

LUDVÍK LOYDA

TEKTONICKÝ VZNIK ÚDOLÍ STŘEDNÍ VLTAVY

Řeka Copper River na Aljašce proráží na svém dolním toku hlubokým kaňonovitým údolím pohoří Chugach Mts. První pokusy o objasnění genese tohoto kaňonu patří počátku tohoto století. Tak r. 1903 byl zveřejněn názor, že kaňon je původu antecedentního, r. 1905 se došlo k přesvědčení, že vznikl pravděpodobně pirátstvím. K těmto genetickým představám přistoupila r. 1912 další domněnka a sice o odvodňovací glaciální rýze a konečně r. 1950 i poslední názor o jeho epigenetickém původu. Nichols (1963) uvádí všechny tyto 4 možnosti a sám se přiklání k výkladu antecedentnímu.

Tento jistě poněkud nezvyklý úvod k pojednání o údolí střední Vltavy samozřejmě s tímto tematem regionálně nijak nesouvisí, avšak po stránce přístupu k řešení podobných genetických otázek patří vlastně do téže kategorie. Jestliže vznik kaňonu řeky Copper River je vysvětlován 4 různými způsoby, pak vývoj údolí střední Vltavy také není objasňován jednoznačně. Starší výklad uvádí jeho antecedentní původ (Čs. vlastivěda, 1929), novější názor považuje za správný vznik údolí v důsledku retrogradní erose (Čs. vlastivěda, 1968).

V obou případech — u střední Vltavy i u Copper River — je zcela vyloučeno, aby výsledky řádného výzkumu umožňovaly tolik různých výkladů, které si v zásadě dokonce naprosto odporují. Jejich rozdílnost nasvědčuje, že jde spíše o nepodložené nápady a úvahy, které jen zastírají naši neznalost skutečné povahy přírodního procesu, který říční údolí vytvořil.

V geologických vědách ovšem podobné představy a předpoklady vznikají stále — a to samozřejmě ve formě zcela vážných výkladů, o jejichž správnosti se nijak nepochybuje. Tak např. se dosud předpokládá, že napuštění přehradní nádrže vodou vede k většímu zatížení údolního dna, které pod touto vahou musí klesat (podle principu isostase). Klesající údolní kra přitom svým spodním okrajem samozřejmě zasahuje až do tekutého svrchního pláště, kde dokáže vyvolat i proudění podkorové hmoty (Tarling 1971).

Celá tato odvážná představa vyhlíží sice dynamicky, avšak je složena jen z řady předpokladů, které na sebe plynule navazují — isostatický pokles, velká mocnost velké kry tvořící dno údolí, vznik pokrokových proudů aj. Existence těchto velkých endogenních pochodů je ovšem vyvozena jen z toho, že dno údolí řeky Colorado, zaplavené vodou přehrady Boulder Dam, pokleslo za několik let asi o 40 cm. Vůbec se zde neuvažovalo, zda pokles údolního dna je skutečně vyvolán zátěží vody v nádrži či zda jde o běžný tektonický pohyb, který probíhá v říčních údolích i mimo areál vodní nádrže. Opakovaná nivelační měření by tuto otázku měla jasně rozhodnout (Loyda 1971c).

Řetěz všech těchto spekulací vyvolal ovšem vážné obavy o osud dalších údolních přehrad — např. i naší vodní nádrže Orlík. I když geologická stavba údolí Vltavy a jeho okolí tyto obavy nijak nepodporovala (spoléhalo se zde opět na

vžitý předpoklad, že středočeský žulový pluton je tektonicky zcela stabilní), přece jen byla provedena opakovaná nivelační měření, jejichž výsledky teprve přinesly definitivní uklidnění.

Nedívejme se však na otázku vzniku vltavského údolí z hlediska stavitelů přehrady, ale pokusme se z dosud objevených stop tektoniky poznat povahu pohybů, které vznik celého údolí podmínily. Zatím bylo zcela obecně zjištěno — i když ovšem ne na našem území —, že existuje souvislost tektonických pohybů se změnou geofyzikálních polí (Donabedov, Sidorov 1963; Ražinskas 1968, aj.).

Na gravimetrické mapě ČSSR je právě území střední Vltavy přechodnou zónou, charakterizovanou poklesem hodnot Bouguerových anomálií z -10 na -35 mgl. Také podle geomagnetické mapy je sz. část této oblasti označena za magneticky porušenou a místně velmi odlišnými hodnotami vertikální i horizontální intenzity (Atlas ČSSR, 1966). Seismicky je však celé území relativně klidné.

