

LUDVÍK LOYDA, PAVEL PODRACKÝ

CORIOLISOVA SÍLA A BAERŮV ZÁKON

L. Loyda: *Coriolis Force and Baer Law*. — Sborník ČSGS 84:4:303--310. — According to the Baer law — often applied in geomorphology — what we call the Coriolis force causes the shifting of water flows regardless of their speed and direction. The author pays attention to the fact that many geomorphological phenomena remain quantitatively unexplained (with the aid of modern mathematical-physical methods). On many examples he shows that in comparison with other agents (wind, oscillations of the streamline, tectonics) the Coriolis force is very small to be of any importance.

V geomorfologii zatím nebylo zvykem označovat genetické výklady — i když jsou všeobecně uznávány — jako přírodní zákony. Přesto však existuje výjimka — Baerův zákon, který není jen výkladem, ale v jehož jádru je i přesný fyzikální výpočet. Proti správnosti tohoto výpočtu nelze jistě nic namítat, ale o správnosti jeho aplikace v Baerově zákoně tu pochybnosti už jsou. Aplikováním se totiž přeshlo z oblasti matematicko fyzikální přesnosti do sféry pouhých úvah a předpokladů.

Podle Baerova zákona posunují toky svá koryta na severní polokouli vpravo a na jižní vlevo. Pochybnosti o správnosti zákona jsou vyvolány tím, že u řek nebyl zatím vliv Coriolisovy síly, která je podstatou tohoto zákona, podrobně analyzován ani jinak dokázán. V pracích z oboru geomorfologie nebyla velikost Coriolisovy síly a tedy skutečná možnost jejího vlivu na posuny vodních toků dosud uvažována.

Teoreticky tato síla působí na každý bod, pohybující se na povrchu rotujícího tělesa. Francouzský fyzik a inženýr Gaspard Gustave Coriolis (1792–1843) odvolil vztah pro výpočet této síly:

$$(1) F_c = 2 m \cdot \omega \cdot v'_{xy}$$

kde v'_{xy} = průmět relativní rychlosti bodu vzhledem k rotující soustavě do roviny kolmé k ose rotace,

ω = úhlová rychlost zemské rotace,

m = hmotnost pohybujícího se tělesa,

Pro těleso pohybující se poledníkovým směrem pak platí:

$$(2) F_c = 2 \omega \cdot \sin \varphi \cdot v \cdot m$$

kde φ = zeměpisná šířka místa,

v = rychlost pohybujícího se bodu (tělesa)

Působením této Coriolisovy síly se původně vysvětlovalo pouze uklánění pásů proti směru zemské rotace tj. na severní polokouli vpravo a na jižní vlevo.

Platnost Coriolisova zákona však byla brzy rozšířena na všechny další větry, at jsou jakéhokoli směru a také na celou hydrosféru. Tuto aplikaci provedl švýcarský přírodovědec Carl Ernst von Baer (1792-1876) a platnost jeho tzv. Baerova zákona je uvažována bez výhrad pro mořské i jezerní proudění a pro všechny vodní toky. Vliv Coriolisovy síly je však předpokládán i u podmořských turbiditních proudů (Rona aj. 1967), při objasňování směru konvekčního proudění (Vening-Meinesz 1964, Howell 1970) ap. Dokázán však zatím nebyl nikde.

Je sice pravda, že pasátová proudění, na které byl výpočet Coriolisovy síly nejdříve aplikován, se v převážné většině uhýbají ve směru působení této síly. Jsou však i výjimky — severní pasát se u Filipín obrací vlevo a také západní větry se před evropskou pevninou uhýbají vlevo ke Skandinávii. U monsunů je změna jejich směru v opačném smyslu zřetelná zvláště ve východní Asii, kde se letní monsun stáčí výrazně vlevo a vane přes Japonsko na pevninu.

Není samozřejmě neznámé ani to, že proud vzduchu směřující do míst tlakového minima se stáčí na obou polokoulích přesně opačně — proti směru působení Coriolisovy síly. Kdyby proto působení této síly mělo povahu dominantní zákonitosti, pak by tak velké množství odchylek nemohlo existovat.

