

E. E. Milanovskij

VÝVOJ A SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY ROZPÍNÁNÍ A PULZACE ZEMĚ.

Myšlenka možného rozpínání či růstu Země v geologické historii je stará více než sto let, ale stejně jako předpoklady o střídavém pulzování jejího objemu, které byly poprvé vysloveny o něco později, nezbudila až donedávna vážnější pozornost. V posledních letech však zájem o tyto hypotézy vzrostl jako o možný nástroj řešení rozporů mezi konkurenčními fixistickými a mobilistickými koncepcemi tektonického vývoje Země. Z fixistických pozic je dobře popsán historický vývoj kontinentů, zejména jejich dávných, relativně "tvrdých" jader – platformem či kratonů. Nesmírná doba trvání dědičného vývoje rozsáhlých vyvýšenin a prohlubní platformem (u štítů se měří na 1,5–2,0 miliardy let) ukazuje na těsné, neoddělitelné spojení jejich kůry s podložním pláštěm až do hloubky pravděpodobně mnoha set kilometrů. Pravověrné fixistické pojetí však naráží na potíže při snaze vysvětlit struktury bývalých geosynklinálních oblastí, nesoucích známky silného horizontálního stlačení, charakter tzv. ofiolitických zón a vznik oceánských depresí, zejména vnitrooceánských riftových hřbetů, kde se předpokládá horizontální rozpínání a vznik nové oceánské kůry. Podobnost mezi obrysy některých oceánských příkopů (například Atlantského oceánu) s riftovými pásy v nich je rovněž obtížně vysvětlitelná z hlediska fixismu.

Moderní verze mobilistické koncepce litosférické deskové tektoniky - vysvětluje vznik vrásové a příkrovové struktury geosynklinálních oblastí jako důsledek jejich silného horizontálního stlačování a jevy probíhající ve středoocéánských riftových hřbetech jako důsledek dlouhodobého vztlínání hluboko ohřátého plášťového materiálu v jejich osních zónách a s tím souvisejícího postupného rozbíhání boků středoocéánských hřbetů a přilehlých částí oceánských příkopů různými směry. O reálnosti posledně jmenovaného procesu, tzv. spreadingu, a jeho významné globální roli, přinejmenším v pozdních druhohorách a kenozoiku, se dnes již příliš nepochybuje a neshody se omezují především na odhad rozsahu, rychlosti tohoto procesu a šířky oceánské zóny, kterou - pokrývá.

Existenci a obrovský rozsah hypotetického procesu subdukce, při němž by při nezměněné velikosti naší planety mělo dojít k "pohlčení" oblastí zemské kůry rovnajících se těm, které nově vznikly při rozpínání, však dosud spolehlivě nepotvrdila ani seismická data, ani materiály z hlubinných vrtů. *Podle hypotézy deskové tektoniky musela být od poloviny druhohor, tj. během posledních 150 milionů let, v zónách subdukce a dalších zónách srážky litosférických desek "pohlčena" část zemské kůry, která tvoří asi 2/3 celého zemského povrchu. Pokud by, jak mnozí zastánci této hypotézy předpokládají, mechanismus rozpínání a subdukce fungoval přinejmenším po celé období fanerozoika a pozdního proterozoika (tj. 1,5 miliardy let), pak by kolizní zóny musely "pohltit" masy zemské kůry několikanásobně větší, než je celý povrch Země.* Tomu je těžké uvěřit, protože většina území současných kontinentů má kontinentální kůru starou více než 1,5-2 miliardy let. Koncepce deskové tektoniky naráží na velké obtíže, když se snaží vysvětlit tektonické a magmatické procesy probíhající ve vnitřních částech kontinentů, a zejména v rámci starých platformem. Pokud by se tyto, jakožto součást relativně tenkých (cca 100 km) litosférických desek, posouvaly po astenosférické vrstvě, nebylo by jasné, jak by si rozsáhlé oblasti platformem o rozloze milionů kilometrů čtverečních mohly zachovat charakteristické vertikální pohyby (například trvalý trend stoupání na štítech) po stovky milionů nebo dokonce 1–2 miliardy let.

Geofyzikální údaje získané v posledních letech různými metodami ukázaly, že pod vnitřními stabilními částmi kontinentů není astenosféra souvislá a tloušťka litosféry není 100-150 km, jak se předpokládá v modelu deskové tektoniky, ale dosahuje nejméně 300-500 km (Aleksjev a Ryaboj, 1981; Ryaboj, 1979; Jordan, 1979). Pokud se tyto silné kontinentální bloky vůbec "sunou" po nějaké plastické zóně, nachází se mnohem hlouběji než povrch astenosféry, po kterém by se podle modelu

litosférické deskové tektoniky měly pohybovat litosférické desky. Paleomagnetické údaje naznačují, že během druhohor a kenozoika, tj. během posledních 250 milionů let života Země, se vzdálenosti mezi jednotlivými kontinenty výrazně měnily (hlavně zvětšovaly). Zároveň ukazují, že po celé období raného proterozoika (před 2,5–1,5 mld. let) se relativní poloha platformních jader současných kontinentů (např. Austrálie, Afriky, Ameriky a dalších) neměnila [Embleton a Schmidt, 1979; Schmidt a Embleton, 1981]. Současně si jižní, gondwanské kontinenty, tvořící více než polovinu celkové plochy dávných platformních jader kontinentů, udržely svoji neměnnou vzájemnou polohu až do počátku nebo dokonce poloviny mezozoika. Tyto údaje omezují použitelnost hypotéz, které předpokládají významné vzájemné horizontální pohyby jednotlivých kontinentálních bloků, především v poslední etapě geologické historie, která představuje 3-5 % doby existence Země.

Jedna část faktů a empirických zákonitostí historie Země tak nachází uspokojivé vysvětlení z pozic fixismu a druhá část z pozic mobilistických, a to zejména hypotézy litosférických desek. Současně se objevují *nejdůležitější geologické jevy, jako je existence planetárních epoch a fází zesílení vrásně – příkrovových deformací na jedné straně a riftingu na straně druhé, periodické zesilování a zeslabování vulkanismu, plutonismu a regionálního metamorfismu v globálním měřítku, planetární regrese a související cykly morfogeneze, tvorby kůry a sedimentogeneze, které nevyplývají přímo z fixistické ani mobilistické koncepce a pro jejich vysvětlení je třeba dalších faktorů*, které mohou určovat globální periodicitu všech těchto tektonických, magmatických a dalších s nimi svázaných procesů. Je také třeba vysvětlit mnoho geologických jevů, které odrážejí vývoj Země. Patří k nim vývoj typů a parageneze hlavních strukturních prvků zemské kůry; přesun hlavní scény vulkanické činnosti z jednoho typu struktury na jiný a změna typů magmatické činnosti a specifických rysů chemismu magmatických produktů v průběhu geologické historie; *výrazné zintenzivnění a rozšíření oblastí výskytu vulkanismu v globálním měřítku v druhohorách a kenozoiku ve srovnání s pozdním proterozoikem a paleozoikem*; vývoj typů zrudnění, a to jak exogenních (pravděpodobně do značné míry souvisejících se změnami ve složení atmosféry, hydrosféry, ale i se změnami v biosféře), tak endogenních; *dramatické změny ve výskytu regionálního metamorfismu a obecně výrazné zmenšení jeho rozšíření a intenzity v průběhu geologické historie*. Přítomnost geologických jevů, které odrážejí periodičnost a směřování vývoje procesů, hmotných komplexů, struktur, a snaha dát jim přirozené a důsledné vysvětlení nutí myšlení geologů obrátit se (s. 9) k různým hypotézám, a především k předpokladům o možném rozpínání anebo pulzování velikosti Země v geologické minulosti.

První přírodně filozofické výroky o růstu a dýchání Země jako živého organismu lze nalézt u Leonarda da Vinciho [1935]. Myšlenku rozpínání Země jako předpoklad vysvětlující vznik oceánských depresí a podobnost kontinentálních pobřeží na jejich protilehlých stranách pravděpodobně poprvé vyslovil ruský vědec-samouk E. V. Bychanov v roce 1877. O 12 let později vyslovil ruský inženýr I. O. Jarkovskij [1889] myšlenku postupného růstu hmoty a objemu Země, vyplývající z originálního pojednání o podstatě gravitace jako hmotného toku směřujícího k Zemi a jiným nebeským tělesům. V těchto pracích tak byly vymezeny dva směry, v nichž se hypotetické představy o rozpínání či růstu Země dále rozvíjely: geologický, v němž byla představa rozpínání použita k vysvětlení zákonitostí stavby a historie Země či předpokládaných fyzikálních a chemických procesů v jejím nitru, a fyzikální či kosmologický, v němž byla odvozována z jakéhosi svérázného chápání přitažlivosti či později z předpokladu o změnách gravitačního pole, a zejména z redukce gravitační konstanty v čase. V tomto případě geologické údaje neslouží jako základ hypotézy, ale pouze jako jeden z prostředků jejího ověření.