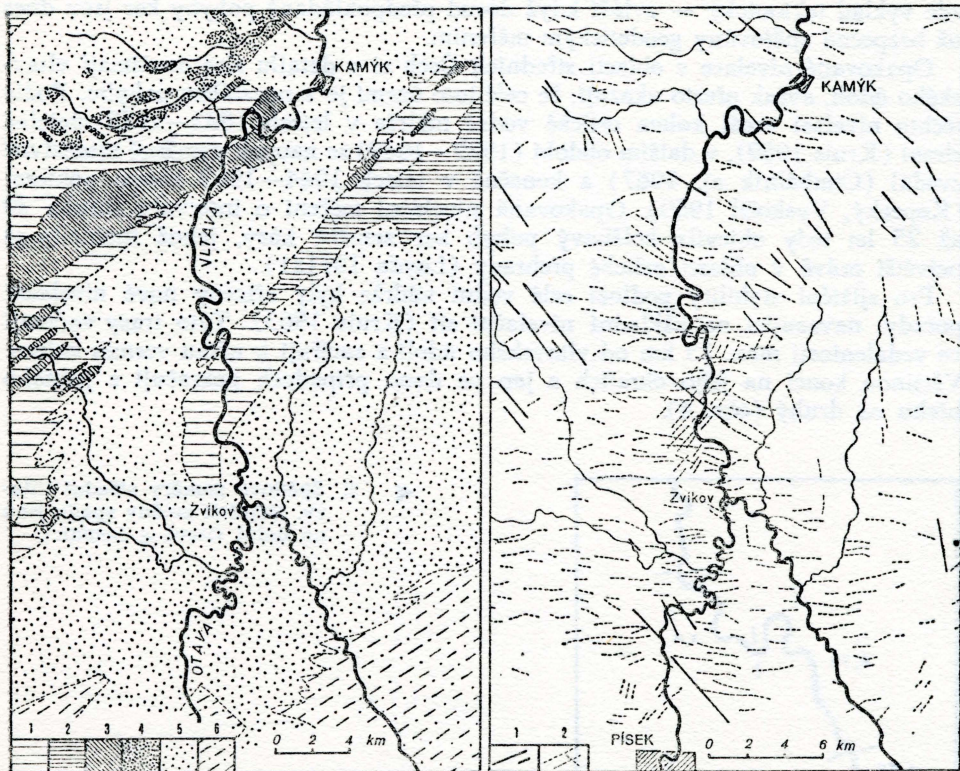
O vlastních procesech, způsobujících změny těchto geofyzikálních údajů ovšem dosud nic nevíme, takže vlastně neznáme ani skutečnou podstatu dnešních pohybů ker zemské kůry (Bulanž 1965). Měřičské metody nám mohou dodat jen údaje kvantitativní, zatímco kvalitativní charakteristiky těchto přírodních dějů musíme teprve hledat. Nehledíme-li však k těmto dosud neznámým vzdálenějším příčinám a zůstaneme-li jen u jevů dostupných našim průzkumným metodám a možnostem, získáme přece jen některé poznatky, které objasnění vzniku říčních údolí mohou dost přiblížit.

Geologická stavba širšího okolí orlické vodní nádrže může zřejmě vyvolávat představu o tektonické stabilitě tohoto území (obr. 1). Nikde zde zatím také nebyla zjištěna ani starší či novější výraznější tektonická linie, která by se dotýkala vltavského údolí, ale ani rozhraní geol. útvarů a petrografických oblastí probíhající v jeho bezprostřední blízkosti.

Středočeský žulový pluton je však přesto silně rozpukán. Hlavní zlomy mají směr sz. a tvoří několik pásem, v nichž se vyskytují i drčené zony mocné až 100 m. Podle těchto zlomů se tektonické pohyby v minulosti několikrát opakovaly (Zikmund 1966). Jako důkaz tektonického porušení však zůstaly nejen ziomové linie, ale i celá síť žil, která je nejhustší právě v blízkosti vltavského údolí (obr. 2).