Také aplikace Coriolisovy síly na hydrosféru není o nic více podložena. Pohled na mapu mořského proudění ukazuje zřetelně, že směr proudů po obou stranách rovníku je zcela jiný než směr pasátových větrů — probíhá rovnoběžkovým směrem a teprve u pevniny se proudy uhýbají, a to ve většině případů na obě strany. Změnu směru způsobuje viditelně pevnina. Podobně Golský proud, jehož jedna větev uhýbá vlevo a proniká do Baffinova zálivu a mezi Grónsko a Špicberky Coriolisovu sílu nerespektuje. Vznik rovníkových protiproudů také neodpovídá uvažované zákonitosti, stejně jako hlubinné proudění je opačného směru než proudění povrchové (Stjuart 1971).

Migrace říčních koryt

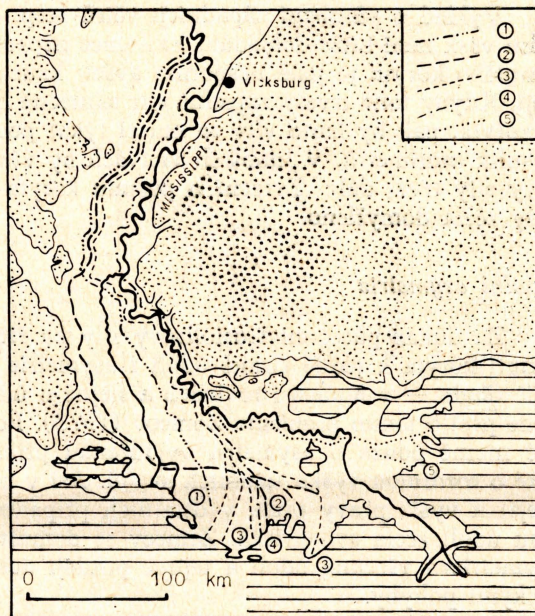
Ačkoli vlivy Coriolisovy síly na posuny říčních koryt nebyly podrobně nikde zkoumány, přece jsou jako faktor, který tuto migraci způsobuje stále uznávány. Vzhledem k tomu, že říční sedimenty bývají často hrubozrnné a nehomogenní, pak optimální podmínky pro sledování působení Coriolisovy síly najdeme asi jen v deltách velkých řek, kde se vodní proud pohybuje v nejjemnějších nepevných sedimentech. Přesto však právě zde vodní toky různě meandrují nebo překládají svůj tok zcela volně, bez zřejmého ovlivnění Coriolisovou silou.

Potvrzením správnosti tohoto tvrzení je delta řeky Mississippi (obr. 1), protažená téměř poledníkovým směrem. V rovnoběžkovém směru však také dochází k posunům ramen — např. u Orinoka, Amazonky a nejzřetelněji u Chuang-che (obr. 2). V tomto případě vyvolává silnou migraci říčního koryta kolébavý pohyb kry Šantungského poloostrova, jejíž sz. a jz. okraj řeka sleduje.

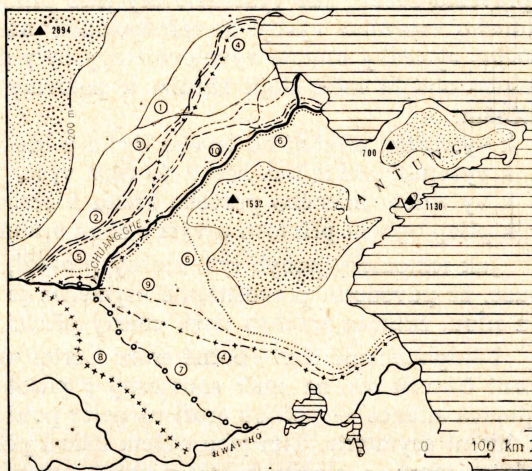
Kerné pohyby byly objeveny i v podmořských částech delt — např. u řeky Frazer (Mathews aj. 1970), u Nilu (Kenyon aj. 1975) ap. Je provděpodobné, že už samotný vznik delty je podmíněn tektonickým rozdrobením okraje pevniny a diferencovaným pohybem jednotlivých ker. K podobnému závěru dochází i Targejeva (1968) na základě studia geologických poměrů typicky vějířovitých delt velkých řek.

