

LUDVÍK LOYDA

NEOTEKTONIKA V GEOMORFOLOGII

Počátky zjišťování pohybů v kůře zemské, resp. jejich důsledků, jsou velmi starého data. První zmínky o nich pocházejí od řeckých filosofů Xenofana, Herodota, Thaleta aj., kteří podle nálezů zkamenělin mořských živočichů došli k názoru, že moře kdysi pravděpodobně pokrývalo pevninu. Pythagoras a Aristoteles už dokonce mluví o rytmických pohybech moře a souše. Stále četnější byly objevy mořských zkamenělin a našly se i staré stavby a celá města trvale nebo občas zaplavená mořem, ale teprve 18. a 19. století se pokusilo vytvořit vědecká vysvětlení. Vznikly první názory na vznik Země a jejího povrchu, první představy o pohybech v kůře zemské a začala se tvořit odborná terminologie. Současné pohyby zemského povrchu, vyjma při větších zaměťřeních, bylo však do té doby možno sledovat pouze podle změn úrovně mořské hladiny, tj. podle kolísání přímořské čáry.

P r v n í m ě ř e n í p o h y b ů. Studium vertikálních pohybů zemského povrchu je prováděno nejdéle v Holandsku a ve Skandinávii. V Holandsku tyto nepatrné pohyby, naprosto unikají běžnému pozorování, na sebe samy upozornily a svými důsledky přímo nutily člověka, aby se jimi zabýval a snažil se najít jejich podstatu. Byla to nejen životně důležitá stavba ochranných hrází na mořském pobřeží a podél dolních toků řek, ale hlavně jejich neustálá údržba. Nivelace jedné z velkých hrází byly provedeny už v r. 1552. Roku 1575 zeměměřič Vierlingh zjistil klesání hrází ve velkém měřítku a radil provádět každých 7 let opakovanou nivelaci. Byl si vědom, že těžké hráze klesají více než jejich okolí, a navrhoval proto umísťovat měřičské značky raději ve volné krajině než na hrázích a budovách. Později, r. 1682, dal amsterodamský purkmistr Hudde zasadit do hrází 8 mramorových kamenů. Jejich pokles byl do r. 1860 nepatrný, ale později se značně zrychlil a dnes zůstal jen jeden — ostatní zmizely v hloubce. Pozorované poklesy hrází i budov jsou ovšem z valné části výsledkem sedání podloží vyvolávaného nerovnoměrným zatížením. Teprve další výzkum ukázal, že v klesání je obsažena i složka tektonická.

V oblasti Baltu nebyla studia svislých pohybů zemského povrchu prováděna z nutnosti jako v Holandsku, ale čistě z vědeckého zájmu, spojeného později s otázkou pleistocenního zalednění. Pozorování změn úrovně mořské hladiny zde začalo už v 17. století (Runeberg, Hjärne aj.). Z místních zápisů a informací a ze změny polohy starých vodních značek se zprvu došlo k závěru, že všechny posuny přímořské čáry jsou jen lokálním zjevem, který se mimo Balt nevyskytuje. Za jeho příčinu bylo považováno ubývání vody v Baltském moři, způsobené vsakováním a výparem. Ve třicátých letech 18. století dal A. Celsius zřídít na obou březích Botnického zálivu první výškové značky pro registraci změn polohy hladiny moře a pevniny. Tyto značky, vyryté původně do skal v úrovni přímořské čáry, jsou dnes vysoko nad hladinou. Pokles mořské hla-

diny byl však už tehdy tak zřetelný, že Celsius mohl stanovit i jeho rychlost — 130 cm za 100 let — a zároveň předpověděl úplné vyschnutí Baltu nejpozději do 3—4 tisíc let. Pozorování a měření prováděná současně v jižním Švédsku však ukázala stálost přímořské čáry a tak názor Celsiusů vyvrátila (Browalius 1755).

V 18. století se však objevily již i první názory, podle nichž příčinou změn přímořské čáry není vysychání moře, ale pohyby v zemské kůře. Tyto myšlenky vycházely také jen ze změn v průběhu přímořské čáry a z analýzy starých a nových map pobřeží. Později patřili k zastáncům těchto názorů i L. v. Buch, Ch. Lyell, E. Suess aj.

Měření kolísání přímořské čáry bylo zatím jedinou možností zjišťování vzájemného pohybu moře a pevniny, a tak je zcela pochopitelné, že všechny názory se přikláněly k představě, že se spíše může změnit úroveň mořské hladiny než tvar pevného povrchu souše.

E u s t a s i e. Pozorováním pohybů přímořské čáry se došlo k představě dlouhodobých kolísání úrovně mořské hladiny — eustasií. Při jejím vysvětlování se obracela pozornost zprvu hlavně k množství vody ve světovém moři — uvažoval se výpar a unikání vodní páry do vesmíru, přítok juvenilní vody z nitra Země, změny klimatu, spojené s vázáním vody v kontinentálních ledovcích, apod. Dnes zatím převládá názor, že při vyloučení vlivů zemské rotace a gravitace zůstávají jen dva faktory, které by mohly skutečně ovlivnit dlouhodobé výkyvy úrovně mořské hladiny — změny v množství pevninského ledu a změny tvaru oceánského dna. Přitom se ovšem předpokládá, že množství vody na Zemi je zhruba stále stejné a že se nemění ani velikost Země.

Diastrofický eustatismus vysvětluje kolísání úrovně mořské hladiny změnami tvaru mořského dna. Podle něho musí tyto změny vyvolat i mořská sedimentace a mění se rozsah souše, tj. pohyby ker zemské kůry. Pro všechny případy však musí platit, že pokud se pohyby v kůře dějí buď jen na souši, nebo jen na mořském dně, nedojde ke změně úrovně mořské hladiny. Jestliže však jednosměrnému pohybu souše odpovídá opačný pohyb mořského dna, pak podle charakteru tohoto vyrovnávacího pohybu (zdvih — pokles) musí dojít ke zvedání nebo klesání úrovně hladiny světového moře. Tím pak jsme už přímo u tektonických pohybů ker jako u příčiny eustatických pohybů mořské hladiny.

Glaciální eustatismus vysvětluje pokles hladiny v oceánech úbytkem vody, která je za chladnějšího klimatu v glaciálech přechodně vázána v pevninských ledovcích. Pro domu maximálního pleistocenního zalednění se odhaduje pokles mořské hladiny o 100—160 m. Je ovšem velmi těžké opírat se o jakékoliv číselné údaje velikosti změn úrovně mořské hladiny vlivem zalednění, když není známo téměř nic o průběhu tektonických pohybů v kůře zemské v těchto obdobích. Pro všechny výpočty bychom museli předpokládat pouze vazbu vody v ledovcích a pohyby v kůře zcela vyloučit. Získaná hodnota by pak měla cenu pouze teoretickou.

I z o s t a s e. Otázka pevninského zalednění souvisí velmi úzce s dalším problémem — izostasií a glacioizostasií. Podle nich eroze, akumulace a pevninské zalednění způsobují, že zatížené kry klesají a odlehčené stoupají. Předpokládá se tedy, že exogenní síly mohou vyvolat pohyby ker zemské kůry.

Názor, že odnos a sedimentace mohou měnit rovnováhu na Zemi, byl vysloven už v 15. století Leonardem da Vinci a je uznáván vlastně dosud. O velké rozšíření doměnky o izostasi se zasloužila pozdější lokální gravimetrická mě-

ření, a tak postulát o vedoucím významu izostase v geotektonice je ještě dnes většinou považován za samozřejmý. Z pouhých místních gravimetrických údajů se vysvětluje hlubinná stavba území i vnitřní mechanika jejich vývoje z vypočtené mocnosti zemské kůry a z dnešní nadmořské výšky zemského povrchu se dokonce předpovídá směr a velikost příštích tektonických pohybů. Tak např. Kolchida a Kaspická nížina, jejichž povrch leží kolem úrovně mořské hladiny, se vzhledem k tomu, že zemská kůra zde má mocnost 45 km, mají zvednout do výšky 1500 m (Gzovskij 1963).

Zjištěná poměrně značná rychlost zdvihu území Fennoskandie je považována za potvrzení glacioizostatické domněnky. Zdvih zřejmě kulminoval v době úplného roztání ledovce a dnes se už zřetelně zmenšuje. Ke zcela opačnému názoru však musíme dojít, vycházíme-li z gravimetrických údajů. Zjistilo se, že pod Fennoskandií je značný nedostatek podkorové hmoty — asi 7krát méně než pod Ukrajinou (Maazik 1960). Předpokládá se, že tento rozdíl se bude vyrovnávat, a Fennoskandie se tedy v budoucnu ještě silně zvedne. V názoru na budoucí zdvih tohoto území si tedy gravimetrie a glacioizostase zcela odporují, ač by se měly vzájemně doplňovat.

V posledních letech bylo sestaveno několik map izostatických anomálií pro celý svět, na nichž se objevilo, že oblasti kladných a záporných anomálií nesouhlasí s reliéfem ani s tektonikou. Tak např. alpský orogén má v Asii záporné a v Evropě kladné anomálie, Atlantik s převážně kladnými anomáliemi se liší od Indiku, který je záporný, apod. Gzovskij (1963) na základě zjištění, že kladné tíhové anomálie se vždy neztotožňují s oblastmi poklesu a záporné anomálie s oblastmi zdvihu navrhuje rozlišit 4 typy hlubinných vertikálních pohybů:

| Typ | Směr pohybu | Charakter tíhové anomálie | Příčina |
|-----|-------------|---------------------------|---------------------------|
| Ia | zdvih (+) | + | pochody v jádře a obalech |
| Ib | pokles (—) | — | pochody v jádře a obalech |
| IIa | zdvih (+) | — | izostase |
| IIb | pokles (—) | + | izostase |

Z tabulky vyplývá, že pouze tam, kde vertikální pohyby zemské kůry neodpovídají izostatické hypotéze, resp. ji vyvracejí, lze se uchýlit k jinému výkladu. Nepřipouští se možnost, že by pohyby typu IIa a IIb mohly být jiného než izostatického původu.

Dalším nedostatkem izostatické hypotézy je schematizování hustoty hornin. Pro pevninu byla určena průměrná hustota 2,67 g/cm³, která se však může místy měnit až o 10 %. Hodnoty této difference však ani nedosahuje předpokládaná váha pevninského ledovce v době největšího pleistocenního zalednění Fennoskandie a Severní Ameriky. A přitom celá myšlenka glacioizostase je založena právě na tomto dočasném zatížení pevniny.

Postglaciální zdvih Fennoskandie byl zjištěn hlavně podle zdvižených abrazních teras a později byl potvrzován dílčími gravimetrickými měřeními. Detailnější geologický průzkum a gravimetrická měření však naznačila, že dosavadní názor o poklesu této oblasti pod tíhou pleistocenního ledovce a o jejím pozděj-

ším zdvihu je příliš všeobecný a jednostranný. Gravimetrická měření ukázala, že území Fennoskandie je rozdrobeno na větší počet areálů, charakterizovaných kladnými nebo zápornými anomáliemi. Toto zjištění nelze také ovšem považovat za potvrzení izostatické domněnky.

Také A. Kvale (1960) odmítá glacioizostasi a zdůrazňuje, že pohyby ker v Norsku existovaly už v prekambriu a opakovaly se v siluru, devonu a koncem permu. Maxima dosáhly v terciéru, kdy došlo ke zdvižení pobřeží západního a severního Norska podle zlomů souběžných s pobřežím o více než 1000 m. Protože tento pohyb pokračuje i v severním Atlantiku, musí mít jinou příčinu, než bylo zalednění Fennoskandie. Stejně uvažuje i Paarma (1963), který zjistil, že široký pruh území od jižního Norska přes Botnický záliv až na poloostrov Kola byl tektonicky živý už milióny let před zaledněním.