Silnější rozpukání už ovšem samo o sobě naznačuje možnost tektonického vzniku údolí. Ve Finsku byly tyto vztahy bezpečně zjištěny. Puklinatost hornin v říčních údolích je zde mnohem vyšší než na vodních předělech a také ve vlastních údolích síť puklin je nejhustší uprostřed a řídne směrem k jejich okrajům Niini (1967). Na zemském povrchu jsou ovšem říční údolí jen zcela úzkými zónami, kde tektonický pohyb — pokud zde skutečně existuje — by měl být samozřejmě kontrastnější než na ostatním území. Proto také zde byly stopy po tektonických pohybech objeveny dříve, než mohlo dojít k jejich zjištění opakovaným nivelačním měřením. Neerosní způsob vzniku říčních údolí přestal tedy být pouhým předpokladem (Piotrovskij 1968, aj.). Nazarenko (1967) dokonce zjistil, že střídající se sestupné a vzestupné pohyby ker vytvářejí v říčních údolích série teras.

Tímto odhalením kerných pohybů v oblasti říčních údolí byl vlastně v tektonice konečně objeven reálný faktor, který údolní genezi může skutečně objasnit. Vlastní tektonickou mapku oblasti střední Vltavy (obr. 2) lze ovšem na první pohled využít jak pro výklad tektonický (pohyb ker podle puklin a zlomů), tak pro vysvětlení erozní (usnadnění erose v místech rozpukání). Existenci tektonických pohybů je ovšem možno dokázat jiným způsobem (nějaké stopy se musely zachovat), zatímco pro předpoklad erosi (usnadnění dávno minulé erosi činnosti) nebude už nikdy možno důkaz přinést.



1. Geologická mapa oblasti střední Vltavy: 1 — algonkium metamorfovaných ostrovů; 2 — paleozoikum metamorfovaných ostrovů; 3 — metabasity; 4 — gabbra středočeského plutonu; 6 — ruly a migmatity moldanubika.

2. Tektonická mapa oblasti střední Vltavy: 1 — zlomy; 2 — žíly křemene, porfyru, aplitu aj.

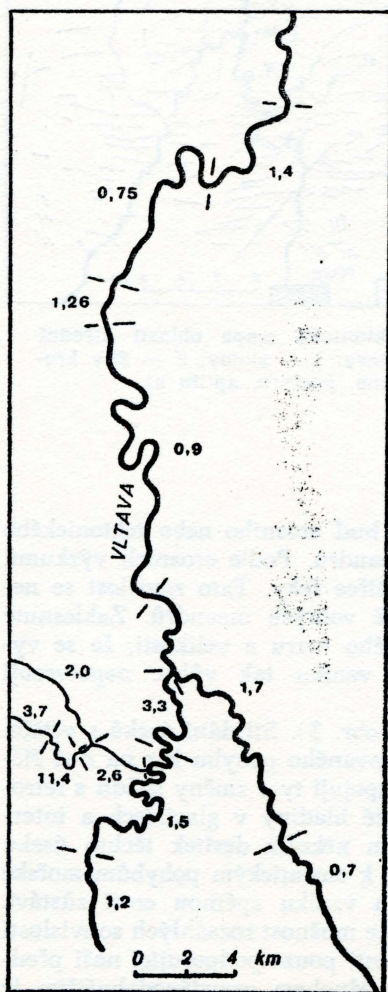
Dalším jevem, který by mohl být potvrzením buď erosiho nebo tektonického způsobu vzniku vltavského údolí, je velikost meandrů. Podle erosiho výzkumů je velikost říčních zákrutů v určitém vztahu k šířce řeky. Tato závislost se nemění ani v případě dalšího zařezávání původně volných meandrů. Zaklesnuté meandry střední Vltavy jsou ovšem tak rozdílného tvaru a velikosti, že se vymykají zjištěným korelacím a erosiho způsob vzniku tak vůbec nepotvrzují (Loyda 1971a).

Podobně je třeba hodnotit i spád říčního dna (obr. 3). Střídání úseků s větším a menším spádem je typickým projevem diferencovaného pohybu ker na dně říčního údolí — i když zastánci erosiho představ spojují tyto změny spádu s retrogradní erosi, vázanou na kolísání úrovně mořské hladiny v glaciálech a interglaciálech. V podélném profilu Vltavy je ovšem několik desítek těchto úseků zvýšeného spádu a tento velký počet může vztah k eustatickým pohybům mořské hladiny jen ztěžovat podporovat. Předpoklad jejich vzniku zpětnou erosiho zůstává proto stále jen nápadem či úvahou, naznačující sice možnost rozsáhlých souvislostí mezi různými přírodními procesy, ale ve skutečnosti pouze podporující naši představu a zastírající vlastně i naši neznalost. Mnohem pravděpodobnějším je

zde výklad tektonický — zvlášť když dosud předpokládané pohyby ker jsou dnes už bezpečně zjišťovány geodetickým měřením.