Na otázku vlivu Coriolisovy síly na posuny říčních ramen v deltě je nutno se dívat blíže. Kdyby totiž v deltách, jejichž rozloha dosahuje někdy i desítky tisíc km², se vliv Coriolisovy síly skutečně výrazně projevoval, pak by nemohlo docházet k vytváření ramen různých směrů a tedy ke vzniku delty vůbec. Řeka

1. Překládání koryta v deltě a dolním toku řeky Mississippi, probíhající proti směru působení Coriolisovy síly (Longwell—Flint 1955, Thornbury 1969). 1 — tok řeky před 3 000 lety, 2 — před 1 600 l., 3 — před 1 500 l., 4 — před 800—900 l., 5 — před 700—800 lety, 6 — od 16. století.



2. Překládání koryta řeky Chuang-che od r. 2 278 př. n. l. do dnešní doby. Posuny proběhly v tomto pořadí: 1—2—3—4—3—4—3—4—3—5—6—7—6—8—6—8—6—7—4—6—9—7—9—10—8—10—3—10. Vliv Coriolisovy síly se při tomto překládání zřejmě neprojevil.



by musela vytvořit jediné řečiště posunuté na severní polokouli vždy jen k pravému břehu údolí či okraji naplavené roviny. Ve skutečnosti je faktor způsobující větvení toku a migraci jeho ramen zatím zřetelně silnější než Coriolisova síla.

Z obrázku č. 1 plyne, že řeka Mississippi posunula své koryto i ve svém dolním toku opačně tj. k levému břehu údolí. Tato skutečnost byla pohotově „objasněna“ působením převládajících západních větrů. Předpokládá se, že tyto větry zde hrnou říční vodu k levému břehu koryta. Tím dochází k jednostranné bočné erozi v údolní nivě a k posunu koryta k levému okraji údolí.

Výklad o působení západních větrů resp. o jejich převaze nad Coriolisovou silou však není blíže dokládán. Existence západních větrů i Coriolisovy síly a posunutého koryta je jistě nesporná, avšak kauzální spojitosti z ní nijak nevyplývají. Kdyby totiž trvalý západní vítr skutečně naháněl říční vodu k levému okraji koryta, pak by tento vliv se musel týkat pouze povrchové vrstvy vody, mocné několik centimetrů. V hlubších vrstvách by však mělo výrazné působení Coriolisovy síly trvat dále. Tvrzení o posunu koryta působením západních větrů není tedy zcela domyšleno.

Údolní asymetrie

Za důkaz působení Coriolisovy síly na říční toky je považována kromě posunutí koryta k jedné straně údolí i asymetrie údolních svahů. Vyskytuje se téměř všude — v horách i rovinách a stejně u údolí přímých i točitých. V poslední době psal o tomto problému Zemcov (1973). Podle něj však nejde v Západosibiřské nížině pouze o asymetrii vyjádřenou příkřejším pravým břehem údolí, ale také o rozdílnou výšku údolních svahů. Asi v polovině uváděných případů je příkřejší a vyšší pravý břeh, v ostatních případech je asymetrie levostranná nebo jsou údolí zcela symetrická. Zemcov se domnívá, že původně byla pravostranná asymetrická všechna údolí a teprve později došlo k porušení tohoto stavu tektonickými pohyby.

