem intenzivněji než méně vodnaté horní části, mající vody evidentně mnohem méně. Labe by mělo erodovat do hloubky mnohem více u Hamburku než v Krkonoších.

Z druhé poučky je naopak zřejmé, že síla vodního toku je dána spádem a měla by být proto vyšší v horních částech řek. Labe by mělo tedy naopak erodovat více v Krkonoších než u Hamburku. Třetí výklad uvádí opět zcela jiné kritérium, nepřihlízející k vodnosti, délce, spádu řeky aj. Hloubkovou erozi lze tedy v y k l á d a t i jakkoli. Jsou známy i případy, kdy dochází ke sporům o větší správnost a vědeckost některého z těchto tvrzení.

Konečně třetí autor (Kettner 1948, str. 104) říká, že:

- a) „čistá voda bez částecek hornin vodním proudem pohybovaných, která teče po rovném a hladkém skalním podkladu, eroduje poměrně málo. Silněji erodovat je však tekoucí voda schopna, přenáší-li částičky a úlomky hornin. Ty zde působí jako „nástroj“, jímž voda svůj podklad narušuje.“
- b) „Je-li skutečná rychlost vodního proudu vyšší než rychlost transportační, užije vodní tok přebytku energie k erozi a prohlubuje své koryto. To je podle Hjulströma rychlost erozní. Jestliže je všechna energie vodního toku spotřebována na dopravu materiálu, pak jde jen o rychlost transportační.“

První Kettnerův výklad vlastně popírá všechny předchozí poučky, protože za hlavní faktor při hloubkové erozi nepovažuje vodu, ale převážně unášený materiál (nástroj). Je zajímavé, že ještě na téže straně učebnice autor tento výklad opět popírá — z druhé poučky totiž jasně vyplývá, že čím méně je transportovaného materiálu, tím méně energie na tento transport musí řeka vynakládat a tím větší část energie jí musí nutně zbývat pro erozi. Z toho opět nutně plyne, že řeka může nejvíce hloubit, netransportuje-li vůbec žádný materiál!

Obě poučky téhož autora si tedy navzájem dokonale odporují. V prvním výkladu eroduje především posunovaný materiál, ve druhém výkladu naopak tento posunovaný materiál vlastně jen řece odebírá energii, kterou by jinak mohla použít k erozi. „Nástroj“ eroze z prvního výkladu se ve druhém výkladu stává naopak její brzdou.

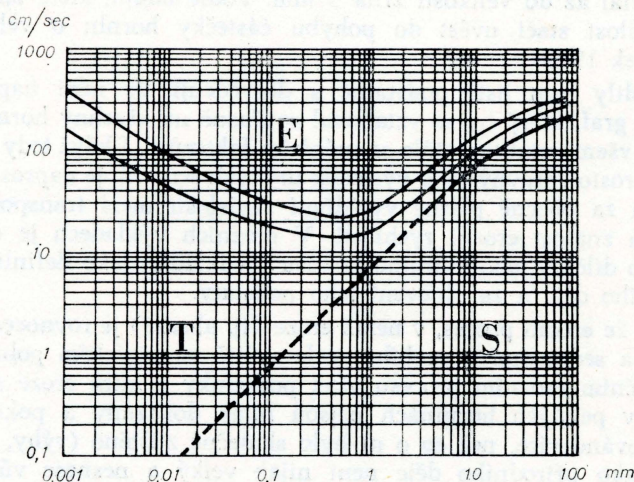
~~Zde~~ je třeba připomenout, že vůbec nejde o zastaralé výklady z doby před třiceti lety, ale o názor, který ve „vědeckější“ formulaci platí stále. Dnes se mluví o kinetické energii vodního toku spotřebované k transportu a o jejím přebytku užitém k erozi. Tvrdí se, že řeky, které spotřebují všechnu kinetickou energii k transportu materiálu, nemohou erodovat.

Základní poučky o říční erozi v pevných horninách jsou tedy — mírně řečeno — poněkud zmatené. Jsou ovšem základem dalších výzkumů a prací jak o jednotlivých řekách, tak o vývoji reliéfu celých oblastí. Vědecká hodnota uvedených základních pouček i výzkumů a prací z nich vycházejících se nemůže lišit a musí být s nimi nutně v celkové relaci.

Je možno věřit, že ke všem těmto základním poznatkům uváděným v učebnicích se došlo vůbec nějakým výzkumem? Formulace pouček zřetelně naznačuje, že podmínky erozního procesu jsou dobře prozkoumány. Proto také je skutečnost taková, že se bezvýhradně věří učebnici. Vědecké myšlení tedy zřejmě ještě ustupuje víře v autoritu.