Opakované nivelace v oblasti středních Čech si v detailu sice nevšímají vltavského údolí, avšak přesto ukazují, že celé toto území je v neustálém pohybu. Podle těchto nivelací areál kolem orlické vodní nádrže v letech 1893—1928 zřetelně klesal (Kruis 1959), v dalším období (1929—1949) se naopak poměrně intenzívně zvedal (Cimbálník aj. 1967) a konečně v letech 1944—1963 znovu poklesal (Kopecký, Vyskočil 1969). Opakovaná niveláčnická měření o intervalu zhruba 20 až 25 let tedy objevila kolébavý pohyb ker zemské kůry, jehož intenzita je největší právě v oblasti orlické přehrady (Loyda 1971a).

Pro zjištění stability podloží celé vodní nádrže byly zřízeny nové niveláčnické pořady, navazující na základní niveláčnickou síť (Kruis 1963). Tyto trasy začínají ve vzdálenosti max. 13 km od vltavského údolí a směřují k němu vesměs kolmo. Většinou končí na jeho okrajích a jen ve dvou případech pokračují z jednoho břehu na druhý (obr. 4).



◀ 3. Spádové poměry střední Vltavy. Největší změny spádu jsou na dolní Otavě a Lomnici.

◀ 4. Nově zřízené niveláčnické linie v oblasti orlické vodní nádrže.

5. Pohyby zemské kůry před napuštěním přehrady, zjištěné opakovanou nivelací v období mezi lety 1957—9 a 1960.

1 — zdvih; 2 — relativní klid; 3 — slabší pokles; 4 — silnější pokles.

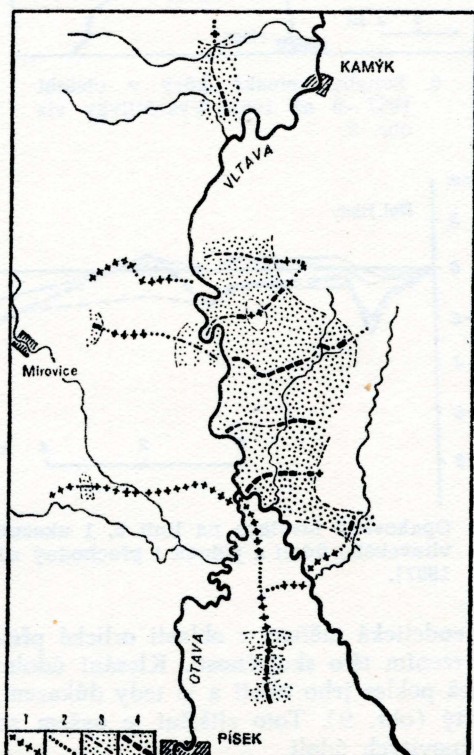
Opakovaná měření zde byla prováděna zvláště přesnou nivelací, charakterizovanou zkrácením délky měřených úseků aj. (Kruis 1967). První měření na těchto nově zřízených nivelačních liniích začalo v r. 1957 a skončilo v r. 1959 a s jeho výsledky byla srovnána i měření další — v r. 1960 (obr. 5), v r. 1961 (obr. 6), v r. 1962 (obr. 7) a v r. 1966. Mezi měřeními v letech 1961 a 1962 pak došlo k napuštění přehrady vodou. Očekávaný vliv vodní zátěže (isostase) se vůbec neprojevil a pohyby zjištěné nivelacemi po napuštění přehrady jsou naprosto téhož charakteru jako pohyby předcházející.

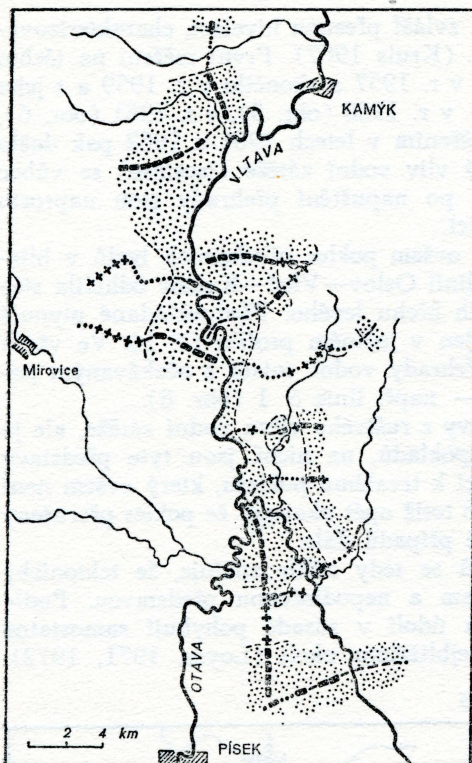
Téměř všechny nivelační linie ukazují ovšem pokles nivelačních bodů v blízkosti vltavského údolí. Pouze měření na linii Oslov—Vůsi—Květov odhalila sice pokles pravého břehu, ale zároveň i zdvih břehu levého. Předpokládané plynulé klesání dna vltavského údolí lze nalézt jen v jediném profilu (č. 3). Ve všech ostatních případech došlo po naplnění přehrady vodou místo k očekávaným poklesům dokonce k přechodnému zdvihům — např. linie č. 1 (obr. 8).