Představa izostatických pohybů a jejich příčin předpokládá neustálé pohyby ker, probíhající kolem rovnovážného stavu zemské kůry. Vytvoření izostatické rovnováhy by však bylo možné asi jen za určitých podmínek, např. při rovnoměrném tvaru a rotaci Země, rovnoměrném rozdělení hmoty podle hustoty, při rovnoměrných silách slapových a planetárních apod. Žádný z těchto předpokladů však není splněn. Neznalost nebo přehlížení právě těchto faktorů, které mohou především ovlivňovat pohyby v kůře zemské, vedla nutně k tomu, že teorie izostase, založená na menší intenzitě tíhového pole v pohořích a větší v nížinách a na oceánech, byla podepřena představou o klesání ker zatížených sedimenty a ledem a o zvedání oblastí velkého odnosu, resp. odtání ledové zátěže. Neznáme-li žádnou jinou sílu, jeví se nutně mechanické odlehčení a zatížení jako hlavní činitel, který porušuje předpokládaný ideální rovnovážný stav zemského povrchu. Připustíme-li však, že pohyby ker v zemské kůře jsou původem endogenního nebo planetárního, nejví se už odnos a sedimentace jako příčina, ale jako důsledek těchto pohybů.

Z uvedených příkladů je vidět, že pochybnosti o správnosti domněnky o izostasi jsou zcela zásadního rázu a že za celou svou existenci vděčí tato hypotéza jen tomu, že příčiny pohybů zemské kůry byly stále hledány jen ve stavbě Země a ne v jejím pohybu a v planetárních silách.

Geosynklinály. Na zatížení sedimenty je založena i nauka o geosynklinálách a na této opět celá orogeneze. O existenci geosynklinál jako dlouhodobě klesajících pásem na povrchu zemském nelze pochybovat, avšak je nutné pozměnit názor na příčiny a způsob jejich vzniku a vývoje. Ještě dnes se předpokládá (Kraus 1962), že každá geosynklinála musí z důvodů izostatických v pozdějším stadiu vývoje vystoupit jako pohoří. Jestliže se však ukázaly vady a nepodloženost celé domněnky o izostasi, bude nutno hledat i jinou příčinu jak vývoje geosynklinál, tak i následné orogeneze.

Otázkou je, zda synklinála klesá opravdu jen pod tíhou ukládaných sedimentů. Dlouhé a hluboké příkopy při okrajích kontinentů by tuto představu jistě podporovaly a také klesání např. panonské nížiny, zanesené uloženinami velkých řek, neodporuje této myšlence. Avšak existuje např. Mariánský příkop, u něhož se nedá předpokládat, že by klesal pod váhou sedimentů snesených z okolních drobných ostrůvků, nebo příkop Romanche uprostřed Atlantiku aj. Zde je skutečně nemožné, že by váha sedimentů způsobovala pokles. Je-li tedy možno obejít se bez váhy sedimentů v těchto případech, lze předpokládat, že i ostatní příkopy, prohyby a pod. klesají z jiných důvodů. Přitom je samozřejmé, že v těchto oblastech probíhá sedimentace — ovšem jen jako důsledek jejich snížené polohy.

Vývoj geosynklinál podle Grabaua (1924) a v poslední době i podle Hsu

(1965) probíhá migrací, vyvolanou laterálními změnami v hustotě hornin. Je v rozporu s obecnou představou o vývoji v období evoluce a revoluce, a tedy i popřením střídání orogenetických a epeirogenetických fází (obr. 1). Obdobnou migraci sedimentační pánve zjistil Pannekoek v terciéru na území Nizozemska (obr. 2). Odchylování od schématu střídajících se období evoluce a revoluce sice odpovídá zcela skutečnosti, avšak jeho příčinou asi není předpokládaná změna hustoty.

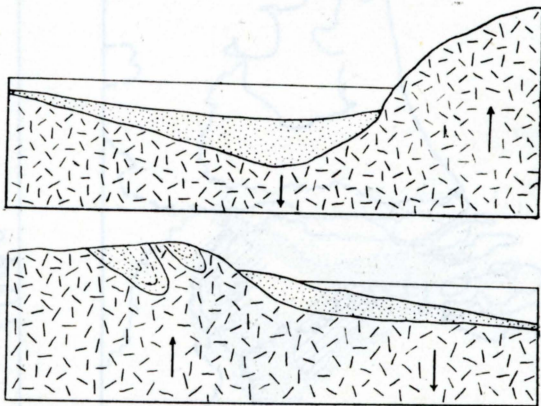
Původní Cuvierova představa katastrofismu dostala v pozdější době mírnější formu: katastrofy se staly obdobími revoluce a časové úseky mezi nimi byly dobou evoluce. Tento názor už nepředpokládá nadpřirozené síly a je i dnešní vědou akceptován. Schéma střídajících se evolucí a revolucí je však třeba podložit znalostí celého jevu — v tomto případě znalostí celého vývoje Země nebo aspoň všech sil, které jej ovlivňují. Ukazuje se, že i když se třeba ve vývoji zemského povrchu skutečně střídala období silnějších a slabších změn, neprobíhaly tyto změny ani přesně podle představ Cuvierových, ani podle dnešního schématu evoluce a revoluce. Jestliže

působí na Zemi i síly jiné než klasické síly endo- a exogenní, jako např. měnící se poloha pólů, změny rotace, slapové síly apod., pak i změny ve vývoji geosynklinály nevznikají narůstáním tlaku, teploty a váhy ukládaných sedimentů, podmiňujících a připravujících revoluci, ale jsou jednoduše vyvolány nově působícími faktory — změněnou polohou pólů apod. Tím se ovšem dostáváme z oblasti spekulování a schematizování na pole poznávání a exaktního zkoumání nových činitelů a jejich vlivů.

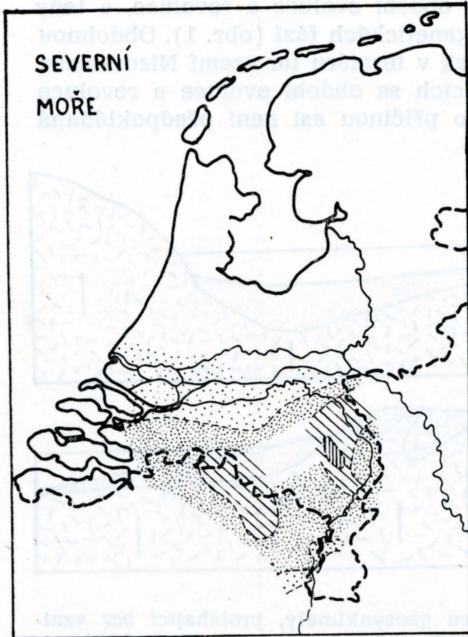
Dnešní hypotézy. Z celé řady často i protichůdných hypotéz, které se snažily vysvětlit povahu pohybů v kůře zemské, zůstaly v poslední době pouze dvě základní myšlenky uznávané větším počtem vědců.

Expanzní hypotéza je vlastně prohloubením domněnky kontrakční. Předpokládá, že v podkorové hmotě probíhají chemické reakce, při nichž jsou uvolňovány emanace Si aj., které migrují vzhůru a lokálně zvětšují objem zemské kůry. Tím zároveň dochází k místnímu stlačení nebo rozvolnění zemské kůry a ke zmenšení nebo zvětšení její původní hustoty. Změny mocnosti vedou k izostatickým pohybům, do jejichž průběhu mohou rušivě zasahovat jak exogenní, tak i hlubinné tektonické pochody.

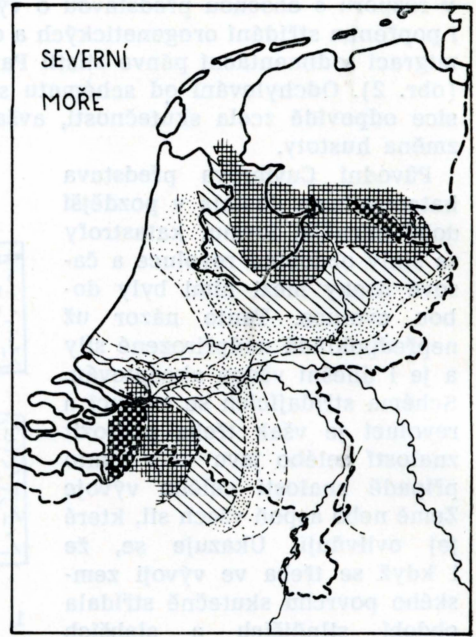
Druhá představa o konvekčním proudění je celá vyloženě spekulativní. Předpokládá existenci konvekčních proudů v podkorové hmotě (geoplazmě) a jejich kruhovitý pohyb. Vzestupně, a tedy při povrchu divergující proudy roztahují sialovou kůru tak silně, že dochází ke zmenšení její mocnosti. Opačné proudy, tj. konvergující při povrchu, jsou naopak příčinou sbíhání ker, jejich stlačení a zvýšení jejich povrchu.



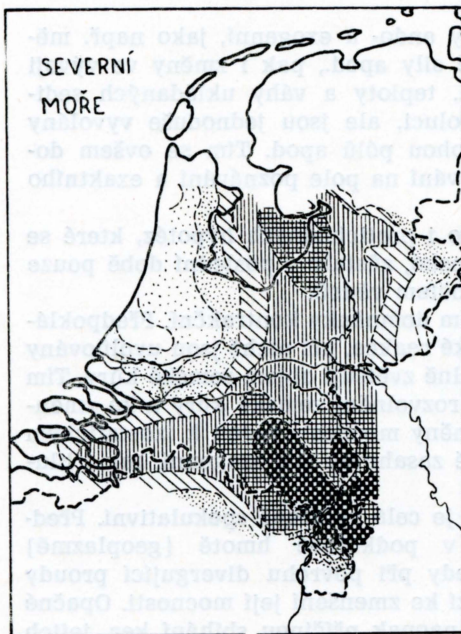
1. Migrace geosynklinály, probíhající bez vzniku zlomů, vulkanismu apod. Předpokládá se plasticita kůry a izostatický pohyb, vyvolaný ne vahou sedimentů, ale zvětšováním hustoty hornin v místech poklesu. (Podle Hsu, 1965.)



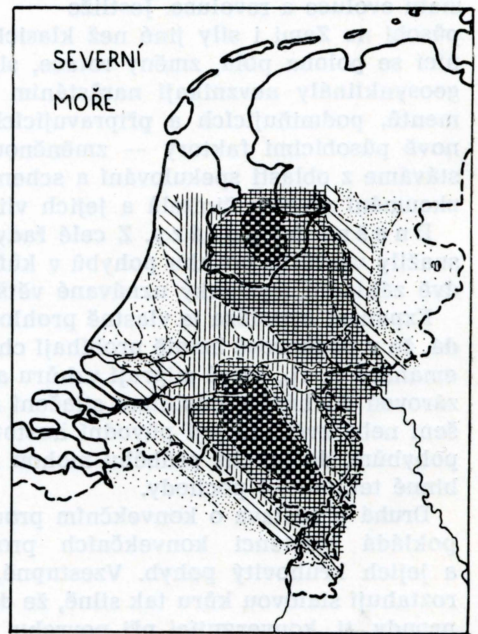
PALEOCÉN



EOCÉN



OLIGOCÉN



MIOCÉN

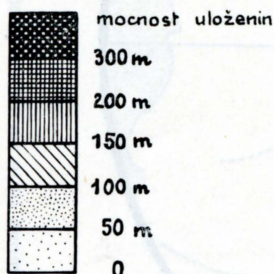
Obě představy jsou založeny na hlubinných podkorových pochodech, které nám jsou zatím vlastně zcela neznámé. Žádná z nich vůbec nebere v úvahu např. planetární vlivy. Jejich zdůvodnění je tak slabé, že obě hypotézy mají více charakter dohadů, založených na subjektivní intuici než na objektivních faktorech (Gzovskij 1963).

Podle dosavadních představ patří mezi exogenní síly voda, led, vítr, tíže zemská a organismy. Nepředpokládáme-li vliv posledního faktoru na pohyb zemské kůry, zůstávají jen 4 činitelé a z nich jen tíže zemská je vlastním zdrojem energie. Atmosféra a hydrosféra jsou jen nástroji, kterými hlavní zdroje energie působí na pevný povrch zemský. Musíme tedy odlišovat zdroje energie, kterými jsou přitažlivost planet (Země, Měsíce, Slunce) a sluneční paprsky, od pohybujiících se nástrojů — vzduchu, vody a produktů rozpadu hornin. Tyto nástroje mohou jen dále předávat energii získanou z hlavních zdrojů. Za dosavadní exogenní síly jsou však zatím považovány z velké části jen různé druhy pohybu vody a vzduchu, tj. různé formy předávání energie.