Předpokládá se tedy delší počáteční období, kdy řeky nejen vytvořily hlubokou erozi svá údolí, ale vlivem Coriolisovy síly průběžně sunuly svá koryta k pravému břehu, kde vymodelovaly jeho příkrý svah. Po skončení tohoto stadia klidného erozního vývoje se předpokládá nástup dalšího období tektonického, v němž výsledky minulé vývojové etapy byly do značné míry porušeny. V tomto druhém období mělo dojít zhruba u poloviny pravostranných údolí k značným změnám:

- k vytvoření příkřejšího levého břehu z břehu původně mírného,
- k vysunutí příkřejších břehů do větší výše,
- k vytvoření mírného pravého břehu z břehu příkrého,
- k přizpůsobení příkrosti a výšky obou svahů.

Jak tektonický pohyb tyto změny provedl, Zemcov blíže nevysvětluje. Uvádí pouze, že původcem pravostranné asymetrie je bočná eroze dirigovaná Coriolisovou silou, zatímco všechny další změny přičítá tektonice.

Předpokládané řízení bočné eroze Coriolisovou silou však nutně omezuje tuto erozní činnost jen na směr souhlasný s působením této síly. Vzniká tak ovšem zajímavá situace — bočnou erozi už nelze použít k vysvětlení jiné než pravostranné údolní asymetrie. Tím jsou ovšem dále i přímo vynuceny výklady o vlivu západních větrů, o složitých tektonických změnách ap. Přitom však v základních poučkách o říční erozi nikde není zmínka o tom, že by bočná eroze mohla působit jen jedním směrem. Zastánci erozního výkladu údolní asymetrie v důsledku působení Coriolisovy síly přisuzují vlastně vedoucí úlohu v tvorbě dnešních údolí nepřímo tektonice.

Je ovšem zřejmé, že porušení původně pravostranné údolní asymetrie jakýmkoli vlivy nemůže znamenat také konec působení Coriolisovy síly. Ta musí stejnou silou působit na proudící vodu dále tj. zvýšeným tlakem na pravý břeh. Bočná eroze by tedy v tomto smyslu měla dále pokračovat a říční koryto by mělo mít všude převážně příkřejší pravý břeh — i když by bylo vlivem tektoniky posunuto dále od pravého okraje údolí. To však nebylo nikde zjištěno.

Nakonec je třeba připomenout i to, že žádný z autorů, opírajících své výklady o působení Coriolisovy síly, neuvádí její velikost. Operuje se tedy s málo známým faktorem, jemuž je přisuzována intenzita vždy tak velká, aby stačila k podpoře výkladu. Je proto jasné, že vliv Coriolisovy síly můžeme v této neurčité formě předpokládat všude, avšak jeho všeobecnou platnost je třeba dále zkoumat.

Hodnota Coriolisovy síly

Všechny příklady uvedeného působení Coriolisovy síly na vodní toky jsou tedy založeny jen na znalosti existence této síly, avšak nejsou podloženy znalostí její velikosti. Neuvažuje se o tom, že by snad Coriolisova síla mohla být jen slabá a tedy nezpůsobila k vyvolání zásadní migrace říčního koryta.

V geomorfologii se také předpokládá, že tato síla působí všude a že směr toku vodního proudu není rozhodující. Zde jsme u prvního vážného omylu — fyzika nás totiž učí, že směr působení Coriolisovy síly leží v rovině kolmé k ose rotace. Pohybuje-li se tedy hmotný bod rovnoběžně s touto osou, je průmět jeho rychlosti do roviny kolmé k ose rotace nulový a Coriolisova síla je nulová. Rovněž je-li bod vzhledem k rotující soustavě v klidu, pak vymizí Coriolisova síla a zbývá už jen síla odstředivá (Horák aj. 1960, str. 168).

Jestliže velikost Coriolisovy síly je na rovníku nulová, minimální ve směru rovnoběžkovém a zvětšuje se až při odchýlení vzdušného a vodního proudu od tohoto směru, pak ve směru poledníkovém dosahuje maxima. Z jejího vzorce (1) vyplývá, že relativně neměnná je v něm jen úhlová rychlost zemské rotace. Změny ostatních členů její hodnotu silně ovlivňují. Uvažme příklad, že na 10^0 s. š. teče několik vodních toků poledníkovým směrem stejnou rychlostí 3 m.s^{-1} . Tabulka 1 ukazuje, jak změna průtoku ovlivňuje velikost Coriolisovy síly.