V původních výkladech se však operuje s termíny „transportační a erozní rychlost“ a Hjulström měl mezi nimi údajně vymezit hranici. Všimněme si proto výsledků jeho práce, která se stala podkladem předkládaného zobecnění.

Hjulström sám se především domnívá, že eroze se dá od transportu odlišit jen velmi nesnadno. Přesto se však pokusil sestavit graf, v němž má být toto odlišení — i když ne zcela přesně — zachyceno (obr.). Příznává však, a to se zřejmě přehlíží, že vzhledem k nejistým údajům větší přesnost grafu zatím není možná („the data, however, are somewhat uncertain“ a dále „owing to the uncertainty of the data...“).



1. Vymezení „erozní“, transportační a sedimentační rychlosti unášeného materiálu (Hjulström 1939).

Jako výsledkům laboratorních pokusů nelze Hjulströmově práci jistě nic vytýkat — pokusy musely být nutně jednostranné, tj. nemohly přihlížet ke všem faktorům, které přicházejí v přírodě v různé míře v úvahu. Nepřihlíželo se tedy:

1. k tvaru říčního dna,
2. k hloubce vody,
3. ke spádu řeky,
4. k horninové stavbě říčního dna, k rozpuštění hornin, směru puklin aj.,
5. ke složení transportovaného materiálu a jeho vlastnostem,
6. k vodnímu režimu řeky aj.

K těmto základním faktorům přírodního prostředí, které sice v experimentu je možno nebo i nutno prominout, ale jejichž znalost je nezbytná při formulování všeobecně platné poučky (jakou je bezesporu výklad o erozní rychlosti a o erozním procesu vůbec), přistupuje ještě vlastní podstata experimentu, která jej dost výrazně odlišuje od průběhu děje předpokládaného v přírodě. Hjulström totiž konal pokusy izolovaně s jednotlivými frakcemi unášeného materiálu tj. zvlášť s frakcí 0,001–0,01 mm atd. Pro jednotlivé frakce získal takto dílčí grafy, které pak spojil do výsledného diagramu. Pro každý graf byla zvolena samostatná logaritmická řada.

Výsledky Hjulströmových pokusů obsažené v diagramu se proto musí lišit od výsledků jiných pokusů, prováděných poněkud odlišným způsobem. Je to pochopitelné a žádný z pokusů tím není nijak zlehčen. Jako příklad mohou sloužit rozdílné údaje o pohybu transportovaných částic při rychlosti proudu 10 a 15 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Podle Hjulströma je při rychlosti 10 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ uváděn do pohybu vlastně všechen materiál až do velikosti zrna 1 mm. Tato rychlost je přitom přibližně i rychlostí erozní. Na rozdíl od tohoto tvrzení zjistili Trumbull a McCamis (1967), že vodní proudění na dně podmořských kaňonů při téže rychlosti ani nepatrně nezmění jemné bahnitě sedimenty. Při rychlosti 15 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ se podle Hjulströma pohybuje materiál až do velikosti zrna 5 mm. Podle údajů, které zjistil W. Ule, však tato rychlost stačí uvést do pohybu částičky hornin o velikosti pouze 0,4 mm (Vitásek 1949).

Zjištěné rozdíly jsou jistě podstatné a dosvědčují, že není naprosto možné sestavit takový graf, který by se vztahoval současně na všechny horniny a přihlížel zároveň ke všem ostatním stále se měnícím faktorům. I když tedy Hjulströmův diagram je naprosto správný jako výsledek určitých pokusů, je naprosto nesprávné, ji-li považován za obecně platné vyjádření závislosti mezi transportem a erozí v přírodě a za znalost erozní rychlosti. V erozních výkladech je ovšem přesto výsledek tohoto dílčího laboratorního pokusu předkládán jako definitivní poznání průběhu erozního děje a za objevení jeho podstaty.

Zatím víme, že erozní proces, v němž eroze (tj. abraze) je rovnocenným členem s transportem a sedimentací, probíhá zcela určitě na mořském pobřeží. V předpokládaném říčním erozním procesu však podmínky a míra eroze a vlastně ani její existence v pevných horninách nejsou nijak dokázány a pokud této erozi nebude přisuzováno více, než co o ní bylo skutečně zjištěno (rýhy, ohlasy), pak její význam jako přírodního děje není nijak velký a nesnese vůbec srovnání s dalšími členy erozního procesu. Říční erozní proces je proto určitě přesněji vyjádřen trojicí faktorů „zvětrávání—transport—sedimentace“.