Vyroky zakladatelů myšlenky rozpínání či růstu Země zůstaly nepovšimnuty, ale v první polovině 30. let XX. století se idea rozpínání Země opět téměř současně, a navíc nezávisle objevuje v pracích německého geofyzika O. Hilgenberga [Hildeberg, 1933; Kolčanov, 1971], jihoafrického astronoma J. K. Halma [Halm, 1935, Milanovskij, 1936] a sovětských geologů M. M. Tetjajeva [1934] a V. M. Bukanovského. Tentokrát vzbudila hypotéza o rozpínání Země mezi geology značný zájem. Ve 30. až 50. letech 20. století vyslovila předpoklad rozpínání Země a dalších nebeských těles řada fyziků: P. Dirac, dále L. Egedy, P. Jordan, D. D. Ivanenko a další, kteří tento jev spojovali s hypotetickým

procesem změny gravitační konstanty, která by se podle názorů některých teoretiků fyziky měla při rozpínání vesmíru snižovat úměrně jeho stáří.

Když se v souvislosti s rozsáhlým rozvojem geologických a geofyzikálních výzkumů oceánského dna začal rýsovat světový systém vnitrooceánských riftových hřbetů s kontinentálními větvemi, v jejichž rámci dochází k významnému horizontálnímu rozpínání zemské kůry, byla téměř současně několika geology v Austrálii [Carey, 1976 a další] vyslovena myšlenka o všeobecném rozpínání Země, v Sovětském svazu [Kirillov, 1958; Nejman, 1962], západní Evropa [Holmes, 1965] a Spojené státy [Heezen, 1966; Schneiderov, 1961]. Tato myšlenka, zpočátku vyjádřená v poněkud schematické a místy primitivní podobě, se zpočátku setkávala spíše se skeptickým postojem, ale v 60. a 70. letech 20. století postupně nabývala na síle, rozvíjela se a získávala u nás stále více příznivců [Blinov, 1977, 1978; Veselov, 1976; Larin, 1980; Levčenko, 1979; Letavin, 1980; Lishnevskii, Kremenetskii, 1975; Lyubimova, 1968; Milanovskii, 1978a, 1978b, 1980; Muratov, 1975; Smyslov et al., 1979; Solovjeva, 1981; Udintsev et al, 1980; Štengelov, 1980; Šurkin a Mitrofanov, 1974, Milanovski, 1980] a v zahraničí [Čirič, 1974; Crawford, 1979; Embleton, Schmidt 1979; Glickson, 1980; Owen, 1976; Ricard, 1980; Schmidt, Embleton, 1981; Steiner, 1977].

Hypotetické představy o rozpínání či růstu Země v průběhu její geologické historie se v poslední době poměrně výrazně liší jak co do rozsahu, tak co do příčin údajného rozpínání naší planety. Někteří badatelé, jako například známý australský geolog S. W. Carey [Carey, 1976], přímo prohlašují, že tyto důvody neznají, a uchylují se k hypotéze rozpínání jako k jedinému, podle jejich názoru, předpokladu, který umožňuje vysvětlit, hlavní zákonitosti tektonické stavby a vývoje Země, aniž by se dostával do rozporů. Jiní autoři se přiklánějí k jedné ze tří předpokládaných příčin rozpínání Země.

Někteří z nich, v návaznosti na I. O. Jarkovského, připouštějí, že zvětšování objemu Země a dalších nebeských těles v průběhu času bylo doprovázeno úměrným růstem jejich hmotností. Takové představy o růstu Země, nárokuje si revizi základních fyzikálních zákonů (s. 10) byla předneseny v některých referátech na moskevské konferenci v roce 1981 (Blinov, K. G. Veselov, I. G. Kirillov, I. B. Neuman). (V.F. Blinov, K.G. Veselov, I.V. Kirillov, V.B. Neiman). S ohledem na to, že poučení z dějin vědy nás varuje před nebezpečím ignorování některých myšlenek, které se kdysi zdály být "kacírské", ba dokonce absurdní, musíme vzít v úvahu, že takové názory mají pravděpodobně právo na existenci, ale dosud měly jen velmi málo opodstatnění. Zdůrazníme, že tyto představy předpokládají výrazný nárůst gravitace během historie Země, což je v rozporu s geologickými údaji, a také to, že kromě Země měly růst i všechny ostatní planety naší sluneční soustavy, což nepotvrzují ani nejnovější údaje ze studia planet zemské skupiny.

Jiní badatelé se domnívají, v návaznosti na P. Diraca a další, že během vývoje vesmíru klesala gravitační konstanta, a proto se postupně snižoval tlak na látku naší planety a docházelo k jejímu řidnutí, což vedlo ke zvětšování poloměru Země¹. Představa poklesu gravitační konstanty v čase však dosud nebyla striktně prokázána a je přijímána pouze některými teoretickými fyziky. Podle této představy se mohl poloměr Země během jejího života zvětšit jen asi o 10-20 % a během druhohor a kenozoika o méně než 1 %, což se zdá být příliš málo. Konečně, kdyby rozpínání Země bylo způsobeno pouze poklesem gravitační konstanty, mělo by probíhat rovnoměrně v čase a projevovalo se stejně na všech planetách sluneční soustavy; ve skutečnosti se však rozpínání projevuje na různých planetách zemské skupiny různě (viz sdělení A. M. Nikishina v tomto sborníku).

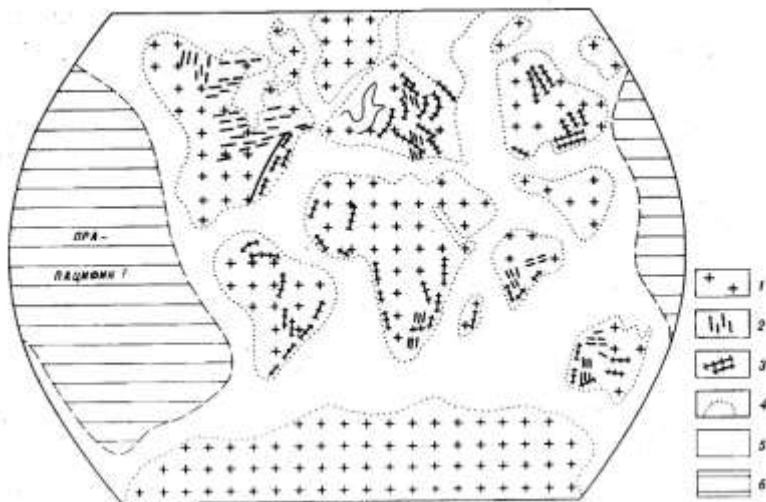
Nakonec lze předpokládat, že poloměr Země po akreční epoše se s časem zvětšuje, aniž by došlo k výraznému nárůstu její hmotnosti, a to v důsledku dekompozice hmoty v důsledku různých procesů probíhajících v jejích útrobách. Gravitační zrychlení na povrchu Země v průběhu geologického času musí klesat úměrně čtverci nárůstu jejího poloměru. Lze například předpokládat, že *k většímu či menšímu rozpínání Země docházelo v průběhu geologického času nerovnoměrně, postupně se zintenzivňovalo, nebo se projevovalo jednotlivými impulsy, případně její velikost periodicky podléhala výkyvům (pulzacím) na pozadí převažujícího rozpínání v důsledku střídání období dekonsolidace a*

¹ Americký fyzik W. Canuto (Canuto, 1981) nedávno zpochybnil to, že pokles gravitační konstanty musel být doprovázen zvětšením poloměru Země.

konsolidace Země. Tato nejpružnější varianta hypotézy o rozpínání Země otvírá největší možnosti vysvětlení mnoha geologických otázek.

Pro geology je velmi atraktivní možnost vysvětlit vznik současných oceánských příkopů nebo v každém případě středooceánských riftových hřbetů jako výsledek rozpínání, aniž by se museli uchýlovat k mnohem méně rozumnému předpokladu kompenzační subdukce. Někteří badatelé, kteří se drží myšlenky rozpínání Země, subdukci zcela vylučují, a další, jako například Steiner (1977) připouští její reálnost, ale zároveň konstatuje, že maximální plocha zemské kůry "pohlčené" v procesu subdukce během druhohor a kenozoika by měla být nejméně o třetinu menší než plocha nové oceánské kůry současně vytvořené v procesu rozpínání. Podle této hypotézy *k výrazné globální expanzi nedošlo rovnoměrně po celém povrchu planety, ale v důsledku laterální strukturní heterogenity se realizovala pouze v některých nejslabších zónách* – především v lineárních pohyblivých pásech a snad i v některých dávných oceánských depresích (např. v Tichém oceánu, Pacifiku), mnohem méně ovlivňuje staré tuhé konsolidované bloky.

Známky pravděpodobného rozpínání Země lze nalézt již v nejranějších fázích jejího vývoje. Mohlo se vyskytovat po celou geologickou historii, ale jak bylo uvedeno výše, v různých obdobích života Země se pravděpodobně projevovalo nerovnoměrně a v mírně odlišných formách. Rozlišují se tři hlavní fáze předpokládané expanze Země (obr. 1-3). Současně se hustota sítě lineárních struktur roztažení v čase zmenšuje a jejich rozměry se zvětšují.



Obrázek 1.

Odhadované rozpínání Země v archaiku (před 3,5-2,5 miliardami let) a snad i v raném proterozoiku (před 2,5- 1,65 miliardami let).

1 - území budoucích prahorních platform tvořených převážně archaickými - metamorfity;

2 - lineárně protažené zóny, v jejich rámci – archaické zelenokamenné pásy; 3 - raně archaické (?) granulitové pásy; 4 - přibližné obrysy budoucích starých platform; 5 - oblasti s předpokládanou sialickou kůrou vzniklou v archaiku mezi ranými platformami; 6 - oblast Tichého oceánu se simatickou kůrou vzniklou pravděpodobně v důsledku rozpínání Země v archaiku-raném proterozoiku.