Tabulka 1. Hodnoty v newtonech (N); $1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$:

průtok:	1	2	5	10	100	1000	$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$
Coriolisova síla	0,075	0,15	0,37	0,74	7,45	74,53	

Narůstání hodnoty Coriolisovy síly je v lineární závislosti na průtoku a na rychlosti proudění. Rychlosti vodních toků jsou však rozdílné a ke změnám dochází i v jejich jednotlivých úsecích. Pro průtok $1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ukazuje změny velikosti Coriolisovy síly pro nejběžnější rychlosti vodních toků v různých zeměpisných šířkách tabulka 2.

Tabulka 2. Hodnoty v milinewtonech.

zeměp. šířka	rychlost vodního toku v m.s^{-1}							
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
0^0	—	—	—	—	—	—	—	—
10^0	4,9	12,7	24,5	37,3	51,0	74,5	122,6	245,2 mN
20^0	9,8	24,5	49,0	73,5	98,1	149,1	247,1	494,3 mN
30^0	14,7	35,3	71,6	106,9	143,2	214,8	357,9	715,9 mN
40^0	18,6	46,1	92,2	138,3	183,4	275,6	459,0	917,9 mN
50^0	21,6	54,9	109,8	164,8	219,7	329,5	549,2	1098,3 mN
60^0	23,5	61,8	123,6	185,3	237,3	360,9	617,8	1235,6 mN
70^0	26,5	67,7	134,4	202,0	268,7	403,1	671,8	1343,5 mN
80^0	28,4	70,6	141,2	210,8	282,4	423,6	706,1	1412,2 mN

Velikost Coriolisovy síly v procentech celkové síly, kterou působí na své podloží protékající voda za 1 s, lze zhodnotit jednoduše. Jestliže např. je velikost Coriolisovy síly působící na jeden m^3 protékající vody rovno 9,8 mN (1 p), pak u 1 dm^3 je její hodnota $1 \cdot 10^{-4}$ tj. 0,0001 %, pro 4,9 mN (0,5 p) činí 0,00005 % apod. Např. u Labe, které na 52¹ s. š. v NDR má rychlost 0,5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, je tlak na pravý břeh u každého protékajícího $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ větší o 55,9 mN než tlak na břeh levý, tj. vyšší o 0,00005 %. Při průtoku cca 500 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ činí toto zvýšení tlaku 28,4 N. Tyto hodnoty platí ovšem jen pro poledníkový směr a optimální poměry říčního koryta. Jsou-li v jeho příčném profilu prohlubeniny, vyvýšeniny či ostrovy, pak část bočního tlaku je jimi zachycena a Coriolisova síla se na pravém břehu koryta neprojevuje v plné míře.

U menších vodních toků, např. u Jizery s průtokem něco přes 20 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a u Botiče s průtokem cca 0,5 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, jsou hodnoty Coriolisovy síly už tak malé, že nikdo nemůže pochybovat o jejich bezvýznamnosti. Oba toky tekou přibližně na 50⁰ s. š. rychlostí cca 1 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. U Jizery je hodnota Coriolisovy síly 2,2 N, u Botiče dokonce jen 54,9 mN. Přitom tyto hodnoty jsou opět odvozeny jen pro směr poledníkový, v němž je hodnota Coriolisovy síly největší. U Amazonky, která teče téměř rovnoběžkovým směrem, je sledovaná hodnota Coriolisovy síly právě z tohoto důvodu blízká nule.

Aplikace Baerova zákona

Podle Baerova zákona působí Coriolisova síla posuny vodních toků, ať mají jakoukoli rychlost i směr. O minimální hodnotě této síly u toků rovnoběžkového směru byla již zmínka. Zbývá však blíže si všimnout této rychlosti z jiného hlediska.