Literatur

- HJULSTRÖM F. (1939): Transportation of detritus by moving water. — In: Recent marine sediments. A Symposium (ed. by P. D. Trask). Tulsa, Okla, USA, 1939 [reprinted 1954, p. 5–31].
- HRANIČKA J. (1948): Geomorfologické studie ze středních Čech. — Knihovna ČSZ, sv. 15, 50 p., Praha.
- KETTNER R. (1948): Všeobecná geologie III. — 768 p., Praha.
- KUNSKÝ J. (1935): Přehledy zeměpisu. I. Všeobecný zeměpis. — 399 p., Olomouc.
- TRUMBULL J. V. A., McCAMIS M. J. (1967): Geological exploration in an East Coast Submarine Canyon from a research submersible. — Science 158:3799:370–372.
- VITÁSEK F. (1949): Fyzický zeměpis. II. — 444 p., Praha.

ZUR EROSIONSGESCHWINDIGKEIT

Am Beispiel mancher Lehrbücher für Hochschulen werden hier zuerst die geomorphologischen Lehrsätze über die „Erosionsgeschwindigkeit“, die unmittelbar mit dem Begriff des Erosionsprozesses in festen Gesteinen zusammenhängt, erörtert. In den bisherigen erosiven Deutungen gibt es zumindest Widersprüche. Es wird nämlich behauptet, dass fließendes Wasser allein nicht erodieren kann, sondern erst wenn es Bruchstücke von Gesteinen transportiert. Zugleich wird jedoch — und zwar gerade im Falle der „Erosionsgeschwindigkeit“ — behauptet dass „wenn der Flusslauf seine gesamte Energie zum Transport des Material verbraucht, kann er nicht erodieren“. Daraus ist ersichtlich, dass je weniger Material der Fluss transportiert, um so weniger Energie er auf diesen Transport aufwendet und um so mehr Energie ihm daher für die Erosion übrigbleiben muss. Der Fluss erodiert also am stärksten, wenn er überhaupt kein Material transportiert, denn dieses nimmt dem Fluss die Energie ab, die er sonst zum Erodieren nützen könnte. Einmal wird also behauptet, dass Wasser allein nicht erodieren kann, ein andermal wieder, dass am besten Wasser selbst erodiert.

Bei der Deutung der Erosionsgeschwindigkeit wird auf Hjulström (1939) hingewiesen, der angeblich den ganzen Erosionsprozess durchforscht hatte und nachher die Grenze zwischen der Transport- und „Erosions“ — Geschwindigkeit festlegte. In der Tat berücksichtigte Hjulström bei seinen Labor-Experimenten — und es war auch gar nicht möglich sie zu berücksichtigen — die wichtigen und sich stets ändernden Faktoren des natürlichen Milieus, vor allem die Eigenschaften der Böden der Flusstäler und des transportierten Materials, das Gefälle des Flusslaufes, die Durchflussmenge u. A., nicht. Ausserdem unternahm er die Experimente mit einzelnen Fraktionen des transportierten Materials isoliert und die auf diese Weise erhaltenen graphischen Darstellungen generalisierte er in ein Diagramm, das das Endergebnis ermitteln sollte (s. Abb.). Seine Experimente, wie verdienstvoll sie auch sein mögen, kann man daher nicht als eine Entdeckung allgemeiner Gesetzmässigkeiten der Erosionsprozesse betrachten, also als Gesetzmässigkeiten, die in der Natur für alle Wasserläufe und bei allen sich verändernden Bedingungen gelten.

Bisweilen steht fest, dass der „Erosionsprozess“, bei dem die Erosion (d. h. die Abrasion) als gleichwertige Komponente mit dem Transport und mit der Sedimentation erscheint, auf dem Meeresufer festzustellen ist. Bei der Erosion der Flüsse wurde das Mass der Erosion keineswegs bewiesen und soweit man ihr nicht mehr zuerkennt, als das, was tatsächlich festgestellt wurde (Rillen, Glättungen), dann ist ihre Bedeutung als eines grundlegenden Naturprozesses sehr gering. Der Prozess der Flusserosion wird sicher präziser durch die Dreieit der Faktoren „Verwitterung—Transport—Sedimentation“ ausgedrückt.

ANTONÍN IVAN

NĚKTERÉ GEOMORFOLOGICKÉ A GEOLOGICKÉ ASPEKTY VÝSTAVBY ÚDOLNÍCH PŘEHRAD

1. Úvod

Ačkoliv přehrady se staví nejméně již pět tisíciletí (nejstarší známá přehrada Sadd el Katara v Egyptě na Wádi el Garawi byla postavena v letech mezi 2950—2750 př. n. l., N. Smith 1971, s. 1—4), běžným rysem krajiny, zejména kulturní krajiny, se staly teprve v našem století. Jejich mnohostranný užitek je v současné době jednak znásobován omezenými zásobami a vysokými cenami