Tyto tendence je možné spojit s postupným svislým narůstáním litosféry. Nejintenzivnější procesy rozpínání a fragmentace zemské kůry probíhají v archaiku, raném proterozoiku (?), pozdním proterozoiku a mezozoiku-kenozoiku. V první z těchto epoch se expanze projevuje vznikem husté meandrující sítě tzv. zelenokamenných pásů, které drtily protokontinentální kůru v rámci dnešních starých platform a byly zónami mimořádně silných sopečných erupcí [Gračev a Fedorovskij, 1980; Milanovskij, 19816; Sinicyn, 1979; Glikson 1980].

Globální expanze v raném proterozoiku je nepochybně méně významná než v archaiku, ale někteří

vědci připouštějí, že v této epoše mohla být ostře asymetrická a projevila se především *vznikem protitchoceánské prohlubně zbažené kontinentální kůry*. Jiní badatelé (Glikson 1980) považují takový předpoklad za nepravděpodobný.

Další, pozdně proterozoická (*rifská*) epocha zvýšeného rozpínání se projevuje vytvořením systémů geosynklinální pásů mnohem širších a rozsáhlejších než archaické a raně proterozoické pohyblivé zóny, které oddělovaly staré platformy a oddělovaly je řadou užších, lineárně rozšířených příkopovitých depresí – avlakogenů, strukturně spojených s těmito pásy. Geosynklinální pásy, stejně jako mnohé avlakogeny, byly obnoveny v raném nebo středním paleozoiku, ale ani nové geosynklinální pásy, ani nové avlakogeny se v těchto obdobích neobjevily [Milanovský, 1981 b, 1982).

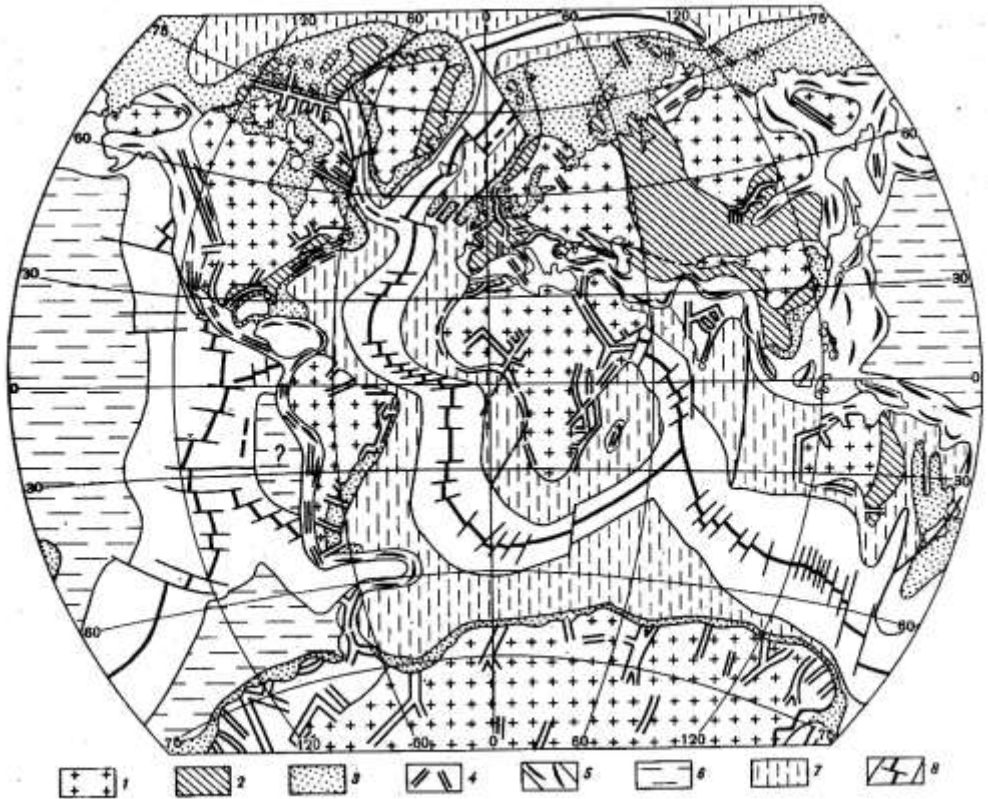
Poslední megaepocha největšího zesílení procesů fragmentace a rozpínání zemské kůry spadá do druhohor a kenozoika. Projevuje se nejprve intrakontinentálními riftovými zónami, mezikontinentálními a poté vnitrooceánskými riftovými pásy, oddělováním kontinentálních masivů a fragmentací některých z nich novými nebo částečně regenerovanými riftovými zónami [Milanovskij, 1978 a, 1978 b, 1981 b, 1982]. Není pochyb o tom, že v současné době a v minulých geologických epochách horizontální rozpínání v některých částech Země je spojováno se smršťováním v jiných částech, jak dokazují opakovaná geodetická měření na geodynamických polygonech.



geosynklinální pásy vznikly v pozdním proterozoiku v důsledku intenzivnějšího rozpínání a rekonstruované v paleozoiku; 4 - předpokládané oblasti superkontinentu (superplatformy?) Gondwany, která následně prošla potopením, roztažením a přepracováním; 5 - údajné mořské dno Tichého oceánu.

Obecně se však poslední pliocén-čtvrtohory v tektonické historii Země vyznačují převahou expanze nad kompresí. To potvrzuje prudké zesílení extenzních deformací ve většině aktivních riftových zón Země, jak intrakontinentálních, tak oceánských, a naopak ukončení kompresních deformací v mnoha (i když zdaleka ne všech) částech pozdně kenozoických orogenních složených struktur [Milanovskij, 1981 a].

Studie E. C. Štengelova [1980, stejně jako jeho zpráva v tomto sborníku) provedené geofyzikálními, hydrogeologickými a geochemickými metodami v řadě oblastí Sovětského svazu ukázaly, že v nich



Obrázek 3. Odhadované rozpínání Země v druhohorách a kenozoiku (0,25-0 miliard let) (Milanovsky, 1982)

1 - staré platformy; 2 - epigeosynklinální paleozoické zvrásněné oblasti; 3 - totéž co 1 a 2 v mělkých částech oceánu; 4 - kontinentální mezozoické a kenozoické tahově-zlomové zóny; 5 - kenozoické geosynklinální a mezozoicko-kenozoické episynklinální zvrásněné oblasti - zóny střídavého napětí a smršťování v mezozoiku-kenozoiku; 6 - dno Tichého oceánu, obnovené v druhohorách až kenozoiku; 7 - okrajové zóny Indického, Atlantského a Severního ledového oceánu - oblasti mírného rozpínání a přepracování kůry v druhohorách; 8 - vnitrooceánské riftové zóny - oblasti intenzivního rozpínání a nově vzniklé oceánské kůry v pozdních druhohorách a kenozoiku.

existují jasně lokalizované pásové zóny současného, otevřeného, tekutinám propustného štěpení, které tvoří hustou, většinou mřížkovitou síť, jež rozbíjí zemskou kůru na bloky. Zlomové zóny zasahují celý vrstevnatý geologický úsek, včetně nejmladších sedimentů. Šířka zlomových zón se pohybuje od stovek metrů do několika kilometrů a šířka bloků mezi nimi od několika kilometrů do 20-30 kilometrů. U některých zlomových zón existují geodetické důkazy o jejich současném otevírání. V některých seismicky aktivních oblastech (například na Krymu) jsou seismická ohniska omezena na zóny otevřených zlomů nebo na jejich rozpínání a v mnoha případech je orientace os tahových napětí v seismických zdrojích sblížena s kolmicí na směr zlomových zón. Šířka zlomových zón se pohybuje od stovek metrů do několika kilometrů a šířka bloků mezi nimi od několika kilometrů do 20-30

kilometrů.

Hypotéza o rozpínání Země, přesněji řečeno o postupném snižování hustoty Země, je v souladu s údaji, které mohou poukazovat na *klesání přitažlivé síly v geologickém čase*². Patří k nim *velmi hluboký regionální metamorfismus rozšířených hornin raně archaického granulitového pásma*, který, soudě podle experimentálních údajů, naznačuje jejich vznik v geologicky téměř nepravděpodobné hloubce 30-40 km (pokud předpokládáme, že tlaky a teploty v podpovrchových vrstvách odpovídají současným). Pokud však, jak připouštějí K. A. Šurkin a F. P. Mitrofanov (1974) a E. N. Lišnovskij a A. A. Kremeněckij [1975] a další, byla Země na počátku archaiku, tj. před 3,5 miliardami let, menší, než řekneme polovina současné hodnoty, mohl být stejný litostatický tlak dosažen v hloubce dvaapůlkrát menší, tj. asi 15-20, resp. 7,5-10 km. Teploty potřebné pro vznik hornin granulitového stupně metamorfismu mohly existovat v podobných hloubkách na počátku archaika.