Je zřejmé, že kmitání proudnice, jímž je vyvoláno meandrování vodních toků, musí být silnější než působení Coriolisovy síly — jinak by totiž nemohly vznikat zákruty se šířidajícími se břehy nánosovými a nárazovými, ale řeky by erodovaly bočně jen jednostranně, přísně ve smyslu působení Coriolisovy síly.

Turbulentní pohyb tekoucí vody a tedy kmitání proudnice a tvorba meandrů však začínají už při rychlosti vodního proudu 0,03 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Je-li při vyšší rychlosti vliv Coriolisovy síly převážen tímto kmitáním, pak aspoň při menší rychlosti než 3 $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ by se působení této síly mělo projevit výrazně — kdyby ovšem touto rychlostí vodní toky vůbec tekly. Je totiž známo, že v dolních tocích řek je proudění nejpomalejší a přesto dosahuje rychlosti 0,2–0,5 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. To je stále ještě o řád více než rychlost nutná k zániku turbulentního pohybu, který je hlavní překážkou v projevu Coriolisovy síly.

Rychlosti menší než 0,03 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ se jistě mohou vyskytovat v jezerech, v průtočných vodních nádržích, nad jezy ap. Výjimečně by touto rychlostí mohla proudit voda v kratších úsecích nížinných řek. V uvedených případech však takový proud nemůže vyvolat žádnou „erozi“. Hodnota Coriolisovy síly je při této rychlosti zanedbatelná — např. v našich šířkách je její hodnota rovna 2,2 mN na každý protékající 1 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. U toku velikosti Jizery by tedy byla cca 49 mN. u Botiče jen 1 mN a to opět jen v optimálních poměrech.

Hodnota Coriolisovy síly za konkrétních podmínek je v erozních výkladech veličinou málo používanou, i když jejímu působení je přisuzován základní význam. Z tohoto faktu nutně vyplývá:

— neujasněnost vztahu Coriolisovy síly k jevům vyvolávajícím kmitání proudnice při meandrování, tj. i k podmínkám, při nichž by k této dirigované erozi mělo docházet,

— zanedbávání dalších faktorů, jako např. vlivu tektonických pohybů na změnu asymetrie říčních údolí atp.

Děje a jevy, s nimiž se v erozních výkladech operuje, zůstávají tedy v podstatě kvantitativně nevyhodnoceny. K tomu je možno přičíst i další, méně důležité nedostatky — mnohovýznamnost pojmu „eroze“ (Loyda 1978), která jednoznačně erozní výkladů vlastně předem vylučuje.

K hypotézám o původu asymetrie říčních údolí působením Baerova zákona lze však v současné době připojit konkrétní výsledky studií, které jsou pro poznání údolní geneze mnohem důležitější. Tak Milenko (1970) zjistil v povodí Severního Donce, že údolí nejsou asymetrická tam, kde se území zvedá, ale že asymetrie vzniká teprve v oblastech klesajících. Podobný vliv mladé a recentní tektoniky na vývoj údolí byl zjištěn i v dalších případech (Januševič ai. 1972, aj.). Ulomov aj. (1976) při studiu pohybů okrajů tektonicky vzniklých trhlin dokonce objevil, že každé změně šířky trhliny odpovídá zvednutí některého jejího okraje. Tím je jasně naznačen směr výzkumných prací, které vedou k odpovědi na otázky, jak dochází ke změnám výšky údolních svahů a ke vzniku asymetrie.

Jestliže vezmeme v úvahu fakt, že Coriolisova síla je slabší než síla větru i než kmitání proudnice vodních toků a jestliže dále uvažujeme vznik údolní asymetrie a posunů koryta na dně údolí jako výsledek tektonických faktorů, pak je zřejmé, že vliv Coriolisovy síly se u vodních toků vlastně nikde dominantně neprojevuje a ani projevit nemůže. Tzv. Baerův zákon je proto pouze předběžnou představou o skutečných přírodních zákonitostech.