Ve výpočtu hlavních zdrojů energie nebývají uváděny ještě dva faktory, jejichž vliv na pohyb atmosféry a hydrosféry není na první pohled zřetelný — zemská rotace a změny polohy rotační a magnetické zemské osy. Jistě i jejich občasné a nepravidelné působení je zatím stavělo mimo rámec úvah.

Zcela jiná situace je dosud v hledání sil endogenních. Změny na zemském povrchu, které prokazatelně nejsou výsledkem činnosti pohybů a změn teploty atmosféry a hydrosféry, tj. vulkanismus, zemětřesení a tzv. tektonický pohyb, jsou považovány za výsledek činnosti dosud neznámých sil, skrytých uvnitř pevné Země. U tektonických pohybů jsme zatím pozorovali pouze jejich důsledky — prolomy, hrástě, přesmyky, úlehy, zdvihy a poklesy erozní báze nebo pobřeží, antecedence, dislokace se zlomem a beze zlomu apod., — ale jejich příčiny nebyly dosud spolehlivě objasněny.

Pohyby v kůře zemské nejsou zatím vysvětlovány planetárními příčinami; vyloučením těchto hlavních zdrojů energie přichází tedy v úvahu pouze téměř neznámé zemské nitro, v němž pak je pochopitelně nutné předpokládat různé pohyby a proudění i trochu přeceňovat působení radioaktivity, rekrystalizace apod., mají-li být vůbec nějak vysvětleny rozsáhlé pohyby ker zemské kůry, probíhající s různou intenzitou v celé historii jejího vývoje. Důvod, proč jsou vylučovány z okruhu tektonických činitelů planetární zdroje energie, je pravděpodobně v tom, že žádný z jednotlivých tektonických jevů, tj. výbuch sopky, otřes i pohyb ker v minulosti, nemůžeme bezprostředně vysvětlit jejich přímým vlivem. Přitom ovšem planetární zdroje energie, mohou-li hýbat celou atmosférou a hydrosférou, jsou jistě natolik silné, aby mohly vyvolat relativně

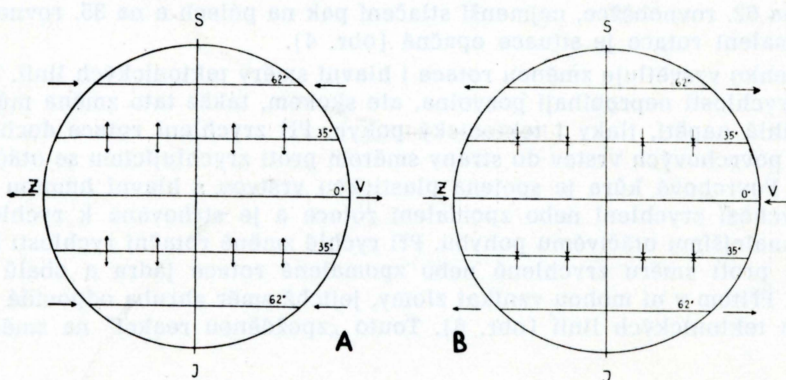


2. Migrace sedimentační pánve na území Nizozemska, vyjádřená měnící se mocností terciérních uloženin. Byla vyvolána laterálními změnami v hustotě hornin. Postupným vyplňováním sedimenty se pánve nejen prohlubuje, ale zvětšuje se i plocha poklesávajících území. (Podle Pannekoeka, 1954.)

menší pohyb ker zemské kůry, zvláště při odůvodněném předpokladu jejího plastického podkladu.

Všechny geotektonické hypotézy se snaží nalézt příčinu a vysvětlení stavby a pohybů zemské kůry. Kritériem jejich správnosti by měla být jejich obecná použitelnost, tj. uspokojivé vysvětlení jak jednotlivých případů, tak i všeobecného pohybu. Důvod, proč žádná z těchto ani jiných domněnek nepodává plně uspokojující výklad a zdůvodnění vývoje dnešní kůry zemské, nutno vidět v tom, že se každá opírá a rozvádí pouze jeden dílčí faktor jako příčinu všech pohybů. Je to buď smršťování Země, nebo její rozpínání, změny teploty v kůře, změny látkové, podkorová proudění, izostase aj. Příčina pohybu jistě není jediná — působí tu jak vlivy kosmické, tak i změny v pohybu a fyzikálním stavu Země. Z těchto vlivů zatím ovšem není snadné a dnes třeba ještě ani možné vytvořit takový souhrn, který by měl obecnou platnost, zvláště když ne všechny faktory působí rovnoměrně a permanentně. Z tohoto hlediska bude nutné hledět i na základní geologický zákon aktualismu. O jedno vysvětlení se však pokusil právě na základě studia hlavních faktorů I. I. Čebanenko (1963).

Čebanenkova rotační hypotéza. Čebanenko vychází z tektonických prací Sondera, Cloose, Stilleho aj., kteří si všímají rozložení hlavních zlomových linií na zemském povrchu. Z přehledné tektonické mapy jasně vystupuje pravidelnost průběhu těchto deformací — velká většina zlomových linií se na celém světě kříží zhruba ve směrech severozápad-jihovýchod a severovýchod-jihozápad (obr. 3).

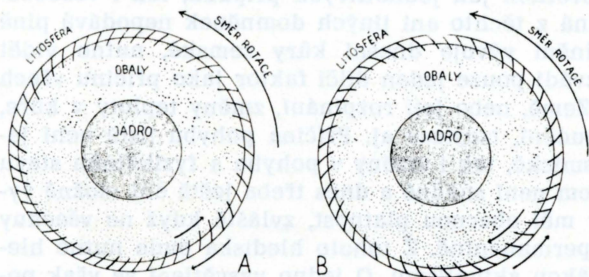


4. Schéma rozložení geodynamických napětí Země. (Podle Stovase, 1957.) A — při zrychlení otáčení, B — při zpomalení otáčení.

Tato pravidelnost je ovšem známa již dávno a směry zlomových linií byly kladeny do souvislosti s obrysy kontinentů. Také je známo, že zlomové linie se v těchto směrech tvoří už od předkambrických dob a že pohyby se v geologické minulosti po nich často opakovaly.

Dále se Čebanenko opírá o Chabakova (1949) a Katterfelda (1959), kteří si všimli průběhu tektonických deformací, resp. lineárních struktur na povrchu Marsu a Měsíce. Na Měsíci je vedle směrů severovýchod-jihozápad a severozápad-jihovýchod další hlavní linií směr sever-jih. V těchto 3 hlavních směrech probíhá 98 % všech zjištěných lineárních struktur. Na Marsu jako hlavní vynikající směry 315° , 75° a $45-55^{\circ}$, které také přibližně odpovídají hlavním směrům zlomových linií na Zemi.

Tato pravidelnost v průběhu hlavních tektonických linií nutně předpokládá nějakou zákonitost v jejich vzniku. Dosud byly hledány příčiny téměř bezvýhradně v zemském nitru, v obalech a kůře nebo dokonce v působení exogenních sil. Jen výjimečně je považována za hlavní sílu, která způsobila rozlámání

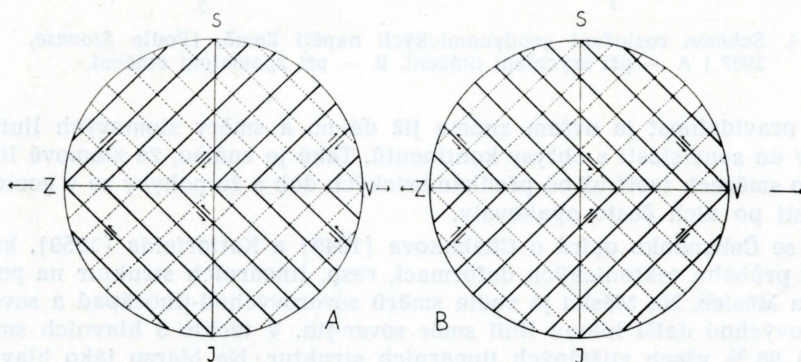


5. Klouzání litosféry vlivem nerovnoměrné rotace Země. (Podle Čebanenka, 1963.) A — při zrychlení, B — při zpomalení.

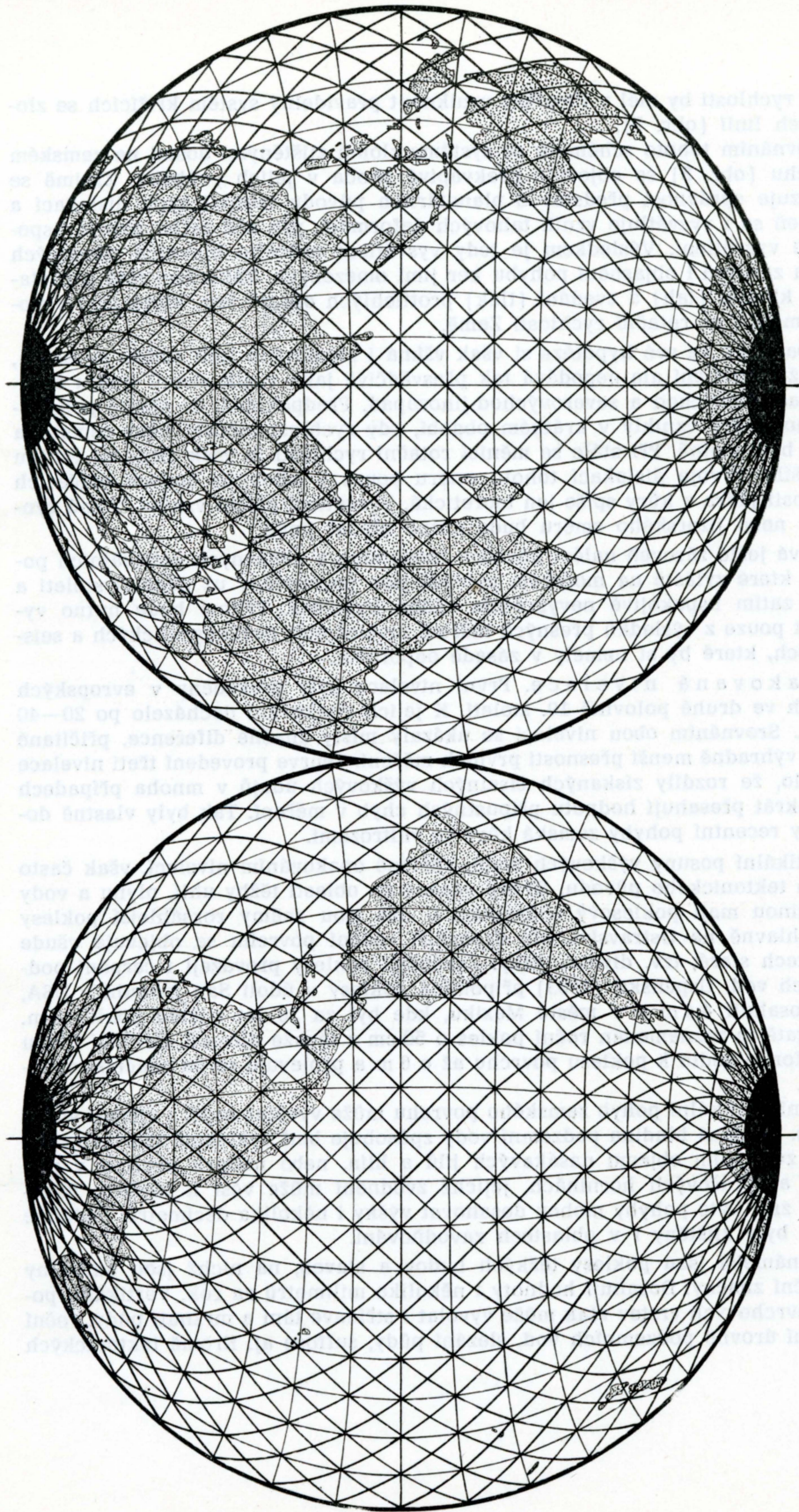
kůry, změna tvaru Země a pohyb pólů. Žádná z těchto uvedených příčin však nevysvětluje pravidelnost v průběhu zlomových linií. Tu je nutno hledat v silách působících na Zemi jakožto na nebeské těleso, tj. v působení přitažlivosti a v zemské rotaci.