Představy o postupném snižování gravitace v průběhu geologické historie, jak ukázal B. A. Mal'kov (viz jeho zpráva v tomto sborníku), mohou vnést světlo do *záhadných problémů vzniku diamantonosných kimberlitových trubic*. Podle experimentálních údajů by k výskytu diamantů a některých jejich průvodců v nich obsažených mohlo docházet pouze při teplotách a tlacích dosahovaných v dnešní době v hloubkách větších než 150-200 km, zatímco hlavní část látky kimberlitových trubic nepochybně vznikla v mnohem menších hloubkách. Absolutní stáří diamantů obsažených v trubicích, pokud se je podařilo určit, se ukázalo mnohem starší (archaikum) než stáří samotných trubek, z nichž většina pochází z druhohor nebo prvohor a pouze nejstarší z nich jsou pozdně proterozoické. Ve světle hypotézy o postupném poklesu gravitace během vývoje Země lze předpokládat, že vznik diamantonosných kimberlitových ložisek měl několik fází: ranou (archaikou), kdy diamanty mohly vznikat v nejsvrchnější části pláště v hloubkách několika desítek kilometrů, a pozdní, kdy byly z těchto hloubek zachyceny a vyzdviženy s ultrabazickou hmotou kimberlitových trubic až na povrch. Přítomnost nekimberlitových zdrojů diamantů omezených na tektonické výstupy v prekambriickém svrchním zemském plášti činí tyto předpoklady ještě pravděpodobnějšími.

Kvantitativní údaje umožňující posoudit větší gravitaci v geologické minulosti poskytují paleontologie. Moderní elektronmikroskopické metody výzkumu epitheky (vnější části kostry) jednotlivých korálů umožňují stanovit v něm vedle ročních cyklů růstu také denní rytmy jejího růstu. Jestliže u současných korálů je počet denních rytmtů v ročním cyklu asi 365, v pozdním karbonu je to asi 390 a ve středním devonu asi 400 (Runcorn, 1966; Wells, 1963). V důsledku toho *se rychlost rotace Země (respektive počet otáček Země kolem své osy během roku) v průběhu času postupně snižovala, což mohlo být způsobeno postupným zvětšováním objemu Země a snižováním její hustoty*³. Pomineme-li vliv slapového tření, lze odhadnout, že toto snížení rychlosti rotace Země mohlo být způsobeno zvětšením zemského povrchu od středního devonu o 8,5 % a od konce karbonu o 7 % a poloměru Země o 4,2 %, resp. 3,5 %. Údaje o korálech ukazují, že rychlost rotace klesala nerovnoměrně a jako by během tohoto procesu docházelo i k určitým výkyvům.

Paleontologie také poskytuje nepřímé důkazy o postupném snižování gravitace v průběhu - geologického vývoje. Až do konce prekambria žili na Zemi pouze kosterní živočichové s měkkým tělem, jejichž hustota těla se rovnala hustotě vody, ve které žili, jako by se nacházeli ve stavu "beztíže". Teprve na přelomu prekambria a kambria získali zástupci řady skupin bezobratlých téměř současně kosterní prvky. Jejich kosterní struktury a jejich relativní podíl na celkové hmotnosti organismů se následně postupně zvyšovaly. Zvířata získala s pomocí kosterních struktur nejprve schopnost aktivně se pohybovat ve vodním prostředí nebo úspěšně odolávat jeho pohybům, poté

² V literatuře se rovněž objevují náznaky procesu postupného zvyšování gravitace v průběhu historie Země (Smirnov a Lubina, 1969). Tyto závěry jsou však založeny na velmi omezeném a nereprezentativním materiálu o proterozoiku (tito autoři nezaznamenali významné změny ve fanerozoiku) a nelze je považovat za opodstatněné.

³ Je třeba zdůraznit, že tyto údaje mohou naznačovat absolutní zpomalení rotace Země pouze tehdy, pokud se délka roku nezkrátila. (s. 15).

schopnost plazit se a chodit po povrchu souše, a nakonec získala schopnost létat. Tyto kroky ve změnách struktury a podmínek existence, kterými paralelně procházely různé skupiny organismů, přirozeně souvisejí s postupným snižováním gravitace, která jim stále více usnadňovala možnost volného pohybu nejprve ve vodním prostředí, pak na souši, a nakonec ve vzdušném prostředí. Opačný závěr (o zvýšení gravitace), který z analýzy těchto faktorů vyvozuje F. P. Krendělev [1977], se zdá být nepřesvědčivý.

Paleomagnetické údaje byly různými autory použity jak k prokázání poměrně významných změn poloměru Země v geologické minulosti (především jeho postupného zvětšování), tak i k popření jakýchkoli výrazných výkyvů. Zcela nedávno australští paleomagnetologové R. Schmidt a B. Embleton [Schmidt, Embleton, 1981] doložili, že okolo 1,6 mld. let na přelomu raného a pozdního proterozoika byl poloměr Země jen asi 55 % dnešního a všechny dnešní masivy s kontinentální kůrou těsně sousedily. Později, před 1,6-1,0 miliardami let, začalo výrazné rozpínání naší planety, kdy se mezi kontinentálními bloky objevily první velké oblasti oceánské kůry.

V současné době se tak nashromáždila celá řada údajů, jejichž nejpřirozenější interpretace vychází z předpokladu o postupném zvětšování objemu a odpovídajícímu snižování hustoty Země. Aniž bychom vylučovali roli možného poklesu gravitační konstanty nebo jejího kolísání jako jednoho z faktorů řídících hypotetické změny objemu Země, předpokládáme však, že hlavní příčinou nárůstu (a změn obecně) objemu by mohly být procesy probíhající v nitru planet během jejich vnitřního vývoje. Známky nejvýraznější expanze lze pozorovat na Zemi, která zůstává "živou" planetou, slabší na Marsu [Milanovskij, Nikišin, 1981, 1982] a Venuši, které vyčerpaly vnitřní zdroje tektonické a magmatické aktivity dříve, a prakticky zanedbatelné na Merkuru a Měsíci, jejichž endogenní aktivita ustala nejméně před 2,5-3,0 miliardami let (viz sdělení Nikišina v této knize). Chemické složení zemského jádra a spodního pláště a povaha procesů, které v nich probíhají, jsou bohužel stále nejasné, stejně jako povaha významné části tepelné energie Země. Nicméně řada badatelů, vycházejících z různých - modelů vnitřní stavby Země, dospěla v poslední době k závěru o nevyhnutelnosti jejího většího či menšího rozpadu a rozpínání.

Tak V. L. Barsukov a V. S. Urusov (viz jejich zpráva v tomto sborníku) ukázali, že silikát-oxidová hmota pláště s hloubkou prochází řadou polymorfních přeměn, které způsobují zejména skoky v rychlostech podélných a přechodových vln a v hustotě hmoty na horní a dolní hranici přechodové zóny mezi svrchním a spodním pláštěm. Oteplování podpovrchových vrstev v průběhu času posouvá hloubku těchto přechodů, přičemž horní a dolní hranice přechodové zóny se pravděpodobně posouvají různými směry. *V důsledku těchto fázových přechodů, jakož i tepelné roztažnosti látky v útrobach, by podle Barsukova a Urusova mělo v průběhu času dojít ke zvětšení poloměru Země, které by mělo dosáhnout alespoň několika procent (nebo prvních stovek kilometrů)*

V. N. Larin [1980] se na základě svého hypotetického modelu původního převážně hydridového složení Země (kovy a křemík + vodík) domnívá, že vnitřní jádro současné Země tvoří hydridy kovů, vnější jádro kovy s rozpuštěným vodíkem, spodní plášť kovy a jejich sloučeniny s křemíkem a svrchní plášť a kůra křemičitany a oxidy. Všechny hlavní geologické jevy podle Larinovy hypotézy souvisejí s odplyňováním vodíku z jádra planety. Larinův model předpokládá větší rozpínání planety při jejím vývoji. Hlavním důvodem je skutečnost, že se oceánská koryta v druhohorách a kenozoiku poměrně rychle rozšiřovala. Zrychlení tohoto jevu v čase je v souladu s údaji o relativně rychlém rozpínání oceánských depresí v druhohorách a kenozoiku. Expanze by měla být cyklická a období expanze by se měla střídát s přestávkami, a dokonce s obdobími určité kontrakce.

Otázka rozsahu a rychlosti možného rozpínání Země během geologické historie tedy není různými badateli řešena stejně a obecně zůstává otevřená. Jak bylo uvedeno výše, *údaje o metamorfismu starých archaických granulitových pásem naznačují, že v průběhu posledních 3,5 miliardy let se poloměr Země mohl zvětšit 1,5 až 2krát. Paleomagnetické údaje naznačují, že poloměr Země se mohl za posledních 3,5 miliardy let zvětšit 1,52krát.* Paleomagnetické údaje naznačují rozšíření o více než 1,5násobek již od počátku pozdního proterozoika (1,6 miliardy let). Průměrné údaje o rychlosti otáčení Země (přesněji řečeno o počtu dní v roce) ve středních a pozdních prvohorách na základě

studia korálů naznačují, že poloměr Země se mohl v druhohorách a kenozoiku, tj. za posledních 250 milionů let zvětšit maximálně o 5-10 % a zemský povrch o 10-20 %. To ukazuje, že ne celý povrch hlubokovodních příkopů tzv. sekundárních a mladých oceánů (Atlantského, Indického a Severního ledového oceánu) mohl vzniknout v důsledku planetární expanze, jak se někteří badatelé domnívají, ale většinou pouze vnitrooceánské (střední) riftové hřbety, které téměř jistě vznikly v průběhu procesu oceánské rozpínání, které bylo zřejmě jen částečně kompenzováno horizontální kompresí v mezozoiko-kenozoických geosynklinálních pásmech. Tyto představy o mírném (co do tempa a rozsahu) rozpínání Země se autorovi zdají nejpravděpodobnější.