Tato skutečnost jistě vyvrací nejen obavy z rušivého vlivu vodní zátěže, ale je zároveň i vyvrácením isostatických předpokladů, na nichž jsou tyto představy založeny. Údolní dna mají zřejmě tendenci k trvalému poklesu, který ovšem není rovnoměrný ani plynulý. Měření z r. 1966 totiž opět ukazuje, že pokles přerušovaný zdvihem v r. 1962 pokračoval ve většině případů dále.

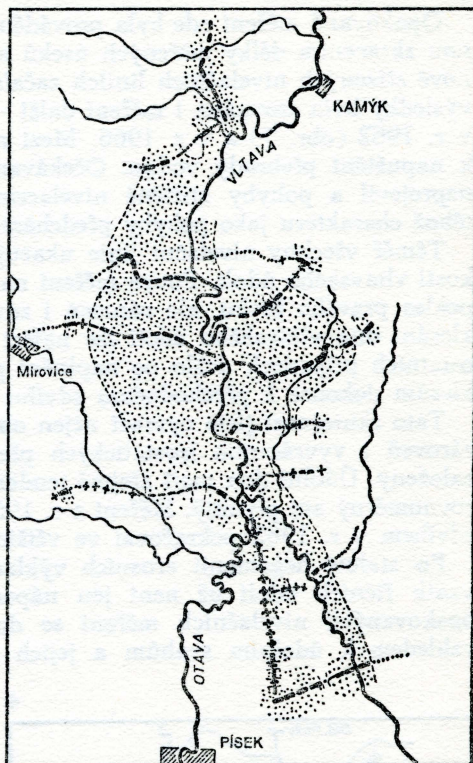
Po staleté hegemonii erozních výkladů se tedy náhle zjišťuje, že tektonický vznik říčních údolí už není jen nápadem a nepodloženou představou. Podle opakovaných nivelačních měření se dna údolí v zásadě pohybují samostatně vzhledem k údolním svahům a jejich nejbližšímu okolí (Loyda 1971, 1972).

4 5

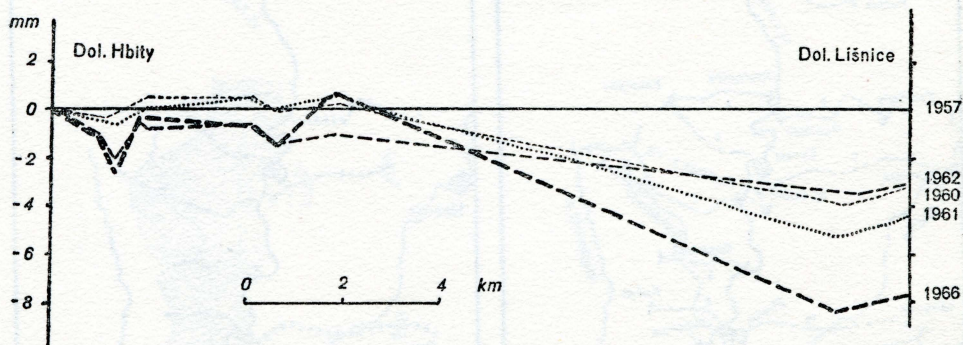




6. Pohyby zemské kůry v období 1957—9 až 1961. Vysvětlivky viz obr. 5.



7. Pohyby ker po napuštění přehrad, v období 1957—9 až 1962. Vysvětlivky viz obr. 5.



8. Opakované nivelace na linii č. 1 ukazují jednak zřetelné klesání nejbližšího okolí vltavského údolí a jednak i přechodný zdvih v období po napuštění přehrad (Kruis 1967).