Rychlost rotace Země kolem vlastní osy není stále stejná. Z tohoto poznatku vychází Stovas (1957), který vysvětluje tektonické poruchy právě měnící se rotační rychlostí Země. Při zrychlení otáčení vzniká maximální stlačení na rovníku a na 62. rovnoběžce, nejmenší stlačení pak na pólech a na 35. rovnoběžce. Při zpomalení rotace je situace opačná (obr. 4).

Čebanenko vysvětluje změnou rotace i hlavní směry tektonických linií. Změny rotační rychlosti neprobíhají pozvolna, ale skokem, takže tato změna může vyvolat náhlá napětí, tlaky i tektonický pohyb. Při zrychlení rotace dochází ke stlačení povrchových vrstev do strany směrem proti zrychlujícímu se otáčivému pohybu. Povrchová kůra je spojena plastickou vrstvou s hlavní hmotou Země, z níž vychází zrychlení nebo zpomalení rotace a je strhována k rychlejšímu nebo pomalejšímu otáčivému pohybu. Při rychlé změně rotační rychlosti klouže litosféra proti směru zrychlené nebo zpomalené rotace jádra a obalů Země (obr. 5). Přitom v ní mohou vznikat zlomy, jejichž směr zhruba odpovídá směru hlavních tektonických linií (obr. 6). Touto „zpožděnou reakcí“ na změnu ro-



6. Změny směru rotačního tlaku. (Podle Čebanenka, 1963.) A — při zrychlení otáčení Země, B — při zpomalení otáčení Země.



7. Ideální síť zlomů vyvolaná změnami rotační rychlosti Země. (Podle Čebaněnka, 1963.)

tační rychlosti by měl v litosféře vzniknout pravidelný systém křížících se zlomových linií (obr. 7).

Srovnáním tohoto schématu se systémy zlomů zjištěnými dosud na zemském povrchu (obr. 3) se objevuje překvapivá shoda v jejich průběhu. Zřejmě se potvrzuje správnost představ o planetárním původu tektonických dislokací a zároveň se i vysvětluje vznik tahových deformací, pro něž zatím nebylo uspokojivé vysvětlení. Výsledkem je tedy vysvětlení průběhu hlavních zlomových linií a zároveň i objasnění pohybu ker jimi omezených. Základem této představy je klesání (tah) a zvedání (tlak) protilehlých okrajů ker, které jsou vyvolány měnící se rotační rychlostí Země.

Čebanenko ve své hypotéze si však všímá i zlomových linií směru sever-jih, jejichž vysvětlení ale nepodává tak přesvědčivě jako vznik zlomů směru severozápad-jihovýchod a severovýchod-jihozápad. Předpokládá, že zlomy poledníkového směru vznikly v krátkém období, kdy rychlost otáčení kůry zemské a jádra byla stejná. Při stále se měnící rotační rychlosti je však možnost vzniku a dalšího vývoje dislokací tohoto směru pouze v uzlových bodech otáčecích rychlostí jádra a kůry spíše jen teoretická. Vysvětlení příčin vzniku zlomů rýnského nebo jizerského směru bude nutno hledat jinde.

Zbývá ještě zároveň nalézt původce recentních a nedávných vertikálních pohybů, které zvláště na mořském pobřeží jsou pozorovány už několik století a které zatím uspokojivě nevysvětlila žádná hypotéza. Přitom bude nutno vycházet pouze z výsledků přesných měření nivelačních, oceánografických a seismických, které by si neměly v zásadě odporovat.

Opakovaná nivelace. První nivelace byly prováděny v evropských státech ve druhé polovině 19. století. K jejich opakování docházelo po 20—40 letech. Srovnáním obou nivelací se ukázaly místy značné difference, přičítané zprvu výhradně menší přesnosti prvních měření. Teprve provedení třetí nivelace ukázalo, že rozdíly získaných číselných výškových údajů v mnoha případech několikrát přesahují hodnotu přípustných chyb v měření. Tak byly vlastně dokázány recentní pohyby zemské kůry ve vnitrozemí.

Vertikální posuny výškových bodů, zjištěné opakováním nivelací, však často nejsou tektonického původu. Bývají vázány na oblasti těžby uhlí, plynu a vody a většinou mají poklesový charakter. U nás jsou známy rozsáhlejší poklesy půdy hlavně na Ostravsku, ale drobnější sedání povrchu se objevuje všude v místech staré, tzv. divoké těžby. Značnější poklesy provázejí i čerpání podzemních vod. Uspenskij (1963) připomíná poklesy v údolí San Joaquin v USA, kde dosahují 4,4 m a v městě Mexiku, kde byl za 30 let zjištěn pokles 6 m. V Niigatě je zaznamenán roční pokles o 50 cm z těchže důvodů. Čerpání plynu v Kalifornii vedlo k poklesu povrchu až o 6 m a projevuje se na značnou vzdálenost.

Místní vertikální pohyb zemského povrchu může vyvolat např. i zřízení vodní nádrže. Zvýšená hladina podzemní vody způsobuje buď vyklenutí zemského povrchu zvětšením objemu nasákavých jíílů a hlín, nebo naopak poklesy v písčitéch a sprašových horninách, jejichž zvodnění může vést k lepšímu uspořádání zrn. Tyto pohyby mohou dosahovat výšky i několika decimetrů. Podobné změny byly zjištěny i v oblastech zavodňování.

Nejznámější jsou poklesy těžkých budov a staveb, na nichž jsou umístěny nivelační značky. Dosahují hodnoty i několika milimetrů za rok. Vertikální pohyb povrchových vrstev však může vyvolat i střídavé tání a mrznutí půdy, roční kolísání úrovně podzemních vod, slézání půdy, suffose aj. Kromě tektonických

a už uvedených atektonických vlivů mohou působit na výsledky přesných výškových měření ještě další faktory — změny rozdělení vzdušného tlaku, změny ve vlhkosti vzduchu, refrakce světelných paprsků, na pobřeží příliv a odliv apod.

Měření oceánografická. Nejstarší metodou zjišťování pohybů zemské kůry jsou sice pozorování posunů přímořské čáry, ale nejspolehlivější zůstává stále zatím měření středních výšek mořské hladiny, prováděné mareografy na pobřeží všech světových moří. V roce 1958 se zabývalo měřením úrovně mořské hladiny na celé Zemi celkem 395 stanic. Z nich bylo při obou březích Atlantiku 227, v Pacifiku 144 a v Indiku jen 24 (Lennon 1962).

Matckova (1963) ukazuje na příkladu dlouhodobých měření v několika přístavech, že změna délky pozorovacího období může změnit výslednou hodnotu a tím i celkovou představu o průběhu a charakteru pohybu. Jako příklad uvádí měření z přístavu Hoek van Holland, kde vypočtením průměru z různých časových intervalů dostaneme zcela odlišné výsledky (v mm za rok):

| období 5 let | období 11 let | období 21 let |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1865—1869 . . . — 19,0 | 1865—1875 . . . — 4,8 | 1865—1885 . . . — 5,2 |
| 1870—1874 . . . — 8,0 | 1876—1886 . . . — 3,3 | 1886—1906 . . . — 3,6 |
| 1875—1879 . . . — 17,5 | 1887—1897 . . . — 0,8 | 1907—1927 . . . — 2,2 |
| 1880—1884 . . . + 2,0 | 1898—1908 . . . — 2,4 | 1926—1946 . . . — 2,7 |
| 1885—1889 . . . + 14,5 | 1909—1919 . . . + 3,2 | průměr — 3,4 |
| 1890—1894 . . . — 7,0 | 1920—1930 . . . — 3,2 | |
| 1895—1899 . . . — 13,0 | 1931—1941 . . . — 3,0 | |
| 1900—1904 . . . — 16,7 | průměr — 2,0 | období 25 let |
| 1905—1909 . . . — 6,6 | | 1865—1889 . . . — 3,4 |
| 1910—1914 . . . — 10,8 | období 15 let | 1890—1914 . . . — 4,8 |
| 1915—1919 . . . + 15,6 | 1865—1879 . . . — 5,6 | 1915—1939 . . . — 2,4 |
| 1920—1924 . . . — 2,6 | 1880—1894 . . . + 0,4 | průměr — 3,5 |
| 1925—1929 . . . + 13,6 | 1895—1909 . . . — 5,6 | |
| 1930—1934 . . . + 21,0 | 1910—1924 . . . + 0,7 | období 80 let |
| 1935—1939 . . . + 2,4 | 1925—1939 . . . — 1,3 | 1865—1944 . . . — 2,7 |
| 1940—1944 . . . — 0,8 | průměr — 2,3 | |
| průměr — 2,1 | | |

Kolísavý charakter vertikálního pohybu ukazují i měření v dalších přístavech. Ze všech příkladů lze vyvodit zjištění, že dlouhodobé pozorovací intervaly mohou vyjádřit pouze celkovou tendenci pohybu. Vlastní oscilační pohyb zemského povrchu však může být zachycen jen průběžným pozorováním a v tomto bodě se výsledky geodetických a oceánografických měření vzájemně potvrzují.

Kolísání úrovně vodní hladiny se sleduje nejen na mořských pobřežích, ale i na větších jezerech. I když jezera jsou nesrovnatelně menší než světová moře a nemohou se zde projevit glacioeustatické vlivy, přece jsou získány cenné údaje o terasách, oscilacích hladiny apod. Menší areál naopak dovoluje detailnější a přesnější zkoumání.

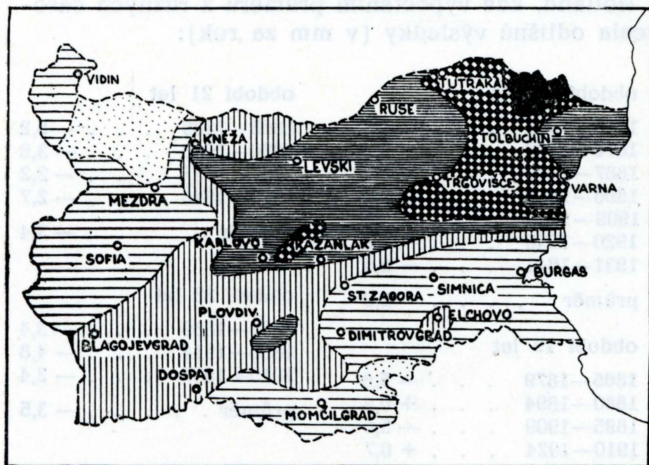
Důkladnější průzkum je prováděn na Bajkale (Lamakin 1962). K měření úrovně hladiny jsou využity i staré značky, vysekané ve skalnatém břehu J. D. Českým už v letech 1877—1880. Každodenní měření ukázala nejen značné zdvihy (až 12 cm) a poklesy (až 50 cm) úrovně jezerní hladiny, ale i oscilace zemské kůry, šířící se vlnovitě napříč jezerem. Podobná měření jsou prováděna i ve Finsku a Skandinávii (Sírén 1963, Norrman 1964).

Opakování nivelací, prováděná na značných územích zatím hlavně v severní, východní a střední Evropě, spolu s oceánografickým měřením, prováděným na všech světových mořích, přineslo několik nových důležitých poznatků.

1. Byl zjištěn pohyb celého zemského povrchu, a to bez ohledu na geologickou stavbu a složení, mocnost a orografické poměry zemské kůry.

2. Zdvihy a poklesy zemského povrchu probíhají velmi často ve směrech severozápad-jihovýchod a severovýchod-jihozápad, tj. přesně podle Čebanenkovy rotační hypotézy. Markantním příkladem může být mapa izobas, sestavená pro území Bulharska, jasně ukazující vyklenutí od jihozápadu k severovýchodu napříč celou zemí, a tedy bez ohledu na rovnoběžkový směr pohoří Stará planina (obr. 8).

3. Intenzita zjištěných pohybů se pohybuje zhruba mezi 0 a 10 mm za rok a přitom není rozdíl v pohybu rovinných a hornatých ani starých a mladých oblastí.