Ačkoli hypotéza o rozpínání Země nabízí řešení některých nejobtížnějších geologických problémů, sama o sobě selhává, stejně jako koncepce fixismu a mobilistického přístupu a nedokáže vysvětlit některé zásadní otázky týkající se vývoje Země. Patří mezi ně masivní horizontální kompresní deformace v zemské kůře, periodicitu a globální simultánnost některých klíčových geologických jevů jako je existence planetárních epoch a vrásvo – příkrovových fází, periodický nárůst a pokles vulkanismu, plutonismus, regionální metamorfismus v globálním měřítku, planetární transgrese a regrese a související cykly morfogeneze, tvorby kůry a litogeneze. Přírozené vysvětlení všech těchto jevů poskytuje hypotéza pulzace v geotektonice. Představu o pulzacích Země připravili vědci, kteří zjistili periodicitu a planetární charakter intenzivních tangenciálních kompresních deformací v zemské kůře, především práce H. Stilleho z počátku 20. let (Stille, 1924) o fázích vrásnění. Irský geofyzik J. Jolee [Jolie, 1924], který dále rozvíjel Wegenerovy mobilistické myšlenky, vyslovil názor, že k horizontálnímu pohybu kontinentálních desek dochází pouze v určitých obdobích, kdy v důsledku akumulace radionuklidové tepelné energie v podpovrchovém substrátu dochází k jeho přechodu do stavu tání. Rotace a slapové síly se dají do pohybu, čímž se dají do pohybu i kontinentální desky, které začnou v krátkodobém nebo střednědobém horizontu roztahovat zemskou kůru. Kontinentální desky se začnou roztahovat, lámat, oddělovat jedna od druhé a klouzat po roztátém podloží jako soustava ledových ker. Obnažují části horkého substrátu, nad nimiž se dřívě nacházely. To vede ke zvýšenému přenosu tepla ze Země do vesmíru a kontinentální bloky postupně "zamrzají" do ochlazeného podloží a zároveň podléhají tlakové deformaci. Postupným radioaktivním zahříváním podloží se toto vrací do plastického stavu a cyklus přemísťování kontinentálních bloků se opakuje. Jolly tak do geologické vědy zavedl myšlenku tepelných cyklů ve vývoji Země, které se skládají z fáze zahřívání a dekompozice podpovrchového substrátu a z fáze ochlazení a zhutňování, doprovázené zmenšováním jeho objemu a plochy, respektive deformací a drobením kůry v zónách, které jsou k tomu nejnáchylnější. Jollyho názory nadšeně podpořil významný sovětský geolog A. D. Archangelskij, který v roce 1929 v předmluvě k ruskému překladu své knihy napsal: „Červená nit v životě zemské kůry je střídáním epoch, kdy tato kůra prochází obrovským smršťováním, a epoch, kdy se v zemská kůře živě projevují stejně silné tahové síly.“ (s. 17)

Hypotéza pulzace Země získala poprvé podobu uceleného teoretického konceptu v Bucherově knize "Deformace zemské kůry" (Bucher, 1933). Bucherovy myšlenky byly rozvinuty v pracích akademiků V. A. Obručeva [1940] a M. A. Usova [1940], které vyšly v předválečných letech. Nezávisle na Bucherovi vyslovili v roce 1934 M. M. Tetjajev [1934] a V. N. Bukanovskij myšlenku střídavého rozpínání a smršťování Země na pozadí převládající expanze na základě analýzy geologických údajů o existenci geotektonických cyklů a obecných zásad dialektického materialismu, zejména Engelsových názorů na vývoj hmoty.

V poválečných letech byla pulzační hypotéza často zmiňována v souhrnných pracích o geotektonice (Chain, 1973). Jako významný nedostatek této hypotézy však byl označen nedostatek spolehlivých důkazů o fázích všeobecné globální expanze. Důležitou roli při kritice této hypotézy sehrály pokusy některých významných geologů, zejména N. S. Šatského, vyvrátit existenci fází vrásnění, které byly považovány za projev hluboce mylných představ neokatastrofismu v geologii. Pouze někteří sovětské geologové, jako P. N. Kropotkin [1970] a N. E. Marťanov [1968], byli silnými zastánci pulzační hypotézy. V poslední době se však stále více uznává existence fází vrásnění a obecně globální

periodicita tektonických pohybů.

V 70. letech, v souvislosti se zstřením boje mezi fixistickými a mobilistickými představami o původu struktur epigeosynklinálních zvrásněných oblastí a s rychlým rozvojem studia riftových zón, začíná získávat stále větší uznání a popularitu pulzační hypotéza [Kazarinov, 1979; Kropotkin, 1980; Milanovskij, 1978 a, b a další]. Analýza rychle se hromadících různých geologických dat stále více vyžaduje sjednocení představ o různě dlouhých pulzacích Země a jejím obecném rozpínání během velmi dlouhých období geologické historie nebo dokonce během celého života Země jako planety (Milanovskij, 1978 a a další). Jak známo, hypotéza deskové tektoniky předpokládá globální kompenzaci plošného efektu rozpínání v oceánech a slabšího rozpínání v kontinentálních riftových zónách na jedné straně a různých forem srážek litosférických desek, především subdukce, na straně druhé. Pokud je zjištěna nepravidelnost komprese ("srážka desek") v čase, pak by měla být nepravidelná i intenzita "spreadingu" a "folding phases" by měly být zároveň fázemi zrychlení spreadingu a kontinentálního riftingu. Podrobné studium historie riftingu na kontinentech a rozpínání v oceánských riftových zónách potvrdilo existenci globální periodicity v projevech riftingu [Kazmin, 1975; Schwan, 1980, aj.], ale ukázalo se, že fáze zesílení riftogeneze se nekryjí s fázemi vrásnění, tj. zesílení "srážky litosférických desek", ale střídají se s nimi v čase [Milanovskij, 1978 b, 1981 aj.]. Fáze zintenzivnění kompresních procesů v geosynklinálních oblastech jsou doprovázeny oslabením nebo úplným ukončením horizontálního rozpínání v riftových zónách, nebo dokonce slabými projevy horizontální komprese v některých kontinentálních riftových zónách (například v riftu Benue) a výraznou reorganizací tektonického plánu rozpínání v některých oceánských riftových zónách. Slabší projevy komprese než v geosynklinálních oblastech během rifea, paleozoika, místy v mezozoiku a někdy i v kenozoiku probíhaly také v avlakogenech starých platform – doněcké, timanské, dánsko-polské a dalších (Milanovskij, 1982). Všechny tyto jevy nelze vysvětlit z pozice neměnnosti poloměru Země; naopak vyžadují předpoklad periodických pulzací objemu planety: rozpínání během fází roztahování a smršťování během fází zesilování deformace stlačováním. Riftové zóny jsou pro projevy globálního rozpínání příznivější, protože v podobných epochách v nich dochází ke zvedání podkladového plášťového materiálu, který jakoby "ucpává" vznikající "mezery" a činí je méně měkkými pro následné projevy komprese. Nejcitlivější na projevy globální komprese jsou však geosynklinální propady s tendencí hlubokého poklesávání a akumulace tlustých poloh vrstevnatého materiálu, při čemž dochází ke stlačování tohoto materiálu a jeho vytlačování směrem nahoru a do stran. Důvodem, že ke stlačování nedochází ve všech geosynklinálních oblastech a jejich zónách (s. 18) je zřejmě to, že pouze část těchto zón je v určitém okamžiku "zralá" pro takové deformace, protože jejich podloží, dříve poměrně tuhé a nepoddajné, je nyní hluboce zahloubeno, zahřáto, granitizováno a získává plasticitu potřebnou pro své drcení a stlačování a odpovídající mechanické působení na mocné stratigrafické vrstvy, které je překrývají. Rozpínání a smršťování Země tedy neprobíhá na jejím povrchu rovnoměrně, ale v oddělených zónách, které jsou pro to příznivé. Funkce těchto zón v různých fázích historie Země patřily různým strukturálním prvkům. Zpočátku tyto deformace probíhaly v různých fázích vývoje stejných pohyblivých lineárních zónách. V archaiku se tak projevy v husté síti zelenokamenných pásem, která zpočátku zažívala napětí a poté kompresi [Gračev a Fedorovskij, 1980; Sinicyn, 1979]. V archaiku nebo dokonce v katarchaiku vznikly větší a delší pohyblivé zóny, které později opakovaně procházely střídavým roztahováním a stlačováním a dnes se projevují v podobě granulitových pásem. V raném proterozoiku to byly protogeosynklinální oblasti a užší avlakogeosynklinální zóny, v pozdním proterozoiku a paleozoiku rozsáhlé geosynklinální pásy, v nichž počáteční protažení pravděpodobně převýšilo následnou silnou kompresi, a avlakogeny na starých platformách, kde naopak počáteční protažení při vzniku příkopů zpravidla převýšilo následnou kompresní amplitudu. V druhohorách a kenozoiku převzaly roli hlavních expanzních zón grandiózní riftové zóny oceánů a menší a širší kontinentální riftové zóny, zatímco roli hlavních kontrakčních zón hrály postupně se smršťující geosynklinální pásy. V těch se jak v raných fázích, zejména ve fázích otevírání ofiolitických příkopů, tak v pozdní orogenní fázi projevy i tahové deformace [Milanovski, 19786]. V planetárním měřítku

je období druhohor a kenozoika obecně charakteristické převahou expanze nad komprese. Zastáncům pulzační hypotézy se někdy vytyká, že ignorují současné projevy stlačování a roztahování na zemském povrchu, ale tato výtka je založena na zjevném nepochopení. Projevy horizontální expanze a kontrakce se samozřejmě na Zemi vyskytují současně a složitě se kombinují, a proto můžeme hovořit pouze o globální převaze toho či onoho trendu v některých epochách její historie. Jejich koexistence je nevyhnutelná vzhledem k heterogenitě zemské kůry a z ní vyplývajících složitých strukturních vzorců a z různých kinematických podmínek v jednotlivých oblastech.