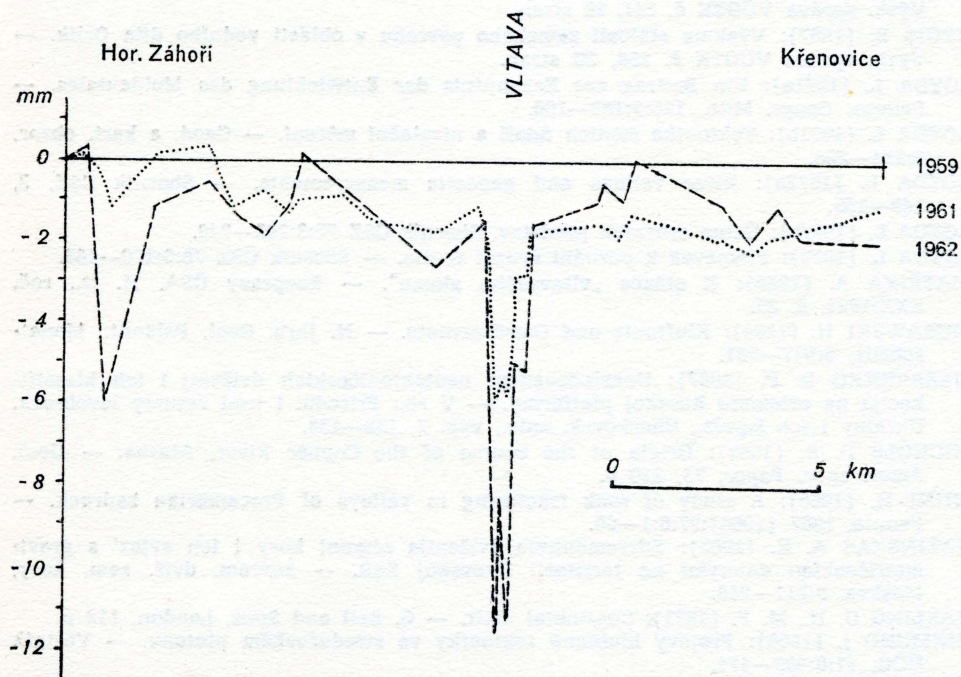
Geodetická měření v oblasti orlické přehrady jsou vlastně už jen detailním potvrzením této skutečnosti. Klesání údolního dna je i zde mnohem intenzivnější než pokles jeho okolí a je tedy důkazem, že charakter pohybů je zřejmě stupňovitý (obr. 9). Toto zjištění je ovšem zcela ve shodě se způsobem vývoje grabenovitých údolí.

Shrňeme-li pak získané výsledky do tabelárního přehledu, pak se zcela jasně ukáže, že původ vltavského údolí je třeba hledat v pochodech tektonických a ne erozních:

podklad, údaje

podporují názor: erozní — tektonický

geofyzika	—	(/)
geologie (mapa)	—	—
tektonika	—	/
spád řeky	—	/
velikost meandrů	—	/
základní nivelace	—	/
detailní nivelace	—	/



9. Měření na nivelační linii č. 13 potvrzují anomální pokles dna vltavského údolí proti jeho okolí (Kruis 1963).

Názor o tektonickém vzniku vltavského údolí se tedy konečně může opřít o skutečně zjištěné důkazy, které erozní spekulací nemohou být vyvráceny. Není přece dost dobře možné, aby původ říčních údolí byl erozní, když výsledky všech exaktních výzkumů ukazují na tektonický způsob jejich vzniku. Proti vžitým erozním představám se ovšem těžko bojuje, protože nejsou vázány na výsledky výzkumu a není jim proto vlastně možno nic konkrétního vyvracet. Lze pouze upozorňovat na jejich rozpornost (Loyda 1971c) a bez ohledu na ně studovat otázku údolní genese od začátku jako zcela nový problém, který si řádný výzkum dávno zasloužil.