8. Recentní tektonické pohyby v Bulharsku. (Podle Hristova a Galabova, 1962.)

4. Vertikální pohyb je většinou oscilační a jen zřídka jednosměrný. Na několika místech byl zjištěn i jeho vlnovitý průběh.

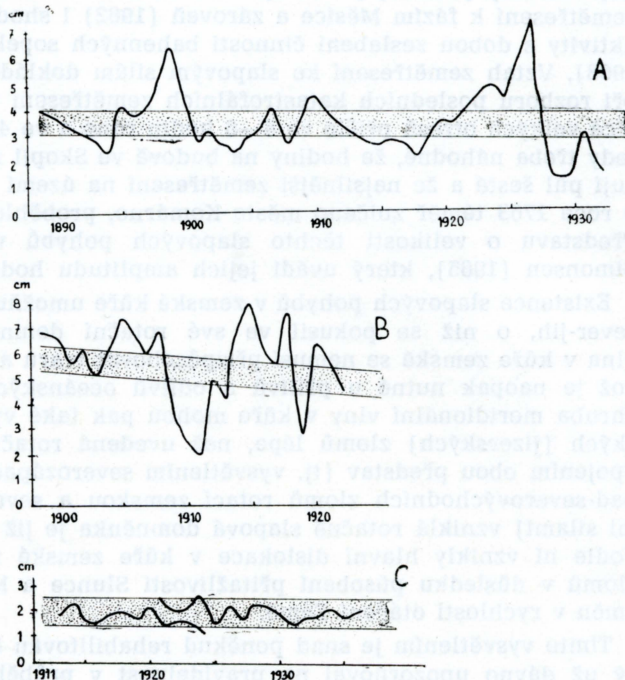
Všechny tyto poznatky vyplynuly z měření o několikaletém časovém intervalu. Jak u nivelací, tak u měření oceánografických je však jasné, že získané údaje představují jen souhrn mnohem kratších kolísavých pohybů, které zatím ani pro účely nivelací, ani pro zjišťování dlouhodobých kolísání úrovně mořské hladiny nebylo třeba sledovat. Při zkoumání podstaty a příčin permanentního pohybu zemské kůry však k tomu jistě dojde.

Ověřování pohybů ker. Dosavadní výsledky oceánografických měření sloužily spíše k podpoře myšlenky o eustasi nebo k pouhému ověřování zdvihu a klesání pobřeží. Ve Stockholmu, Neapoli a Mäntyluoto byly ověřovány pohyby ker podél zlomů poněkud jiným způsobem. Po obou stranách předem zjištěného zlomu, směřujícího z pevniny na moře, byly v mělké pobřežní vodě postaveny registrační přístroje k přesnému měření změn úrovně mořské hladiny. Ve Stockholmu jsou tato měření prováděna už od r. 1889. Měřicí přístroje jsou postaveny na obou březích fjordu, jehož dnem probíhá zlom. Zjištěné pohyby ker jsou kolísavé a jejich amplituda dosahuje až 6 cm. Za období 43 let se kladné a záporné hodnoty už tak vyrovnaly, že výsledná rychlost pohybu je jen 0,1 mm za rok.

V Neapoli jsou vodočety po obou stranách zlomu vzdálené od sebe 1,5 km. Amplitudy pohybů jsou ještě větší než ve Stockholmu, ale výsledná rychlost za období 23 let je opět malá (0,5 mm za rok). V Mäntyluoto ve středním Finsku byly sledovány 3 blízké vodočety, mezi nimiž však neprobíhal zlom. V tomto případě také žádný pohyb nebyl zjištěn (obr. 9).

Podobná měření byla prováděna i na území SSSR. Vodočety umístěné při zlomu v Bakinském zálivu ukázaly v krátké době rozdíly až 6 cm. U Astrachaně byly provedeny asi ve vzdálenosti 2 km od sebe pokusné vrty, založené v krách oddělených zlomem. Pro-

9. Relativní vertikální pohyby sousedních ker podle zlomů. (Podle *Richtera*, 1963.) A — ve Stockholmu, B — v Neapoli, C — v Mäntyluoto v Botnickém zálivu. Tečkovaná plocha představuje střední kvadratickou chybu.



fily v obou vrtech souhlasily, avšak lišily se mocností odpovídajících vrstev.

Obdobná oceánografická měření jsou prováděna i v Benátkách, v Mar del Plata aj. Permanentní měření vertikálních pohybů se plánují ve Finsku. Uvažuje se o instalování 1000 m dlouhé trubice v přesně horizontální poloze, která by byla naplněna rtuťí nebo jinou kapalinou. Plováky na jejich koncích by pak přesně zaznamenávaly i nejnepatrnější změny v úrovni hladiny kapaliny (Kukkamäki 1965).

Výsledky dosavadních měření zatím už zcela dostačují k potvrzení obecných závěrů, ke kterým se došlo opakováním nivelací a měřením mereografů, a zároveň jasne ukazují, že kry zemské kůry jsou i dnes sice v nepříliš velkém, ale přesto permanentním pohybu.

Slapové síly. Dnešní tvar zemského povrchu vytvořily exogenní a endogenní síly, mající přesně vymezeno pole působnosti i způsob činnosti. Avšak otázka, co uvádí tyto síly do pohybu, je zatím jasná jen u sil exogenních. V případě sil endogenních se původce pohybů v kůře zemské hledal spíše v pozorovaných výsledných dějích — ve vulkanismu, vrásnění, izostasi, zemětřesení, kontinentálním driftu apod. —, které byly různě povyšovány na příčinu ostatních dějů. Působení Slunce a Měsíce a otáčivý pohyb Země, které prokazatelně vyvolávají pohyby v atmosféře a hydrosféře, byly dosud v případě pohybů zemské kůry přehlíženy.

To bylo možné ovšem jen do té doby, dokud nebylo lze se exaktním způsobem i v tomto případě o planetárním vlivu přesvědčit. Nivelační a oceánografická měření však objevila permanentní pohyb celé kůry zemské a jeho převážně oscilační charakter, který je už možno klást do souvislosti se slapovými silami. Také poslední výzkumy seismologické a geologické ukazují, že slapové síly ovlivňují pochody probíhající v kůře zemské. Tamrazjan (1957) zjistil vztah zemětřesení k fázím Měsíce a zároveň (1962) i shodu období zesílení sluneční aktivity s dobou zeslabení činnosti bahenných sopek a naopak (též Lilienberg 1963). Vztah zemětřesení ke slapovým silám dokládá i Greve (1956), který se při rozboru posledních katastrofálních zemětřesení v Chile přesvědčil, že nejvíce velkých otřesů přišlo ve 4—6 hodin ráno a ve 4—6 hodin odpoledne. Není tedy třeba náhodné, že hodiny na budově ve Skopji zničené zemětřesením ukazují půl šesté a že nejsilnější zemětřesení na území našeho státu, kterým bylo v roce 1763 téměř zničeno město Komárno, proběhlo kolem páté hodiny ráno. Představu o velikosti těchto slapových pohybů v zemské kůře zpřesňuje Simonsen (1965), který uvádí jejich amplitudu hodnotou několika decimetrů.

Existence slapových pohybů v zemské kůře umožňuje i úvahu o vzniku zlomů sever-jih, o niž se pokusil ve své rotační domněnce Čebanenko. Slapová vlna v kůře zemské se nemusí přizpůsobovat tvaru a rozmístění pevnin a moří, což je naopak nutné u přílivů a odlivů oceánských. Pravidelně probíhající, zhruba meridionální vlny v kůře mohou pak také vysvětlit vznik a vývoj rýnských (jizerských) zlomů lépe, než uvedená rotační hypotéza Čebanenkova. Spojením obou představ (tj. vysvětlením severozápad-jihovýchodních a jihozápad-severovýchodních zlomů rotací zemskou a severo-jížních zlomů slapovými silami) vzniklá rotačně slapová domněnka je již do značné míry doložena. Podle ní vznikly hlavní dislokace v kůře zemské i dnešní pohyb ker podle zlomů v důsledku působení přitažlivosti Slunce a Měsíce a zároveň i vlivem změn v rychlosti otáčení Země.

Tímto vysvětlením je snad poněkud rehabilitován i Abraham G. Werner, který už dávno upozorňoval na pravidelnost v průběhu horstev rudných žil, a spolu s ním i Leopold v. Buch a Alexander v. Humboldt, kteří tuto pravidelnost zjistili ještě ve směrech trhlin a v rozšíření sopek a zemětřesení. Jejich názory však zůstaly jen upozorněním a brzy a na dlouhou dobu zapadly. A tak tato pravidelnost, ukazující na zákonitost vzniku i vývoje, byla poměrně jednoduše vysvětlena téměř až o dvě století později.

Neotektonika a geomorfologie. Už jen samotným zjištěním a prokázáním dnes probíhajících pohybů v kůře zemské a možností jejich měření vznikly předpoklady pro vznik zcela nového vědního oboru. R. 1948 navrhl V. A. Obručev i jeho samostatné pojmenování — neotektonika. Tento název se ujal a dnes už je zcela běžným. Na rozdíl od tektoniky, zabývající se stavbou zemské kůry v době celého jejího vývoje, všímá si neotektonika pouze nejmladšího období — od skončení alpinského vrásnění do dneška. Proti tektonice, která může pouze zjišťovat výsledky minulých pohybů, může neotektonika lépe sledovat jejich průběh a dokonce jej i měřit. Pohyby a dislokace tohoto období bývají označovány jako mladé (neogenní až pleistocenní), nejmladší (holocenní) a současné (recentní).

Tím, že neotektonika pomáhá poznávat vývoj zemského povrchu a jeho jednotlivých tvarů stává se vlastně součástí geomorfologie. Teprve dalším zjišťováním mladých tektonických pohybů, poznáním jejich podstaty, průběhu a rozšíření, bude možno lépe hodnotit i práci vnějších modelujících činitelů a



- zóny zmenšeného spádu vodných toků
- zóny zväčšeného spádu vodných toků
- zóny silně zväčšeného spádu vodných toků
- rychlosti recentních pohybů zemského povrchu (v mm/rok)

10. Srovnání spádu řek s rychlostí recentních vertikálních pohybů zemské kůry. (Podle Setunské 1962.)

jejich podíl na vytváření dnešního reliéfu v jednotlivých územích. Dosavadní závěry a výzkumy musely být bez znalosti neotektonického vývoje nutně neúplné, sporné nebo i chybné. Příkladem může být stále se měnící a upravované srovnání systémů říčních teras s ledovými dobami aj.

Zatím však byla objevena pouze existence mladých až recentních pohybů a jejich obecné vlastnosti. Objasnění vývoje jednotlivých oblastí však nemůže provést jediný vědní obor — geodézie, geologie, oceánografie ani geomorfologie. Využívání výsledků všech těchto i dalších vědních oborů bude zřejmě nutností. V SSSR se pokusili zjistit mladé pohyby zemského povrchu geomorfologickou metodou a srovnat získané údaje s výsledky opakovaných nivelací.

Gorelov (1961) podrobně studoval a srovnával činnost řek na 2 různých územích: na zvedající se Stavropolské vysočině a klesající Azovsko-kubanské nížině. Ukázalo se, že říční koryta v první oblasti jsou úzká a stupňovitá, zaříznutá obvykle do hloubky 5—7 m a v řečištích je buď menší nános písku a štěrku (1—5 m), nebo je odkryto skalní podloží. V Azovsko-kubanské nížině jsou široká říční údolí s koryty zaříznutými do jemnozrnných aluviálních sedimentů, jejichž střední mocnost je 10—15 m. Ve zvedající se oblasti mají sedimenty ráz hrubších uloženin říčních koryt, kdežto v klesajících oblastech spíše charakter povodňových hlín. Kromě toho byla v oblastech zdvihu pozorována i stupňovitost povrchu říčních niv. Opakované nivelace a rozbor říčních niv svědčí společně o mladých a recentních vertikálních pohybech zemské kůry. K podobným závěrům docházejí i četní další autoři.