Literatura

- BAT' M. I., DŽANELIDZE G. Ja., KEL'ZON A. S. (1971): Teoretičeskaja mechanika, T. 1. Nauka, Moskva, 512 s.
- HORÁK Z., KRUPKA T., ŠINDELÁŘ V. (1960): Technická fyzika., SNTL, Praha, 1 436 s.
- HOWELL B. F. Jr. (1970): Coriolis force and the new global tectonics. — J. Geophys. Res., 75:14:2 769—2 772.
- JANUŠEVIČ J. D., OSTROVSKIJ A. B. (1972): K istorii formirovanija rečnych dolin južnogo sklona Severo-Zapadnogo Kavkaza. — Geomorfologija, 1:93—99.
- KENYON N. H., STRIDE A. H., BELDERSON R. H. (1975): Plan views of active faults and other features on the lower Nile cone. — Bull. Geol. Soc. Amer., 86:12:1 733—1 739.
- LONGWELL C. R., FLINT R. F. (1955): Introduction to physical geology. — N. York — London, 432 s.
- LOYDA L. (1978): Víme, co je to říční eroze? — Sborník ČSZ, 83:4:258—265.
- MATHEWS W. H., FYLES G. I., NASMITH H. W. (1970): Postglacial crustal movements in southwestern British Columbia and adjacent Washington State. — Can. J. Earth Sci., 7:690—702.
- MILENKO O. V. (1970): Pro asimetrija dolyn rik v severnoj častyni basejnu Šiver'skogo Dincja. — Fiz. geogr. ta geomorfol. Mižvid. nauk. zh., 2:97—99.
- RONA P. A., SCHNEIDER E. D., HEEZEN B. C. (1967): Bathymetry of the continental rise off Cape Hatteras. — Deep-Sea Res., 14:625—633.
- STJUART R. V. (1971): Atmosfera i okean. — In: Okean, Moskva, 44—61.
- TAGEJEVA V. (1968): Del'ny kak pokazateli tektoničeskich uslovij. — Bjuł. Mosk. obšč. ispyt. prirodv. old. geol., 43:2:16—35.
- THORNBURY D. W. (1969): Principles of geomorphology. — N York—London—Sydney — Toronto, 594 s.
- ULOMOV V. G., VIŠNJACKIJ G. B., ŽUMABEKOV U. (1976): Instrumental'nyje nabljudenija za razvitijem treščinovatosti v zone Central'no-Kyzylkumskich podnjatij. — Uzb. geol. ž., 6:47—51.
- VENING-MEINESZ F. A. (1964): A cause of changes of the secular geomagnetic field. — Proc. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., Geophysics, Ser. B, 67:4:341—343.
- ZEMCOV A. A. (1973): Assimetrija rečnych dolin Zapadno-Sibirskoj ravniny. — Izv. Vses. geogr. obšč., 2:142—148.

DIE CORIOLISKRAFT UND DAS BAERGESETZ

Die Corioliskraft wirkt sich bei jedem Punkt aus, der sich auf der Oberfläche des rotierenden Körpers parallel mit der Rotationsachse bewegt. Die Formel für die Corioliskraft in der Meridianrichtung lautet:

$$2\omega \cdot \sin \varphi \cdot v' \cdot m$$

wobei bedeuten

ω — die Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation

φ — die geographische Breite

v' — die Geschwindigkeit des sich bewegenden Punktes (Körpers)