Literatura

- BADOUX H. (1968): Remarques sur la morphologie du plateau du Colorado. — Bull. Lab. géol., minéral., géophys. et Mus. géol. Univ. Lausanne, 170, 10 p.
- BULANŽE J. D. (1965): Po povodu izučeniya sovremennykh dvizenij zemnoj kory na stacionarnykh poligonach. — Sovrem. dviž. zem. kory, Tartu 2:338—343.
- CIMBÁLNÍK M., KRUIS B., VYSKOČIL P. (1967): Recent crustal movements in the ČSSR. — Studia geod. et geophys., 11:354—357.
- DONABEDOV A. T., SIDOROV V. A. (1963): O sootnošenijach meždu sovremennymi vertikálnymi dvizenijami zemnoj kory, geofizičeskimi poljami i geostrukturnymi elementy na territorii jevropejskoj časti SSSR. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 224—244.
- KOPECKÝ A., VYSKOČIL P. (1969): Současné vertikální pohyby zemského povrchu v západní polovině českého misívu. — Věstník UÚG, 5: 273—278.
- KRUIS B. (1959): Výzkum svislých pohybů zemské kůry v Československé republice. — Geod. obzor, 2/47:8:149—153.
- KRUIS B. (1963): Výzkum svislých pohybů zemské kůry v oblasti vodního díla Orlík. — Výzk. zpráva VÚGTK č. 141, 10 stran.
- KRUIS B. (1967): Výzkum stálosti zemského povrchu v oblasti vodního díla Orlík. — Výzk. zpráva VÚGTK č. 238, 20 stran.
- LOYDA L. (1971a): Ein Beitrag zur Erkenntnis der Entwicklung des Moldautales. — Peterm. Geogr. Mitt., 115:3:183—190.
- LOYDA L. (1971b): Tektonika říčních údolí a nivelační měření. — Geod. a kart. obzor, 9:224—228.
- LOYDA L. (1972a): River valleys and geodetic measurements. — Sborník ČSZ, 2, 149—155.
- LOYDA L. (1972b): Ústup erozních představ. Sborník ČSZ 77:3:243—249.
- LOYDA L. (1973): Příspěvek k poznání erozní teorie. — Sborník ČSZ 78:3:170—183.
- MATEJKA A. (1922): K otázce „vltavského zlomu“. — Rozpravy ČSA, II. tř., roč. XXX/1921, č. 25.
- MURAWSKI H. (1964): Kluftnetz und Gewässernetz. — N. Jhrb. Geol. Paläont., Monatschrift, 9:537—561.
- NAZARENKO D. P. (1967): Unasledovanost neotektoničeských dvizenij i ich klassifikacija na priemere Russkoj platformy. — V sb.: Prirodn. i trud resursy levobrežn. Ukrainy i ich ispož., Charkovsk. univ., vyp. 2, 132—133.
- NICHOLS D. R. (1963): Origin of the course of the Copper River, Alaska. — Geol. Amer. spec. Paper, 73, 210 p.
- NIINI H. (1968): A study of rock fracturing in valleys of Precambrian bedrock. — Fennia, 1967 (1968):97:6:1—60.
- RAŽINSKAS A. K. (1968): Sovremennye dvizenija zemnoj kory i ich svjaz' s gravimetričeskimi dannymi na territorii Litovskoj SSR. — Sovrem. dviž. zem. kory, Moskva, 3:211—215.
- TARLING D. H., M. P. (1971): Continental drift. — G. Bell and Sons, London, 112 p.
- ZIKMUND J. (1966): Projevy hlubinné tektoniky ve středočeském plutonu. — Věstník UÚG, 41:6:469—474.
- Československá vlastivěda. 1. Příroda. — Praha 1929.
- Československá vlastivěda. Díl I. Příroda, sv. 1, Geologie, fyzický zeměpis. — Praha 1968.
- Atlas ČSSR. — Praha 1966.

ZUR TEKTONISCHEN ENTSTEHUNG DES TALES DER MITTLEREN MOLDAU

Zur erosiven Deutung der Entstehung von Flusstälern schienen bisher gründliche Forschungen und Erkenntnisse der bezüglichen Prozesse in der Natur, nicht nötig zu sein. Infolge dessen hat man sich in manchen Fällen sogar mit mehreren Auslegungen abgefunden. Im Falle der mittleren Moldau wird bei der Entstehung des Tales entweder die Antezedenz oder die rückschretende Erosion vorausgesetzt, bei der Cooper River auf Alaska haben sich schon vier verschiedene Deutungen, nämlich die Antezedenz, das Piratentum, die glaziale Furche und die Epigenese geltend gemacht. Dies bestätigt, wie gründlich diese Frage studiert wurde, wenn heute die Geomorphologen alle Alternative für gleichwärtig und zugleich möglich halten.

In den geologisch-geomorphologischen Deutungen überwiegen in einigen allgemeinen Fragen allerdings noch Spekulationen und blossе Voraussetzungen. So bot z. B. die festgestellte Senkung des Talbodens nach der Auffüllung der Talsperre Boulder Dam Anlass zu einer ganzen Reihe von Erwähnungen. Man nimmt an, dass die Senkung des Talbodens unter dem Gewicht der Wassermasse erfolgte (Isostasie), dass die den Talboden bildende Scholle mit ihrem unteren Rand bis in die flüssige obere Schicht des Erdmantels hineingreift und dort das Strömen der unter der Erdkruste liegenden Masse verursacht usw. Mann begann aus diesen Gründen sich auch um das Schicksal anderer Staubecken zu befürchten.