Střídání tahových a tlakových deformací představuje pouze jednu z forem pulzace Země. Stejně důležité je *střídání epoch vyznačujících se intenzivní vulkanickou činností s epochami, které se vyznačují absencí nebo slabými projevy vulkanismu*. Jak v riftových zónách, tak v geosynklinálních pásech je vulkanismus vlastní epochám nebo fázím vyznačujícím se zesílením horizontální extenze a chybí v epoše horizontální kontrakce (pouze v některých příčných zónách jej lze v těchto epochách pozorovat). Masové projevy čedičového vulkanismu na platformách (trap effusions) jsou vlastní rozsáhlým, obvykle kontinuálně se vyvíjejícím depresím ve fázích jejich celoplošného horizontálního protažení. *Výrazné zintenzivnění vněgeosynklinálního kontinentálního vulkanismu v mezozoiku-paleogénu a současně s ním probíhající výlevy čedičů, ale 20krát většího rozsahu na oceánském dně (Ronov et al., 1979) se shodují s obdobím náhlého zintenzivnění oceánské a kontinentální riftogeneze, tj. převahy horizontální extenze*. Tyto skutečnosti s největší pravděpodobností říkají, že pozitivní fáze zemských pulzací mohou být způsobeny ohřátím, částečným roztavením a dekompozicí zemské astenosféry, což vede k praskání a dalším projevům horizontálního rozpínání na ní spočívající litosféry a pronikání do ní a vylévání obrovských mas magmatického materiálu na povrch, zatímco negativní fáze, tj. zmenšení poloměru Země a s tím související prohnutí a deformace litosféry souvisí s relativním ochlazením, zhutněním a zmenšením objemu astenosférické vrstvy.

K důležitým projevům pulzací patří velké výkyvy v hladině (s. 19) oceánu. Světové regrese jsou spojeny s fázemi kontrakce, kdy dochází k silnému pokřivení zemské kůry, doprovázenému vznikem horských struktur a prohloubením a odpovídajícím zvýšením kapacity moří a oceánů, které shromažďují hlavní masy vody⁶. Naopak globální transgrese odpovídají fázím všeobecného rozpínání Země, během nichž dochází k vyhlazení základních nerovností planetárního reliéfu a zejména ke snížení hloubek a kapacity oceánských depresí. Tyto epochy se vyznačují také zintenzivněním vulkanismu, a tím i výstupem značného množství mladé vody ze zemského nitra. V druhohorách a kenozoiku také růstem vnitrooceánských riftových hřbetů, které vytlačují část vody z oceánských příkopů.

Pulzování Země se projevuje také ve spojených procesech geomorfogeneze a litogeneze, kterým věnoval zvláštní pozornost V. P. Kazarinov [1979]. Epochy zemské expanze a rozsáhlé transgrese se vyznačují zarovnávaním reliéfu a rozsáhlou tvorbou kůr a chemickým zvětráváním. Díky vyhlazování nerovností zemského povrchu a zmírňujícím vlivu transgresí se obvykle vyznačují teplým a vlhkým klimatem na většině území. Sedimentace v epikontinentálních mořích během těchto epoch se vyznačuje rozsáhlým vývojem biogenních a chemogenních karbonátových sedimentů, sedimentárních železných a manganových rud v pobřežních zónách a na kontinentálních rovinách, vznikem uhelných vrstev a bauxitů. Naopak v období komprese a regrese se zvyšují geomorfologické kontrasty a denudační procesy, objevují se orografické bariéry, které posilují klimatickou zonalnost a způsobují široký rozvoj aridních a glaciálních podmínek. Sedimentace je charakterizována silným rozšířením klastických až psefitických sedimentů, tvorbou slanych vrstev, mědňatých břidlic a pískovců. Je také možné, že vznik mnoha endogenních ložisek minerálů souvisí s pulzačním režimem Země a s periodickým výskytem podmínek vysoké propustnosti svrchního pláště a kůry pro hlubinné tekutiny.

Jaká může být doba trvání jednotlivých cyklů pulzací Země? V jejím vývoji se pravděpodobně vyskytují "impulsy" různého řádu, rozsahu a trvání, které se navzájem překrývají. Největší z nich jsou zachyceny v podobě geotektonických "cyklů" trvajících prvních sto milionů let, zatímco ty největší – v tak obrovských megacyklech, jako je Protogeum (starší než 3,5 miliardy let), Deuteroeum (od 3,5 do

⁶Poznámka autora překladu. Domnívám se, že tomu bylo naopak

1,6 miliardy let), Neogeum (od 1,6 do 0,2 miliardy let) a Postneogeum (posledních 200 milionů let), které snad představuje právě počátek megacyklu. Každý z megacyklů začíná převahou globální expanze (destrukce, regenerace) a končí globální konsolidací [Stille, 1964]. Tři megacykly, pravděpodobně srovnatelné s pozemskými co do délky trvání a globálního významu, i když odlišné charakterem projevu, se rýsují na Marsu a snad i na Venuši, která vyčerpala vnitřní zdroje energie o něco dříve, a ne více než dva na Merkuru a na Měsíci, které ukončily svůj endogenní vývoj mnohem dříve.

Pak se objevují "cykly endogenní aktivity" s trváním 40-50 mil. let [Kunin a Sardonnikov, 1976; Maksimov a kol., 1977; Pronin, 1969a, 19626, 1973a, 19736 a další]; jedna polovina těchto cyklů se vyznačuje kompresí "fází vrásnění" a druhá polovina zesílením riftogeneze a dalších forem expanze (vulkanismus, transgrese atd.). Pozdní eocén nebo oligocén až miocén je příkladem převládající kontrakční epochy; následující, ještě rozšířená extenzní epocha, zahrnuje konec miocénu, pliocén a čtvrtohory. Ještě kratší "cykly" (několik milionů let) se objevují v přítomnosti samostatných paroxysmů komprese ("fáze vrásnění") a interparoxysmálních období charakterizovaných samostatnými "fázemi riftogeneze". Konečně zřejmě existují i krátkodobější pulsace s trváním mnohem kratším než milion let, zejména fixované rytmickou strukturou flyšových útvarů (s trváním v řádu tisíců let), a to ještě krátkodobější, až několik let (?) ⁴, (s. 20).

K posouzení reálnosti takových velmi krátkých periodických výkyvů poloměru a (nebo) Zemského tělesa máme zatím příliš krátkodobé a pro konečné závěry ne zcela úplné údaje z gravimetrických a astronomických měření, ale tyto údaje, o nichž referoval na moskevské konferenci J. D. Boulanger [1981], mají jedinečný vědecký význam. V gravimetrii jsou již dlouho známy slapové změny gravitace způsobené přitažlivostí Měsíce a Slunce, které mají periodický charakter, ale teprve nedávno byly zjištěny tzv. neslapové změny, které vznikají z příčin souvisejících s vývojem naší planety. Část z nich má lokální charakter, ale v posledních letech se s příchodem nových vysoce přesných přístrojů – balistických gravimetrů poprvé podařilo zjistit i globální (?) změny gravitace, které se projevily rovnoměrně ve třech pozorovacích bodech umístěných daleko od sebe a v různých tektonických zónách – v Postupimi, Moskvě a Novosibirsku. Ve všech těchto vrtech byly změny tíže v letech 1975-1980 stejně velké. V prvním přiblížení lze považovat za kvaziperiodické s periodou asi 5 let a amplitudou asi 20 μ Gal; maximální změna nastala v letech 1976-1978 a dosáhla 10 μ Gal [Boulanger, 1981]. J. D. Boulanger dospěl k závěru, že "globální oscilace" gravitace pravděpodobně existují, ale zatím nemáme dostatek údajů k určení jejich periody nebo amplitudy. Podle výpočtů N. N. Parijského jsou tyto oscilace v dobrém souladu se změnami rotační rychlosti Země. Jednou z pravděpodobných příčin kolísání gravitace, stejně jako změn rychlosti rotace Země, by mohly být změny poloměru Země, které mohou dosahovat až několika centimetrů za rok, nebo změny jejího tvaru. Doufáme, že výzkum globálních změn gravitace bude v příštích letech pokračovat a rozšíří se i na další kontinenty, aby se ověřila reálnost současných změn objemu a tvaru Země, a tím se naznačily krátkodobé pulsace, všeobecného rozpínání nebo smršťování, případně změny tvaru elipsoidu.