Říční toky jsou vůbec jedním z nejnázornějších indikátorů novějších vertikálních pohybů. Kromě mocnosti a faciálního složení teras a nivy lze objevit zdvihy a poklesy i rozbořením podélného říčního profilu. Změny spádu koryta mohou sice být způsobeny i změnou tvrdosti podložních hornin nebo změnou množství vody třeba při spojení s přítokem, není-li však inflexní bod v podélném říčním profilu prokazatelně způsoben žádnou z těchto příčin, možno soudit na existenci zdvihu nebo poklesu zemského povrchu.

Vertikální tektonické pohyby se však mohou projevovat i jiným způsobem. Tak při delším zdvihu nebo poklesu území může dojít k migraci říčních toků a k jejich pirátství nebo k antedecenci. Říční terasy při těchto pohybech extrémně divergují nebo konvergují a mohou se i nořit pod mladší nánosy.

Kromě říčních údolí jsou ukazatelem tektonických pohybů i deformace břehové čáry na mořském a jezerním pobřeží a zvláště posuny a ústupy vodních a suchozemských uloženin. V horách se sleduje kolísání sněhové čáry, rozšíření ledovců, firnovisk a morén, zvětšování osypů nebo jejich zahlinění a na úpatí hor pak vývoj pedimentů. Podle Corbela (1963) vznikají pedimenty na kontaktu oblastí zdvihu a poklesu. Vertikální pohyby mají vliv i na oživení a zánik krasu, suffose, vznik sesuvů, rozšíření ovragů, rozrušování dejekčních kuželů, vznik pohřbených reliéfů apod.

Sovětské geomorfologové vypracovali už i metodu zjišťování vertikálních tektonických pohybů. Vycházeli zatím ze studia erozních jevů hlavně na území Ruské tabule a došli k těmto závěrům:

Zvedající oblasti jsou charakterizovány:

1. náhlými změnami rychlostí toků řek (nevyrovnaný profil),
2. hrubozrnným složením jeseřů a mělčin,
3. vyklíněním některých říčních teras,

4. zúžením říčních údolí,
5. vývojem ovragů,
6. vznikem erozních a erozně-akumulačních teras,
7. abnormálně vysokými terasami,
8. mladým zařezáním řek.

Pro klesající oblasti jsou pak charakteristické:

1. malá členitost území,
2. ploché a bažinaté vodní předěly,
3. přehloubená údolí,
4. široká údolí s nízkou zamokřenou nivou,
5. silné meandrování řek a četné odříznuté meandry.

Tato metoda je jistě použitelná všeobecně a je zároveň i podkladem pro další studium tektonických pohybů a jejich průvodních zjevů.

O tom, že neotektonické pohyby nejsou ve vývoji dnešního zemského povrchu bezvýznamným činitelem, svědčí řada nových, zajímavých a zčásti i překvapivých zjištění. Tak např. rozborem rašelinišť a různých organismů metodou C¹⁴ se ukázalo, že východní část Špicberk se jen v holocénu zvedla o 400 m (Birkenmajer 1960). O suchozemském spojení Islandu s Evropou se domnívá Einarsson (1963, 1964), že bylo přerušeno až v pleistocénu.

Na Ukrajině srovnávala Setunskaja (1962) spády řek s rychlostmi recentních vertikálních pohybů zemského povrchu, zjištěnými opakovanou nivelací. Její mapa (obr. 10) také naznačuje souvislost mezi oběma jevy. Kon'kov (1962, 1963) při studiu methanonosných zón v Donbase objevil, že k nebezpečným výronům plynu dochází v místech kontrastních pohybů ker, kde vznikají též zemětřesení.

Projevy kvartérní tektonické činnosti nalezl Vinogradov (1963) na středním toku řeky Zeravšan. Říční terasy jsou tu zprohýbány ve vrásky, paleozoikum je přesunuto přes kvartér, při řekách se objevují četné antecedenice aj. Pohyby zde zřejmě nejsou ještě zcela ukončeny. Skvorcov (1963) se domnívá, že řeky Amudarja, Syrdarja, Ob a Jenisej tekly kdysi do Kaspické deprese, resp. do rozsáhlého jezera v jihozápadní části Západosibiřské nížiny a teprve tektonický pohyb způsobil jejich obrácení do dnešního směru. Také na severním pobřeží Sibíře lze sledovat projevy delšího zdvíhu. Četné dnešní poloostrovy vznikly teprve nedávno z ostrovů oddělených jen mělkým mořem od pevniny. Podle všech příznaků se ostrov Ajon ve Východosibiřském moři stane v blízké době také poloostrovem (Stovas 1964).

V Japonsku objevil už v r. 1929 Imamura, že pomalé prohýbání zemské kůry vrcholí každých 100—150 let zemětřesením. Zkoumání pomalých pohybů a deformací povrchu zemského může tedy pomoci při prognóze zemětřesení. Nejvýraznější projevy vertikálních pohybů v kůře zjistil Stubbs (1963) na Malých Sundách. Na Timoru objevil pleistocenní rifové sedimenty ve výšce 1370 m a domnívá se, že zde začíná růst nového horského systému.

Sargent (1960) vyvozuje z četných nálezů zbytků vikingských lodí ve státě Minnesota, že uprostřed Severní Ameriky bylo asi ve 14. století moře. Tento názor podepírá údaje botanickými a historickými (nápisy na kamenech), zatím však chybějí důkazy geologické. Na území Bonnevilleova jezera dokazuje Crittenden (1963) kupolovité vyklenování podle deformací přímořské čáry, která je ve střední části pánve o 64 m výše než při jejích okrajích. V předhoří pásma

Diablo v Kalifornii objevil Bull (1963, 1964) zdvižení pliocenních až pleistocenních sedimentů o více než 600 m. Také lokální konvergence teras řeky San Joaquin ukazují na periodické zdvihy území.

Nejzajímavější doklady o velkých pleistocenních vertikálních pohybech zemské kůry přináší Axelrod (1962). Podrobnou paleobotanickou, paleoklimatickou, geomorfologickou a geologickou analýzou pohoří Sierra Nevada v Kalifornii došel k závěru, že v pliocénu byla v místech tohoto pohoří krajina o nadmořské výšce kolem 300 m, porostlá listnatými lesy. Teprve postpliocenní zdvih vytvořil dnešní pohoří, které se stalo i důležitým klimatickým předělem. Zvednutí bylo provázeno čedičovým vulkanismem, vznikem několika denudačních povrchů a jejich pozdějším zprohýbáním a rozlámáním. K podobným závěrům dochází Cotton (1962), který pylovou analýzou jezerních uloženin dokazuje, že hlavní zdvih Sierry Nevady proběhl až ve středním pleistocénu.

Mladý a možná i recentní silný pohyb zemské kůry je dokázán i nálezem suchozemských kvartérních uloženin na středoatlantském hřbetu, dnes ponořených do hloubky 3000 m. Tím se objevily velké pohyby „revolučního“ charakteru a formátu i v dnešní době klidného vývoje. Také na obr. 1 uvedená migrace geosynklinály může dnes být vysvětlena jednodušeji a pravděpodobněji. Mezi oblastmi zdvihů a poklesu lze předpokládat zlom a pohyb ker pak lépe vysvětluje rotační hypotéza Čebanenkova nebo slapové síly.

Poklesy pevniny jsou na některých místech velmi markantní a často způsobují škody na hospodářských zařízeních. Ve Finsku je nutno brát na ně zřetel při plánování kanalizací pobřežních, nízko položených osad; klesání se projevuje i v celých velkých přístavních areálech (Oděsa, Riga, Tallin aj.). Zvláště rychlým poklesem je známá loděnice v Long Beach v Kalifornii, postavená v letech 1941—43. Při projektování stavby se neuvažovalo klesání tohoto pobřežního úseku, které dosahuje rychlosti 30 cm za rok. Dnes je větší část loděnice pod úrovní moře a před zatopením musí být chráněna hrázemi. Na jiných místech západních států USA způsobily vertikální pohyby zemského povrchu přetrhání rour plynovodů, zborcení sloupů elektrického vedení, klesání některých úseků vodních kanálů a tím místní záplavy, pokles vody ve studních apod.

Také na území naší republiky máme doklady o značných pohybech zemské kůry v neotektonickém období. Patří sem nejen vnik podkrušnohorských pánví, ale i změny celé české říční sítě, na Spiši zdvih výrazného Kozího chrbátu aj.

P e r s p e k t i v a v ý z k u m ů. Snaha o důkladnější poznání přírodních jevů jak v atmosféře, tak i v hydrosféře a dostupné části zemské kůry vedla v poslední době k organizování celosvětových akcí — Mezinárodního geofyzikálního roku, Roku klidného slunce aj. Jejich pokračováním je vlastně i tzv. Projekt svrchního pláště Země, který vznikl na XII. sjezdu Mezinárodní geodetické a geofyzikální unie v Helsinkách r. 1960. Na jeho provádění se podílejí nejvyšší vědecké instituce ze 30 zemí, mezi nimi i ČSSR. V projektu svrchního pláště je zařazeno v mnoha zemích (Japonsko, SSSR, USA) i studium recentních pohybů zemské kůry. První mezinárodní symposium o tomto problému se konalo v Lipsku r. 1962, druhé v Helsinkách r. 1965 a třetí má být r. 1968 v SSSR.

Kromě geodetů a geofyziků zařazují do pracovního programu problémy neotektoniky i geomorfologové. Roku 1964 vytyčila např. geomorfologická komise v SSSR tyto úkoly:

- a) objasnit zákonitosti rozmístění sopek a povahu vulkanismu,
- b) objasnit úlohu zlomových dislokací a kerné tektoniky,
- c) poznání podstaty tvorby reliéfu a mechaniky exogenních pochodů.

Je zřejmé, že už nelze zůstat jen při starých hypotézách a představách o stavbě zemské kůry a pochodech v ní probíhajících a že nelze ani pouze registrovat existenci pohybů, zjišťovanou geodeticky a oceánograficky. Ukazuje se, že jen důkladný komplexní výzkum celé této problematiky může vést k poznání podstaty a průběhu vývoje zemské kůry a jejího reliéfu.

Literatura

1. APRODOV V. A.: Predstavlenija V. A. Obručeva o neotektonike i ich daľnejšeje razvitijs. V sb.: Idei akad. V. A. Obručeva a geol. strojenii Sev. i Centr. Azii. AN SSSR, str. 180—192, 1963.
2. ARCHANGELSKIJ A. D.: Geologija i gravimetrija. Moskva 1933.
3. AXELROD D. I.: Post-Pliocene uplift of the Sierra Nevada, California. Bull. Geol. Soc. America 73, 2 : 183—197, 1962.
4. BAČMANOV A. P.: Izučenijs sovremennyh vertikalnyh dviženij zemnoj poverchnosti na territorii g. Odessy. In: Sovr. dviž. zem. kory, str. 133—140, Moskva 1963.
5. BELJANKIN F. P.: Gravitacijnyj vpliv Misjacija i Soncja na tektonični procesi v zemnij kori. Geol. žurnal AN SSSR 21 : 1, 1961.
6. BERLJANT A. M. - LITVIN L. F.: Primenenijs kartografičeskogo metoda dlja izučenijs novejših tektoničeských dviženij. Vestn. Mosk. univ., Geografija 3 : 31—38, 1964.
7. BULANŽE J. D. - MEŠČERJAKOV J. A.: Izučenijs sovremennyh dviženij zemnoj kory. Geofiz. Bjuľl. Mežduved. geofiz. komiteta pri Prezidiume AN SSSR 12 : 3—6, 1962.
8. BULL W. B.: Tectonic history as related to terraces and alluvial fan segments in western Fresno-County, California. Geol. Soc. America Spec. Paper 73 : 29, 1963.
9. — Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno-County, California. Geol. Surv. Profess. Paper 3521-E : 89—129, 1964.
10. CORBEL J.: Pédiments d'Arizona. Mém. et docum. Centre docum. cartogr. et géogr. 9 : 3, 31—95, 1963.
11. COTTON CH.: Dating recent mountain growth by fossil pollen. „Tuatara“ 10, 1 : 5—12, 1962.
12. CRITTENDEN M. D. J.: New data on the isostatic deformation of Lake Bonneville. Geol. Surv. Profess. Paper 454-E, 1963.
13. ČEBANENKO I. I.: Osnovnyje zakonomernosti razlomnoj tektoniki zemnoj poverchnosti. AN USSR, Kijev 1963.
14. EDELMAN T.: Tectonic movements as resulting from the comparison of two precision levellings. Geol. en Mijnbouw, N. S., 16 : 209—212, 1954.
15. EINARSSON T.: Some new observations of the Breidavik deposits in Tjörnæs. „Jökull“ 13, 3 : 1—9, 1963.
16. — On the question of Late-Tertiary or Quaternary land connections across the North Atlantic, and the dispersal of biota in that area. Journal Ecol. 52, 3 : 617—625, 1964.
17. GERASIMOV I. P. - MEŠČERJAKOV J. A.: Geomorfologičeskij etap v razvitii Zemli. Izv. AN SSSR, ser. geogr., 6 : 3—12, 1964.
18. GORELOV S. K.: Molodyje i sovremennyje tektoničeskije dviženija jugovostoka Russkoj ravniny. In: Sovrem. tekt. dviž. zem. kory i metody ich izuč., str. 85—95, Moskva 1961.
19. GREVE F.: Estudio Estadístico de los Sismos Sentidos en Chile durante los Annos 1942—1955. Univ. de Chile, Contribuciones Científicas y Tecnológicas, ser. F (Sismología), 1, 1956.
20. GUDELIS V. K.: Latest and recent vertical earth crust movements and the morphology of the sea coast of the East Baltic area. Bull. géod. 62 : 357—359, 1961.
21. GZOVSKIJ M. V.: Geofizičeskaja interpretacija dannyh o novejših i sovremennyh glubinných tektoničeských dviženijach. In: Sovrem. dviž. zem. kory, str. 37—63, Moskva 1963.