Im Bereiche der an der Moldau gebauten Talsperre Orlík wurden daher mehrere neue Nivellements in neuen Richtungen unternommen (Abb. 4). Der geologische Bau des Gebietes spricht zwar für vollkommene Stabilität des gesamten unter Wasser stehenden Gebietes (Abb. 1), die tektonische Karte aber deutet schon durch ihr recht dichtes Netz von Adern und Brüchen an eine gesteierte tektonische Aktivität eben in der Umgebung des Moldautales. Auch das Gefälle des Talbodens ist in diesem Abschnitt nicht gleichmässig (Abb. 3) und weist auf junge Bewegungen von Schollen auf dem Talboden hin. Das dürfte auch die anomale Grösse der Moldaumäander, die nicht den Korrelationen zwischen der Breite des Flusses und der Grösse der einzelnen Biegungen entspricht, bezeugen.

Die grundlegenden Nivellements-messungen wurden hier in den Jahren 1957–59 durchgeführt und in den Jahren 1960, 1961, 1962 und 1966 wiederholt, das Staubecken wurde zwischen den Messungen in den Jahren 1961 und 1962 mit Wasser gefüllt. Die Ergebnisse der wiederholten Nivellements werden in den Abb. 5 [Vergleich der grundlegenden Messung mit dem Jahre 1960], 6 (mit dem Jahre 1961) und 7 (mit dem Jahre 1962) gezeigt. Die nach der Füllung des Staubeckens festgestellten Bewegungen hatten denselben Charakter wie vor der Auffüllung. Die Belastung durch die Wassermenge zeigte jedoch keine isostatischen Symptome, im Gegenteil die meisten Nivellierungspunkte in der Nähe des Tales hoben sich vorübergehend (Abb. 8). Es zeigte sich jedoch, dass auch bei ungleicher vertikaler Bewegung der Moldauufer und bei allgemeiner sinkender Tendenz zu sehr starken Sinken des Talbodens kommt (Abb. 9). Da die Senkungen im geringeren Masse auch die unmittelbare Umgebung des Moldautales betreffen, kann ihr stufenartiger Charakter mit der Entwicklung von Graben verglichen werden. Für die tektonische Deutung der Entwicklung des Tales der mittleren Moldau gibt es bereits schwerwiegende Argumente, die zwar unbeachtet bleiben, aber nicht widerlegt werden können. Erst durch weitere Forschungsarbeiten wird es sich zeigen, ob die durch die Betrachtung eines bestimmten Flusstales erzielten Ergebnisse auch anderswo bestätigt werden können. Voraussetzungen hierfür sind zweifelsohne vorhanden.

Verzeichnis der Abbildungen:

1. Geologische Karte des Gebietes der mittleren Moldau: 1 — Algonkium; 2 — Paläozoikum; 3 — Metabasiten; 4 — Gabbro des mittelböhmischen Plutons; 5 — Gneisse und Migmatite des Moldanubikums.
2. Tektonische Karte des Gebietes der mittleren Moldau: 1 — Brüche; 2 — Quartz-, Porphy-, Aplit-, und andere Gänge.
3. Gefällsverhältnisse der Talsohle der mittleren Moldau.
4. Neuerrichtete Nivellementslinien im Gebiete des Staubeckens Orlík.
5. Bewegungen der Erdkruste vor der Füllung des Staubeckens, die durch die Wiederholungsnivellements zwischen den Jahren 1957–9 und 1960 festgestellt wurden. 1 — Hebung; 2 — relativer Ruhestand. 3 — schwache Senkung; 4 — stärkere Senkung.
6. Krustenbewegungen zwischen den Jahren 1957–9 und 1961. Näheres siehe bei Abb. 5.
7. Krustenbewegungen nach der Füllung des Staubeckens; Nivellements in den Jahren 1957–9 und 1962. Näheres siehe bei Abb. 5.
8. Wiederholungsnivellement der Linie Nr. 1 zeigen einerseits deutliche Senkung der Umgebung des Moldautales und andererseits jeweilige Hebung in der Zeitabschnitt nach der Füllung des Staubeckens (Kruis 1967).
9. Messungen der Nivellementslinie Nr. 13 weisen eine anomale Senkung der Sohle des Moldautales im Vergleich mit dessen Umgebung nach (Kruis 1963).