Jedním z hlavních kritérií pro řešení otázky možného rozpínání Země v geologické minulosti, zejména v druhohorách a kenozoiku, by mělo být reálné ověření relativního a absolutního rozsahu a rychlosti dvou hlavních geodynamických procesů předpokládaných v koncepci deskové tektoniky, a to rozpínání (a dalších jevů horizontálního rozpínání zemské kůry) a subdukce (a dalších typů jejího horizontálního smršťování). Pokud se prokáže reálnost prvního procesu a fiktivnost či relativně menší rozsah druhého⁵, pak se předpoklad o rozpínání Země (nebo alespoň o velmi dlouhé druhohorní kenozoické epoše rozpínání jako fázi ještě delší pulzace) stane vědecky prokázanou teorií a hypotéza deskové tektoniky bude opuštěna nebo získá jí odpovídající omezený význam. Je samozřejmě možné, že budoucí badatelé potvrdí reálnost určitých pulzací objemu Země a periodických změn jejího tvaru,

⁴ Je možné, že zbytková napětí v horninových masivech zjištěné v mnoha oblastech Země odrážejí existenci relativně krátkoperiodických pulzací v rámci pliocénno-čtvrtohorní epochy rozpínání.

⁵Není vyloučeno, že Benioffovy zóny jsou zvláštní "koleje", podél nichž může během fází obecného rozpínání Země docházet k roztahování (nebo "edukování" podle Yu.V. Chudinova (1981)), subdukci (nebo obecné kompresi) a navíc k podélným smykovým posunům spojeným s kompresí nebo roztahováním.

ale ukáží, že v druhohorách-kenozoiku nedošlo k celkovému znatelnému zvětšení velikosti Země. V tom případě bude velmi náhlá aktivace oceánského a kontinentálního (mimo geosynklinálního) vulkanismu a rozpínání oceánů v druhohorách-kenozoiku vyžadovat nějaké jiné vysvětlení. Pro spolehlivější ověření skutečnosti a odhad rozsahu zemských pulzací měřených v milíonech let je třeba stejnými metodami provádět kolektivní práce na chronologické korelaci deformací stlačování a rozpínání v různých částech Země a dalších geologických jevů souvisejících se zemskými pulzacemi – vulkanismu (s jejich kvantitativním odhadem), globálních oscilací hladiny oceánů atd.

Hypotéza expanze a pulzace není v rozporu s ostatními existujícími geotektonickými koncepcemi, ale je s nimi spojena a může do nich být "vepsána" jako důležitý a nezbytný prvek, který dává historii projevy vulkanismu (s kvantitativními odhady), globální oscilace oceánů a další. Hypotéza extenzí a pulzací není v rozporu s ostatními existujícími geotektonickými koncepcemi, ale je s nimi spojena a lze ji do nich zařadit jako důležitý a nezbytný prvek pro směřování a periodizaci historie Země. S pojmem fixismus jí spojuje společné chápání hlubinné stavby a vývoj kontinentálních štítů s kořeny, které zasahují hluboko v hranicích zemského pláště a jsou uváděny do pohybu motorem", který se nachází nikoliv přímo pod kontinentálními strukturami, ale pravděpodobně na rozhraní pláště a jádra.

Klasická doktrína geosynklinálního procesu je zcela v rámci hypotézy expanze a pulzace a nejlépe odpovídá událostem neogénu, tj. megaepochy, která začala silnou expanzí Země v rifeu a skončila hercynskou orogenezí. Konečně vývoj Země v druhohorách a kenozoiku z hlediska hypotézy expanze a pulzace se velmi podobá hypotéze deskové tektoniky týkající se historie oceánů, které dominuje mohutný proces rozpínání oceánské kůry a vytváření nové kůry ve vnitrooceánských riftových hřbetech. Tato koncepce připouští významnou roli horizontální kontrakce v geosynklinálních páslech v jejich různých podobách - intenzivní lineární zvrásnění, vznik plochých hlubinných podsouvání a násunů s velkou amplitudou a všeobecná deformace kůry se subdukci jejího podloží. Souhrnná relativní role těchto procesů je však uznávána jako menší než součet projevů expanze. Protože se však v každé fázi obecného rozpínání Země rozšiřují především riftová pásma a v každé fázi obecného smršťování se smršťují především geosynklinální pásma, proto se s postupem času oceány postupně rozšiřují a geosynklinálně-orogenní oblasti smršťují, a v důsledku toho se k sobě přibližují kontinentální a oceánské masivy, které je omezují. V tomto případě probíhá proces postulovaný modelem deskové tektoniky, ale probíhá pomaleji než v modelu deskové tektoniky, protože kontinentální desky jsou mnohem silnější (přinejmenším mnoho set km silné) a neposouvají se astenosférou v hloubce 100-200 km, ale mnohem hlubšími povrchy, možná až na dně pláště. Závěrem je třeba zdůraznit, že *koncepce rozpínání a pulzace Země, stejně jako další teoretické koncepce v současné převratné epoše vývoje geotektoniky a geologie vůbec, představuje pouze hypotézu. Všechny nejsou zatím striktně podloženy teoriemi a zakládají apologetu té či oné - koncepce o její pravdivosti a naprostém selhání jiných se zdají být přesvědčivá pouze pro její stoupence a nepřispívají k úspěšnému rozvoji naší vědy.* Pokud hypotéza o rozpínání a pulzacích Země odráží procesy, které v ní skutečně probíhaly a probíhají v současnosti, což je ovšem třeba přesvědčivě dokázat, zůstává mnoho důležitých otázek nejasných – o hierarchii těchto procesů, o rozsahu rozpínání jak pro celou historii Země, tak pro její současnost. Nejasná zůstává hierarchie těchto procesů, např. rozsah expanze v průběhu historie Země, jakož i pro druhohorní - kenozoickou megaepochu jejího vývoje (a v této souvislosti původ a stáří okrajových zón oceánů, ležících za vnitrooceánskými riftovými hřbety), základní příčiny těchto procesů a souvislosti mezi všemi jejich různými projevy, historie vodní masy Světového oceánu atd. *Vývoj a kritické ověření představ o pulzacích a rozpínání Země může ještě objasnit mnohé dosud nejasné problémy stavby a vývoje naší planety.*

LITERATURA

Alekseev A. S., Ryaboj V. Z. Astenosféra Země. - Země a vesmír, 1978, č. 5, s. 36-42.

Arkhangelsky A. D. Předmluva. - V knize: D. Joly. Historie zemského povrchu. M.; L.: GIZ, 1929, s.V-VI.

- Blinov V.F. Expanze Země nebo nová globální tektonika. - Geophys. of the Ukrainian SSR Academy of Sciences, 1977, vol. 80, s. 76–85.
- Blinov V. F. K problému možného růstu Země. - Geophys. Sob. of Academy of Sciences of USSR, 1973, vol. 54, s. 85-93.
- Boulanger UD. Je gravitační síla konstantní? - Země a vesmír, 1981. № 4, s. 10–14.
- Bykhanov E.V. Astronomické předsudky a podklady pro vypracování nové teorie vznik planetárního systému. Livny, 1877
- Veselov K.G. Gravitační pole a geologický vývoj Země. - Sov. geologiya. 1976, № 5, s. 70-80.
- Grachev A.F., Fedorovsky V.S. Předkambrická zelenokamenná pásma; riftové zóny nebo ostrovní oblouky. - Geotektonika. 1980, № 5, s. 3-24.
- Kazarinov V. P. Pulzování Země. - Bjul. MOIP, Odd. geol., 1979. vol. 1. Svazek 3, s. 92-109
- Kazmin V.G. Epochy riftogeneze a některé otázky vzniku riftových struktur. - Geologie a geofyzika, 1975, č. 9, s. 3-12
(s. 22)
- Kirillov I. V. Hypotéza o vývoji Země, jejích kontinentů a oceánských příkopů. Autoreferát – Bulletin. MOIP. Otd. Geol., 1958, č. 2, s. 142.
- Kolchanov V.P. Paleogeografické závěry O.H. Hilgenberga pro rozšiřující se Zemi. - Geotektonika, 1971, č. 4, s. 99-107.
- Krendelej F.P. Změny gravitace v geologické minulosti Země podle výsledků studia chemického složení kostí bezobratlých živočichů. - Geologie a geofyzika, 1977, č. 9, s. 154-158.
- Kropotkin P.N. Možná role kosmických faktorů v geotektonice. - Geotektonika, 1970, č. 2, s. 30-46.
- Kropotkin P.N. Problémy geodynamiky. - V knize: Tektonika ve výzkumech Geologického ústavu Akademie věd SSSR. Moskva: Nauka, 1980, s. 176-247.
- Kunin N.Ya., Sardonnikov N.M. Globální cykličnost tektonických pohybů. - Bulletin. Státní ústav geologie a mineralogie. Geologické oddělení, 1976, č. 3, s. 3-26.
- Larin V.N. Hypotéza o původně hydratované Zemi. 2. vydání, M: Nědra, 1980. 216 s.
- Levčenko V.A. Tektonický vývoj mexicko-karibské oblasti v důsledku rozpínání Země. - V knize: Tektonika a geodynamika Karibské oblasti. Moskva: Nauka, 1979, s. 117-129.
- Leonardo da Vinci. Vybrané práce. M.; L.; Academia, 1935. T. 1.366 s.
- Letavin A.I. Podloží mladé platformy jižního SSSR. Moskva: Nauka, 1980. 152 s.
- Likhovskij E.N., Kremenetsky A.A. K povaze vysokých tlaků a hodnotám geotermálních gradientů v geologické historii předkambrických štítů. - Dokl. akademie věd SSSR, 1975, sv. 223, s. 434-437.
- Ljubimova E.A. Terminologie Země a Měsíce. Moskva: Nauka, 1968. 180 s.
- Maksimov S.P., Kunin N.Ya., Sardonnikov N.M. Cykličnost geologických procesů a problematika ložisek ropy a zemního plynu. Moskva: Nědra, 1977. 280 s.
- Martyanov V.E. Energie Země. Novosibirsk: Zap. sib. kn. lzd-vo, 1968. 84 s.
- Milanovskij EV. Několik poznámek k nové hypotéze D. Holma o rozpínání Země. - Světová studia, 1936, roč. 25, № 5. s. 42-46.
- Milanovskij E.E. Pulzování a rozpínání Země – možný klíč k pochopení jejího tektonického vývoje a vulkanismu ve fanerozoiku. - Příroda, 1978 a, č. 7, s. 22-34.
- Milanovskij E.E. Některé zákonitosti tektonického vývoje a vulkanismu Země ve fanerozoiku. - Geotektonika, 19786, č. 6, s. 3-16.
- Milanovskij E.E. Tektonický vývoj Země ve fanerozoiku. Dokl. sovětských geologů na 26. zasedání. Moskevský státní geologický výbor. - V knize: Tektonika. Geologie Alpid "tetydního" původu". Moskva: Nauka, 1980, s. 15-25.
- Milanovskij EE. Kinematika tektonických pohybů, tepelný režim a vulkanismus středomořského geosynklinálního pásu a jeho "rámeček" v orogenní fázi alpínského cyklu. - Vulkanologie a seismologie. 1981 a, č. 4, s. 11-35.
- Milanovskij E.E. Základní fáze riftogenetických procesů a jejich místo v geologické historii Země. Geologické dějiny Země. - In: Problémy tektoniky zemské kůry. Moskva: Nauka, 19816, s. 38-60.