22. — Ispol'zovanija novejšich i sovremennykh tektoničeskikh dviženij pri detaľnom sejsmičeskom rajonirovanii novogo tipa. In: *Sovrem. dviž. zem. kory*, str. 149—178, Moskva 1963.
23. HRISTOV W. K. - GĀLĀBOV J.: Mitteilung über eine vorläufige Untersuchung über die neuen vertikalen Bewegungen der Erdkruste in Bulgarien. *Abh. d. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenw. u. Montangeol.* 2 : 314—316, Berlin 1962.
24. HSU K. J.: Isostasy, crustal thinning, mantle changes, and the disappearance of ancient land masses. *Amer. Journ. of Sci.* 263, 2 : 97—107, 1965.
25. CHABAKOV A. V.: *Ob istorii razvitiya poverchnosti Luny*. Moskva 1949.
26. IMAMURA A.: On the active faults in the Kyoto-Osaka district. *Proc. Imp. Acad.* Tokyo 5, 10, 1929.
27. KĀĀRIĀINEN E.: On the recent uplift of the Earth's crust in Finland. *Fennia* 77 : 2, 1953.
28. — Land uplift in Finland computed by the aid of precise levellings. *Fennia* 89 : 15—19, 1963.
29. KATTERFELD G. N.: K voprosu o tektoničeskom proischoždenii linejnykh obrazovanij Marsa. *Izv. Geogr. Obšč.* 91 : 3, 1959.
30. KOŇKOV G. A.: O svjazi novejšich i sovremennykh tektoničeskikh dviženij s metanonosnymi i vybrosnymi zonami v uslovjakh Donbassa. In: *Sovrem. dviž. zem. kory*, str. 365—371, Moskva 1963.
31. KOSTENKO N. P. - ČISTJAKOV A. A.: Nekotoryje zakonomernosti novejšego razvitiya gornych vpadin (na primere Zeravšanskoj kotloviny). *Bjull. Komis. po izuč. četvertič. perioda, AN SSSR*, 27 : 107—117, 1962.
32. KRAUS E.: Über Krustentendenzen in der Erdrinde. *Abh. d. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenw. u. Montangeol.*, 2 : 288—303, Berlin 1962.
33. KRUIS B.: Výzkum svislých pohybů zemské kůry v Československu. *Geod. obzor* 8 : 149—153, 1959.
34. KUKKAMĀKI T. J.: Secular movements of the Earth's surface observed in the world. *Bull. géod.* 34, suppl., 447, 1954.
35. — Recording to the secular land tilting with pipe level. *Materiály pro: Second International Symposium on Recent Crustal Movements, Aulanko, Finland 1965*.
36. KVALE A.: Recent crustal movements in Norway. *Materiál pro: Second International Symposium on Recent Crustal Movements, Aulanko, Finland 1965*.
37. LAMAKIN V. V.: Mikropulsacii zemnoj kory. *Priroda* 7 : 53—57, 1962.
38. LENNON G. M.: Tidal observations as a measure of movements of the Earth's crust. *Abh. d. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenw. u. Montangeol.*, str. 184—191, Berlin 1962.
39. LILIENBERG D. A.: Sovremennyje tektoničeskije dviženija i morfostrukturnyje osobennosti Vostočnogo Kavkaza i Zakavkaz'ja. In: *Sovrem. dviž. zem. kory*, str. 284—296, Moskva 1963.
40. LJUSTICH J. N.: Izostazija i izostatičeskije gipotezy. *Trudy Geofiz. Inst. AN SSSR* 38 (165), 1957.
41. MAAZIK V. J.: O vozmožnosti primenenija gravimetričeskogo metoda dlja vyjasnenija vertikal'nykh dviženij zemnoj kory i ich obuslovľivajuščich pričín. In: *Neotekt. dviž. v Pribaltike, Tartu*, str. 144—152, 1960.
42. MATCKOVA V. A.: Utočnenaja karta skorosti sovremennykh vertikal'nykh dviženij zemnoj kory na zapade jevropejskoj časti SSSR i nekotoryje soobraženija o periode etich dviženij. *Sovrem. dviž. zem. kory*, str. 73—87, Moskva 1963.
43. MEŠČERJAKOV J. A.: Zadači i metody geologo-geomorfologičeskikh issledovanij pri izučeníi sovremennykh tektoničeskikh dviženij. *Sovrem. tekt. dviž. zem. kory i metody ich izuč.*, str. 41—63, Moskva 1961.
44. — Vekovyje dviženija zemnoj kory. Nekotoryje itogi i zadači issledovanij. *Sovrem. dviž. zem. kory*, str. 7—24, Moskva 1963.
45. MEŠČERJAKOV J. A. - SINJAGINA M. I.: Sostojanija znanij o sovremennykh dviženijach zemnoj kory. *Sovrem. tekt. dviž. zem. kory i metody ich izuč.*, str. 11—40, Moskva 1961.

46. NIKOLAJEV N. I.: Novejšije tektoničeskije dviženija i neotektonika. Fiziko-geografičeskij atlas mira, str. 195, Moskva 1964.
47. NORMAN J. O.: Vätterbäckenets senkvartära strandlinjer. En studie över relationen strandlinjegradient. Geol. fören Stockholm förnhandl. 85, 4: 391—413, 1964.
48. OBRUČEV V. A.: Pul'sacionnaja gipoteza neotektoniki. Izv. AN SSSR, ser. geol., 1, 1940.
49. PAARMA H.: On the tectonic structure of the Finnish basement, especially in the light of geophysical maps. Fennia 89, 1: 33—36, 1963.
50. PANNEKOEK A. J.: Tertiary and Quarternary subsidence in the Netherlands. Geologie en Mijnbouw, N. S., 16: 156—164, 1954.
51. RICHTER V. G.: Sovremennye vertikalnye dviženija zemnoj kory po unasledovanim razlomam. Sovrem. dviž. zem. kory, str. 359—364, Moskva 1963.
52. SARGENT J. D.: Geophysical implications of Viking exploration in North America. "21st Intern. Geol. Congress, 1960, Part 2", str. 179—181, Copenhagen 1960.
53. SETUNSKAJA L. J.: Ein Versuch der Analyse von Längsprofilen der Flüsse zwecks Untersuchung der rezenten Erdkrustenbewegungen. Abh. d. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenw. u. Montangeol., str. 317—323, Berlin 1962.
54. SIMONSEN O.: Is the levelling datum for a continental levelling network so stable that it would permit the determination of secular movements as accurate as modern precise levelling may be observed? Material pro: Second International Symposium on Recent Crustal Movements, Aulanko, Finland 1965.
55. SINJAGINA M. I.: Nekotoryje osnovnyje voprosy izučeniya sovremennykh vertikalnykh dviženij zemnoj kory. Geodezija i kartografija 2, 1962.
56. — O geodezičeskom metode izučeniya sovremennykh dviženij zemnoj kory i rezultatach jego primenenija. Sovrem. dviž. zem. kory, str. 25—32, Moskva 1963.
57. SIRÉN A.: On computing the land uplift from the lake water level records in Finland. Fennia 73: 5, 1951.
58. SKVORCOV J. A.: Novejšije tektoničeskije dviženija v bassejne r. Syr-Dar'ji. Sovrem. dviž. zem. kory, str. 348—353, Moskva 1963.
59. STOVAS M. V.: Neravnomernost vraščeniya Zemli kak planetarno-geotektoničeskij i geomorfologičeskij faktor. Geol. žurn. AN SSSR 17: 3, 1957.
60. — O planetarnom karaktere vertikalnykh dviženij v zemnoj kore. Geol. žurnal 24, 2: 18—31, 1964.
61. — Sovremennoje tektoničeskoje podnjatije poberež'ja Belogo i Barenceva morej. Materialy meždunar. geofiz. goda, Inform. bjull. 6: 125—132, 1964.
62. STUBBS P.: The Balinese ride on a dragon's tail. New Scientist 18, 333: 18—19, 1963.
63. TAMRAZJAN G. P.: Razrušitelnye zemletrjaseniya Zakavkaz'ja i fazy Luny. Izv. AN SSSR, ser. geofiz., 12: 1510—1511, 1957.
64. — Sovremennye vertikalnye tektoničeskije dviženija zemnoj kory i periodičnost vulkaničeskikh izverženij sopražennykh s solnečnoj aktivnostju. IV. sověšč. po probl. astrogeol., str. 114—116, Leningrad 1962.
65. USPENSKIJ M. S.: Vertikalnye smeščeniya zemnoj poverchnosti pod dejstviem nekotorych processov neotektoničeskogo karaktera. Sovrem. dviž. zem. kory, str. 144—148, Moskva 1963.
66. VALENTIN H.: Gegenwärtige Niveauänderungen im Nordseeraum. Peterm. Geogr. Mitt. 98, 2: 103—108, 1954.
67. VEEN J. van: Tide gauges, subsidence-gauges and flood-stones in the Netherlands. Geol. en Mijnbouw, N. S., 16: 214—222, 1954.
68. VENING MEINESZ F. A.: Crustal warping in the Netherlands. Geol. en Mijnbouw, N. S., 16: 207, 1954.
69. VINOGRADOV O. N.: Osobennosti morfologii i evoljucii beregov Zemli Franca-Josipa. V sb.: Materialy gl'jaciol. issled. Chronika. Obsužd. 8: 175—179, Moskva 1963.
70. VINOGRADOV P. D.: O nekotorych formach projavlenija novejšej tektoniki v Centralnom Tadžikistane. Izv. AN Tadž. SSR, otd. geol.-chim. i techn. nauk, 1 (10): 71—79, 1963.
71. Vorläufige Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der DDR. Peterm. Geogr. Mitt. 2: 136—160, 1965.

NEOTECTONICS IN GEOMORPHOLOGY

In geology and geomorphology vertical movements of the earth's crust have been commonly known for a long time. Horsts, faults, overthrusts, antecedences, subsiding and upheaving shores, uplifts and subsidences of the erosion base, etc. are common phenomena. There are several hypotheses trying to elucidate the origin of these movements but none of them is satisfactory. According to Penck and Davis tectonic movements of blocks, and the subsequent revival of erosion, are natural phenomena in geomorphology which, however, does not elucidate their origin.