m — Masse des Körpers

Die Wirksamkeit dieser Kraft sah man ursprünglich nur in der Abneigung der Passatwinde in der Gegenrichtung zur Rotation der Erde. Später glaubte man ihren Einfluss bei allen Windarten, sowie bei allen Meeresströmungen und Flüssen, und zwar ohne Rücksicht auf deren Richtung, zu beobachten. Ihre Anwendung auf die Wasserläufe stellt das sog. Baergesetz dar. Im Sinne dieses Gesetzes bewirkt die Corioliskraft eine einseitige Steigerung des Druckes der Wassermasse auf ein Ufer des Flussbettes und dem zufolge eine Steigerung der Erosionskraft des Wasserlaufes in dieser Richtung und somit des Prozesses der Unterhählung des einen Ufers und nachfolgend der Verschiebung des Flussbettes in entsprechender Richtung. Schwerwiegend ist die Tatsache, dass die Corioliskraft nie quantitativ im Gelände gestellt wurde. In keinem Falle handelt es sich um eine Gesetzmässigkeit, da aus dem Gelände auch eine ganze Menge von gerade gegensätzlichen Fällen der Abneigung von der Luft- und Meeresströmungen bekannt ist und da auch die Flüsse ihre Betten gerade in verkehrter Richtung verschieben (Abb. 1, 2).

Die Corioliskraft wirkt sich nicht in allen Richtungen gleich aus. Bei der Bewegung in der Richtung des Parallelkreises gleich ihr Wert Null, bei der Bewegung in der Meridianrichtung ist sie dagegen am grössten. Die Werte der Corioliskraft — bei einer ständigen Durchflussmenge von 1 m³/s und ungleicher Geschwindigkeit des Stromes — für verschiedene geographische Breiten berechnet enthält Tab. 2. Der Wert der Corioliskraft in der Meridianrichtung wird dort in mN angegeben.

Die Deutung der Verschiebungen von Flussbetten aufgrund der Corioliskraft (des Baergesetzes) ist offensichtlich unrichtig, da der Wert dieser Kraft im Grunde genommen mengenmässig unbedeutend ist. Bereits die Schwingung der Stromlinie beim Mäandrieren ist doch beiderseitig und ist daher offensichtlich stärker als die einseitige Wirksamkeit der Corioliskraft. Auch wurde nicht festgestellt, dass die rechten Flusswindungen grösser wären oder dass sie schneller entstünden u. d. ä. Die Schwingung der Stromlinie beginnt dabei erst bei einer Geschwindigkeit der Stromlinie von 0,03 m/s. Die Ströme fliessen jedoch auch in ihren langsamsten Abschnitten zehnmal schneller, nämlich mit einer Geschwindigkeit von 0,2–0,5 m/s. Wenn z. B. der böhmische Fluss Jizera, bei einer Durchflussmenge von cca 20 m³/s mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s fliesst, dann ist der Wert der Corioliskraft in der optimalen meridionalen Richtung 2,2 N. Wenn der Fluss aber mit einer Geschwindigkeit von 0,02 m/s fliessen würde, dann würde die Corioliskraft auf 49 mN sinken. Bei Bächen mit einer Durchflussmenge vom 1 m³/s würde sie sich sogar auf nur 1,96 mN vermindern.

Es ist daher klar, dass die Corioliskraft zu schwach ist — schwächer als die Stärke der Winde und die Schwingung der Stromlinie der Wasserströme. Sowohl die Entstehung der Talasymmetrie, als auch die Verschiebungen des Flussbettes sind also anderen Faktoren zuzurechnen. Das sog. Baergesetz ist daher nur als eine Gedankenkonstruktion, nicht aber als ein wahres Naturgesetz, zu werten.

Abb. 1. Verschiebungen des Flussbettes im Delta des Mississippi, die in der Gegenrichtung zur Corioliskraft verlaufen (Longwell—Flint 1955, Thornbury 1969).

1 — Stromlauf des Mississippi vor 3 000 Jahren, 2 — vor 1 600 J., 3 — vor 1 500 J., 4 — vor 800–900 J., 5 — vor 700–800 J., 6 — vom 16. Jahrhundert.

Abb. 2. Verschiebungen des Flussbettes des Hwang-ho seit 2 278 v. u. Z. bis zur Gegenwart. Zu den Verschiebungen kam es in der Reihenfolge: 1–2–3–4–3–4–3–4–3–5–6–7–6–8–6–8–6–7–4–6–9–7–9–10–8–10–8–10. Eine Auswirkung der Corioliskraft machte sich also danach nicht bemerkbar.