- Milanovskij E.E. Riftogeneze na starých platformách. - In: Kontinentální a oceánská riftogeneze. Moskva: Hlavní geologický ústav Akademie věd SSSR, 1982, s. 45-48.
- Milanovskij E.E., Nikishin A.M. Hlavní rysy tektonické struktury Marsu. - Vestn. MSU. Sér. 4, Geology, 1981, č. 3, s. 15-28.
- Milanovskij E.E., Nikishin A.M. Tektonický vývoj Marsu. - Vestn. MSU. Sér. 4, Geology, 1982, č. 5, s. 14-26.
- Muratov M.V. Vznik kontinentů a oceánských pánví. Moskva: Nauka, 1975. 176 s.
- Neiman V.B. Rozpínající se Země. Moskva: Geografiz, 1962. 80 s.
- Obruchev V.A. Pulzní hypotéza geotektoniky. - Izv. akademie věd SSSR. Ser. of Geology, 1940, č. 1, s. 12-30.
- Pronin A.A. Kalendonský cyklus tektonické historie Země. L.: Nauka, 1969 a. 231 s.
- Pronin A.A. Hercynský cyklus tektonické historie Země. L: Nauka, 1969. 195 s.
- Pronin A.A. Alpská tektonická historie Země. Druhoory. Chronologie tektonických pohybů. L: Nauka, 1973 a. 222 s.
- Pronin A.A. Alpský cyklus tektonické historie Země. kenozoikum. L: Nauka, 1973. 200 s.
- Ronov A.B., Cain V.E., Balukhovskiy A.A. Srovnávací hodnocení intenzity vulkanismu na kontinentech a oceánech. - Izv. akademie věd SSSR. Ser. geologie, 1979, č. 5, s. 5-12.
- Rjabov V.Z. Struktura svrchního pláště SSSR na základě seismických dat. Moskva: Něždra, 1979. 248 s.
- Sinitsyn A.V. Problém prekambričských zelenokamenných pásů. - Geotektonika, 1979, č. 6, s. 3-19.
- Smirnov L.S., Lubina Y.N. O možnosti studia změn gravitace v závislosti na geologickém čase. - Dokl. AS SSSR, 1969, roč. 187, č. 4, s. 874-877.
- Smyslov A.A., Moiseenko U.I., Chadovič T.Z. Tepelný režim a radioaktivita Země. L.: Něždra, 1979. 192 s.
- Solovyova I.A. O příčných poruchách středooceánských hřbetů. - Geotektonika, 1981, č. 6, s. 15-31.
- Tetiaev M.M. Základy geotektoniky. L.; M: ONTI, 1934 288 s.
- Udintsev G.B., Beresnev A.F. a Gordin V.N. Strukturní heterogenita oceánské dna a problém oceán-kontinent. - Geotektonika, č. 2, 1980, s. 13-26.
- Usov M.A. Strukturní geologie. Moskva: Gosgeol-tehnizdat, 1940. 136 s.
- Chain V.E. Obecná geotektonika. 2. vydání, M: Něždra, 1973. 512 s.
- Khizen B.K. Lože oceánů. - V knize: Kontinentální drift: Přeloženo z angličtiny. Moskva: Svět, 1966, s. 114-158.
- Khramov A.A. a Sholpo L.E. Paleomagnetismus. L: Něždra, 1973. 251 s.
- Čudinov J. V. Rozpínání Země jako alternativa k nové globální tektonice. - Geotektonika, 1976, č. 4, s. 16-36.
- Čudinov J. V. Rozpínání Země a tektonické pohyby: o směru pohybů v okrajových oceánských zónách. - Geotektonika, 1981, č. 1, s. 19-37.
- (s. 23)
- Shtengelov E. Zóny recentního a současného rozbíhání kontinentální kůry. - Izv. akademie věd SSSR. Ser. Geol. 1980, č. 6, s. 5-19.
- Stille G. Geotektonické rozčlenění historie Země. - V knize: Stille I. Vybraná díla: Překlad z němčiny. Moskva: Mir, 1964, s. 344-395.
- Šurkin K.A. F.P. Mitrofanov Časný prekambričský magmatismus ve vztahu k vývoji zemské kůry. - V knize. Problémy prekambričského magmatismu. L: Nauka, 1974, s. 8-16.
- Yarkovskij I.O. Světová gravitace jako důsledek vzniku hmotných látek uvnitř nebeských těles. M., 1889. 388 s.
- Bucher W.H. The deformation of the Earth's crust. Princeton: Univ, press, 1933. 516 p.
- Canuto V.M. The Earth's radius and the G-variation. - Nature, 1981, vol. 290, p. 739—744.
- Carey S.W. The expanding Earth. Amsterdam: z Elsevier, 1976. 488 p.
- Čirič B. Expansion de la Terre-cause principale de la tectogénes. - In: Metallogeny and concepts of

- the geotectonic development of Yugoslavia. Belgrade: Belgrade Univ. Dep. Econ. geol., 1974, p. 341-390.
- Crawford A.R. The myth of a vast oceanic Tethys, the India-Asia problem and Earth expansion. — J. Petrol. and Geol., 1979, vol. 2, N 1, p. 3-9.
- Embleton B.J.J., Schmidt P.W. Recognition of common Precambrian polar wandering: A conflict with plate tectonics. — Nature, 1979, vol. 282, p. 705-707.
- Glikson A.Y. Precambrian sial-sima relations: Evidence for Earth expansion. — Tectonophysics, 1980, vol. 63, p. 193 - 234.
- Halm J.K. An astronomical aspect of the evolution of the Earth. — J. Astron. Soc. S. Afr., 1935, vol. 4, p. 1-28.
- Hilgenberg O. Vom wachsenden Erdball. B., 1933. 56 S.
- Holmes A. Principles of physical geology. 2nd ed. London; Edinburgh: Nelson, 1965. 1288 p.
- Joly J. The surface history of the Earth. L., 1924.
- Jordan T.H. The deep structure of the continents. - Sci. Amer., 1979, vol. 240, N 1, p. 70-82.
- Milanovskij E.E. Problems of the tectonic development of the Earth in the light of concept of its pulsations and expansion. — Rev. geol. dynam. geogr. phys., 1980, vol. 22, N 1, p. 15—27.
- McElhinny M.W., Taylor S.R., Stevenson D.Y. Limits to the expansion of Earth, Moon, Mars and Mercury and to changes in the gravitational constant. - Nature, 1978, vol. 271, p. 316 — 321.
- Owen H.G. Continental displacement and expansion of the Earth during the Mesozoic and Cenozoic. - Philos. Trans. Roy. Soc. London A, 1976, vol. 281, N 1303, p. 223-291.
- Ricard N.J., Beibin L. A new continental assembly for Pangea. - Tectonophysics, 1980, vol. 63, p. 1-12.
- Runcorn S.K. Corals as paleontological clocks. - Sci. Amer., 1966, vol. 215, N 4, p. 26-33.
- Schmidt P.W., Embleton B.J.J. Geotectonic paradox: Has the Earth expanded? — J. Geophys., 1981, vol. 49, N 1, p. 20-25.
- Schneiderov A.J. The plutono- and tectonophysical processes in an expanding Earth. — Boll. geofis. teor. ed appl., 1961, vol. 3(111, p. 215— 240.
- Schwan W. Geodynamic peaks in alpinotype progenesis and changes in ocean-floor spreading during late Jurassic-late tertiary time. - Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1980, vol. 64, N 3, p. 359-373.
- Steiner J. An expanding Earth on the basis of seafloor spreading and subduction rates. — Geology, 1977, vol. 5, N 5, p. 312-318.
- Stille H. Grundfragen der vergleichender Tectonik. B.: Borntraeger, 1924. 448 S.
- Wells J.W. Coral growth and geochronometry. - Nature, 1963, vol. 197, p. 948-950.