The opinion that deflation and sedimentation might change the Earth's balance was pronounced as early as in the 15th cent. by Leonardo da Vinci, and has been acknowledged ever since. Later, gravimetric measurements resulted in the framing of a hypothesis on the isostasy which has been taken for natural up to the present. Local gravimetric measurements serve the purpose of determining the underground structure of the area in question, and the inner mechanics of its development. From the computed thickness of the Earth's crust the direction and the magnitude of future tectonic movements may be forecast. For instance, the Kolchis and the Caspian Lowlands are to be uplifted in future to the altitude of 1500 m (Gzovskij, 1963). Also the comparatively rapid uplift of the Fennoscandia is in fact the confirmation of an identical glaciostatic assumption. The uplift most probably culminated at the time of the complete melting of the glacier, and has been getting smaller ever since. Under the Fennoscandia gravimetry has discovered a considerable lack of mass — 7 times less than under the Ukraine (Maazik, 1960). It is presumed that this difference is going to be balanced and the Fennoscandia strongly uplifted in future.

As far as the opinion of a future uplift is concerned, gravimetry strongly opposes isostasy although they ought to supplement each other.

Another imperfection of the isostatic assumption is the schematic conception of the density of rocks. Continental average density makes, $2,67 \text{ g/cm}^3$, which, of course, can vary even by 10 % in different places. Even not the assumed weight of the continental glacier at the time of the greatest Pleistocene glaciation of the Fennoscandia and North America has achieved the extend of this difference. And at the same time the whole idea of glaciostasy is based upon the very temporary load of the continent.

The hypothesis of isostatic movements and their origin assumes continuous movement of blocks going on during a balanced state of the Earth's crust. Isostatic balance would be possible only under certain conditions, i. g. in case of a symmetrical form and rotation of the Earth, a symmetrical distribution of rock mass according to the density, and symmetrical earth tides and planetary forces. None of these assumptions, however, has been fulfilled. The ignorance or overlooking of these very factors — which can influence the movements in the earth's crust before all — lead necessarily to the fact that the theory of the isostasy was based upon the assumption of fluctuating blocks loaded with sediments or ice, and upon the assumption of an uplift of the deflation area. If we admit, however, that the movements of the blocks are of endogenous or planetary origin, then deflation and sedimentation are no more the cause but the result of these movements.

And just the very misplacement of the result for the cause resulted in a common belief that the origin of the movement of the blocks was thus elucidated.

Also the theory of the geosynclines, and consequently the whole orogenesis is based upon the load of sediments. It is a common belief that every geosyncline must necessarily for isostatic reasons appear at a later stage of its development in the form of a mountain range. The question is whether the syncline really subsides under the load of deposited sediments. This assumption is only supported by long and deep channels existing along the margins of the continents. Also the subsidence of the Hungarian Lowlands — filled with sediments deposited by large rivers — confirms this idea. On the other hand, however, the Marianne Channel cannot be presumed to have subsided under the load of sediments deposited here from the neighbouring small islands. Or, the Romanche Channel in the middle of the Atlantic, etc. In these cases it is out of question that the load of the sediments should cause the subsidence. If it is possible in these cases to ignore the weight of the sediments, it may be presumed that also other channels, deflections, etc. have subsided for some other reasons. At the same time it is natural that sedimentation should go on in these areas — of course only as a result of their subsided position.

The development of geosynclines according to Grabau (1924) — and most recently also according to Hsu (1965) has achieved the form of migration due to lateral changes in the density of rocks, and does not agree with the general idea of the development in periods of evolution and revolution (Fig. 1). A similar migration of the sedimentation basin was ascertained by Pannekoek in the Tertiary on the territory of the Netherlands (Fig. 2).

Cuvier's original idea of catastrophism has achieved a milder form recently: catastrophes have become periods of revolution and the calm intervening periods are periods of evolution. This scheme of alternating periods of evolution and revolution must be based, however, upon a thorough knowledge of the whole development of the Earth and all forces that may influence it. If also other factors than classical endogenous and exogenous forces — such as the changing position of poles, changes in rotation, earth tides, etc. — exert their influence upon the Earth then also the changes in the development of the geosyncline are not due to the increase in the thickness of sediments and the increase of pressure and temperature, but are simply due to the effects of new, periodic, non-geological factors, i. e. are due to the changed rotation of the Earth, etc.

A new view of the tectonic evolution of the earth's surface and the whole earth's crust may be given by the new planetary hypothesis based upon the changes of the rotation speed of the Earth. According to this hypothesis the commonly known regularities in directions of tectonic lines (NW — SE and NE — SW) presume also a certain order of origin (Fig. 3). Stovas and Čebanenko see this order in the changes of the rotation speed of the Earth. The surface crust is connected to the main body of the earth by a plastic layer. The earth's body controls the acceleration or the slowing down of the rotation. Acceleration results in maximum deformation at the equator and the 62nd parallel. Smallest deformation occurs at the poles and the 35th parallel. A contrary situation occurs during the slowing down of the rotation speed (Fig. 4). At a rapid change in the rotation speed, the lithosphere slides against the direction of acceleration or retardation of the rotation speed of the nucleus (Fig. 5). Due to this belated adaptation of the earth's crust to the changes in the rotation speed, a regular system of intersecting fault lines arises in the lithosphere (Fig. 7, 6). When comparing this diagram with the known systems of faults, a surprising coincidence appears in their course (Fig. 3, 7). At the change in the rotation speed not only horizontal but also vertical movements of blocks take place. The basis for this phenomenon is given by the subsidence and the uplift of opposite margins of individual blocks.

Čebanenko also quotes Chabakov (1949) and Katterfeld (1959) both of whom studied the course of tectonic deformations and linear structures on the surface of the Mars and the Moon. On the Moon another main line N — S occurs besides the NE — SW and NW — SE directions. 98 % of all ascertained linear structure keep to these three main directions. On the Mars prevailing directions are 315°, 75° and 45—55° which correspond approximately to the principal directions of fault lines on the Earth.

The development of the surface of the earth is also influenced by earth tides which reach the amplitude of several decimeters (Simonsen, 1965) and most probably cause earthquakes as well. Tamrazjan (1957) discovered the dependence of earthquakes upon individual phases of the Moon, and, at the same time (1962) a certain time coincidence between the intensification of the Sun's activity and the weakening of the activity of mud volcanos (also Lilienberg, 1963). The dependence of earthquakes upon earth tides has also been proved by Greve (1956) in Chile where the majority of large earthquakes occur in the morning or between 4—6 o'clock p. m. Consequently, it was no chance that the strongest earthquake in Czechoslovakia in 1763 — which destroyed the town of Komárno — took place at about 5 o'clock a. m. And the recent earthquake in Skopje destroyed the town at about half past five a. m.

Permanent recent vertical movements most probably take place in the whole solid surface of the Earth. They were discovered by repeated level controls. Newly compiled maps of isobases show that these movements do not adapt themselves to the form of the earth's relief or the rock structure. For instance, on the map of Bulgaria isobases run across the mountain ridge Stara Planina (Balkan Mts.) in the direction NE — SW, i. e. precisely according to the new rotation hypothesis (Fig. 8).

Vertical movements of the shore line can be ascertained by the measurement of fluctuations of the sea surface. Richter (1963) introduces examples of measurements

of vertical movements of blocks carried out in close neighbourhood of the coast. Measuring instruments situated in shallow water recorded the fluctuations of blocks (amplitude up to 6 cm = Stockholm, Naples, Baku). In Mäntyluoto, Finland, stream gauges placed on a single block did not record any movement (Fig. 9). The migration of geosyncline on Fig. 1 may at the present be explained in a simpler and more probable manner. Between the area of uplift and subsidence the occurrence of faults must be presumed, and the movement of blocks will be then clearly elucidated by the new Čebanenko's rotation hypothesis.

According to the present knowledge the only agent modelling the surface of the earth are exogenous forces. Tectonic movements are presumed only in cases to which no other explanation may be applied. Up to the present nothing has been known about any permanent movement which would be due to the earth tides and the changes in the rotation speed. As soon as this movement was ascertained by repeated level controls, an investigation was carried out to determine whether it would be possible to ascertain present as well as recent vertical movements of the earth's surface by geomorphological methods.

Gorelov (1961) compared the activity of rivers in two different territories: in the upheaving Stavropol Highlands and the subsiding Azov-Cuba Lowlands. In the former area river beds are narrow and graded, incised usually some 5–7 m. The floor is either covered with a thin deposit of sand and gravel (1–5 m) or the rocky substratum is exposed. In the Azov-Cuba Lowlands wide river valleys are cut down into fine-grained alluvial sediments of an average thickness of 10–15 m. In the former area sediments display the character of coarser river deposits whereas in the latter they are of the flood soil character. Besides this, graded surface of river plains has been also observed in the uplifted areas. Young and recent vertical movements of the Earth's crust have been unmistakably proved by repeated level controls and analyses of river plains.

The best indicators of more recent vertical movements are the streams of rivers. By the analysis of the longitudinal profile of the river, river plain upheavals and subsidences may be discovered besides the thickness and facial structure of the terraces. Changes in the gradient of a river bed may be due to the change in hardness of the substratum or due to the change of the water volume at the confluence with another stream. If, however, the inflection point in the longitudinal profile has been due to none of the above reasons, the existence of an uplift or subsidence might be considered. Setunskaja (1962) compared on a map of the Ukraine the gradients of rivers with the rate of recent vertical movements (measured by repeated level controls — Fig. 10). The map demonstrates the relation of uplifts to the increase in the river gradient.

Vertical tectonic movements may also manifest themselves in a different manner. In case of a longer uplift or subsidence of an area migration of rivers, their captures or antecedences may occur. During these movements river terraces either diverge or converge, or even may submerge under younger deposits.

Besides river beds also deformations of shore lines and displacements of water-borne and wind-borne deposits are indicators of tectonic movements. Vertical movements influence the revival as well as the extinction of the karst, the origin of landslides, the disintegration of dejection cones, the origin of buried reliefs, the pediments, the enlargement or loamification of talus deposits, etc.

Soviet geomorphologists characterize uplifting areas as follows:

1. by sudden changes in velocities of river streams,
2. by coarse-grained composition of slip-off slopes and shoal heads,
3. by pinching-out river terraces,
4. by the narrowing of river valleys,
5. by the development of ovrages,
6. by the origin of erosion and erosion-accumulation terraces,
7. by abnormally high terraces,
8. by a young cutting down of rivers.

Characteristic features of subsiding areas are:

1. poorly dissected region,
2. flat and marshy water-divides,
3. overdeepened valleys,
4. wide valleys with low water logged flood plains,
5. intense meandering of rivers and numerous cut-off meanders.

This method of investigation may easily be used on a large scale. It serves as basis for a further study of tectonic movements and the accompanying phenomena. Geomorphology finally gets into the position when by ascertaining the manifestations of recent as well as present vertical tectonic movements, and by the study of their character, it may contribute to the elucidation of the development of the whole earth's crust.

Translation by Zdena Náglová

Explanations to the figures

1. Migration of geosyncline; no faults, volcanism, etc. occur along its course. Plastic crust and isostatic movement due to increase of density of rocks (and not to the weight of sediments) may be expected in place of subsidence. (After Hsu, 1965.)
2. Migration of sedimentation basin on territory of the Netherlands, demonstrated by varying thickness of Tertiary deposits. (After Pennekoek, 1954.)
3. Principal fault lines on Earth. (After Čebanenko, 1963.)
4. Diagram of distribution of geodynamic stresses on Eearth. (After Stovas, 1957.) A — at acceleration of rotation, B — at slowing down of rotation.
5. Sliding of litosphere due to uneven rotation of Earth. (After Čebanenko, 1963.) A — at acceleration, B — at slowing-down.
6. Changes in direction of rotation pressure. (After Čebanenko, 1963.) A — at acceleration of rotation of Earth, B — at slowing down of rotation of Earth.
7. Ideal network of faults due to changes in rotation speed of Eearth. (After Čebanenko, 1963.)
8. Recent tectonic movements in Bulgaria. (After Hristov and Gálâbov, 1962.)
9. Relative vertical movements of neighbouring blocks along faults. (After Richter, 1963.) A — in Stockholm, B — in Naples, C — in Mäntyluoto, Finland.
10. Comparison of river gradients with rate of recent vertical movements of earth's crust. (After Setunskaja, 1962.) 1 — zones of reduced river gradient, 2 — zones of enlarged river gradient, 3 — zones of strongly enlarged river gradients, 4 — rate of recent movements of earth's surface (in mm/year).