

SÚHRNNÝ REFERÁT

Oceanizácia kontinentálnej kôry v kontexte teórie tektoniky litosferických platní

DUŠAN HOVORKA

Geologický ústav PF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

(Doručené 25. 9. 1989, revidovaná verzia doručená 13. 10. 1989)

Oceanization of the continental crust from the aspects of plate tectonics

Problems related with the origin of oceanic crust in global scale are discussed, namely the impact of different thicknesses, rock contents and geophysical picture together with the possibilities of conversion between continental and oceanic types of crust. Namely the interpretations of oceanized continental crust are full on controversy; at the same time the generation of continental crust at the expanse of oceanic one (at least of its material content) is assumed to represent the leading geological process of the history of Earth. Explanations of genetic processes leading to oceanization of continental crust are highly problematic even if judged from plate tectonic concepts. Some of the problematic processes are discussed in details. The term of "oceanization" which persists, though rarely, in geological literature is contrasted with plate tectonics.

Úvod

Vývoj Zeme ako planetárneho telesa môžeme dnes už s vysokou mierou pravdepodobnosti sledovať počas obdobia asi 3,8 miliardy rokov. Z tohto obdobia totiž pochádzajú najstaršie zvyšky kontinentálnej kôry (Ishua komplexy v Grónsku; Moorbath et al., 1977), pričom vekové ekvivalentné komplexy sú známe aj z Labradoru (Bridgwater et al., 1979). O niečo mladšie sú horninové komplexy údolia rieky Minnesota v USA (3,5–3,6 miliardy rokov; Goldich a Wooden, 1980). Na základe uvedených zistení sa všeobecne uvádza, že Zem nemala stabilnú kontinentálnu kôru staršiu ako 3,8 miliardy rokov.

Podstatne „mladšie“ časové úseky sa prisudzujú formovaniu kôry recentných oceánov. Oceánska kôra je geologicky mladá, stredne- až vrchnomezozoická a mladšia. Takéto poznatky o existencii starej kontinentálnej kôry na jednej a mladej kôry súčasných svetových oceánov na druhej strane zásadne determinujú aj riešenie vzájomných priestorových a genetických vzťahov uvedených základných typov kôry v kenozoiku. Súčasne sa však všeobecne uznáva predstava, že aj v rámci starých blokov s kontinentálnou kôrou existujú horninové komplexy, ktoré v geologickej minulosti reprezentovali kôru oceánov (greenstone belts, komplexy metaofiolitov a i.).

Od doby, keď sa oblasti svetového oceánu začali študovať ako jeden z globálnych geologických celkov Zeme, ale najmä od zistenia odlišnosti hrúbky, horninovej náplne a geofyzikálnych prejavov kôry, resp. aj litosféry v oblasti kontinentov a oceánov, stále je aktuálna problematika jednak samotného ich vzniku, jednak problematika možnosti premeny jedného typu kôry na druhý

typ. Najmä posledne uvedený aspekt je výrazne kontraverzný: kým vznik kontinentálnej kôry na úkor oceánskej (či skôr s prispáním jej látkovej náplne) sa považuje za vedúci geologický proces počas celej histórie Zeme ako planetárneho telesa, vznik oceánskej kôry na úkor kontinentov je v zmysle aspektov teórie tektoniky litosferických platní značne problematický. Niektoré aspekty tohto procesu sú uvedené v ďalšom.

V poslednom desaťročí sa už zriedkavo, ale predsa, v odbornej literatúre objavuje termín „oceanizácia“ (kontinentálnej kôry). Nejednotne chápaný význam tohto procesu v medzinárodných súvislostiach, najmä „zasadenie“ tohto procesu do teórie tektoniky litosferických platní vyžaduje nasledujúce poznámky.

Jednou z najaktuálnejších tém geológie 20. storočia je problematika pôvodu oceánskych bazénov (oceánov). Vystúpila do popredia najmä s formulovaním mobilistických myšlienkových prúdov označovaných súborne ako nová globálna tektonika či tektonika litosferických platní. Ich základnou premisou je definovanie dvoch, svojou hrúbkou, ale najmä horninovou náplňou kontrastných typov litosféry (správnejšie je uvádzať termín litosféra a nie kôra, pretože tieto teórie chápú litosféru ako základnú globálnu jednotku): kontinentálnej a oceánskej (v slovenčine niekedy pod vplyvom ruštiny uvádzanej nesprávne ako „oceanickej“). Je logické, že geológovia v období pred zrodom teórie platňovej tektoniky, ale niektorí aj v posledných rokoch, hľadajú vysvetlenie prípadnej premeny jedného typu na druhý. O takýchto vzájomných premenách uvažoval (a písal) už Ch. Darwin.

Vzťahy oceánskych a pevninských oblastí sú predmetom záujmu v celej histórii modernej geológie (t. j. od polovice 19. storočia podnes). Niektoré sprievodné či

podmieňujúce deje (eklogitizácia kôry, problematika vzniku diapírov, tektonické príčiny vzniku panví a i.) oceanizácie sú v našej literatúre uvedené napríklad v práci Čecha (1988), a preto ich v ďalšom neuvádzame.

V súlade so súčasnými trendami pod označením oceanizácia v ďalšom texte chápeme proces postupnej premeny kôry kontinentálneho typu na kôru oceánskeho profilu, pričom tento proces je interpretovaný rôznymi spôsobmi. Keďže v podstate ide o premenu acidných – intermediárnych horninových komplexov na bazické horniny synonymným označením procesu je označenie bazifikácia kôry.

Základná charakteristika termínov

Kôra Zeme predstavuje najexternejšiu geosféru, ktorá je tvorená pevnými horninami. Z vonkajšej strany je ohraničená hydrosférou a atmosférou, na vnútornej strane prechádza do spodných zón litosféry. Moho plocha (diskontinuita) oddeľuje kôru Zeme od jej vrchného plášťa. V súčasnej dobe sa vyčleňujú dva základné (a zároveň kontrastné) typy zemskej kôry: oceánska a kontinentálna. Sú však známe aj rôzne prechodné typy. Kontinentálna kôra je zreteľne hrubšia, na rozdiel od oceánskej sa vyznačuje prítomnosťou mocnej granitovej vrstvy (rôzne typy magmatitov, migmatitov a metamorfítov).

Litosféra je tvorená zemskou kôrou a prilahlou časťou vrchného plášťa. Hrúbka litosféry je výrazne premenlivá: v oblastiach oceánov sa pohybuje medzi 80–100 km, na kontinentoch v medziach 150–250 km. Litosféru tvoria v podstate pevné horniny, pričom teploty v spodných častiach litosféry sú už blízke teplotám tavenia hornín, ktoré tvoria jej náplň.

Astenosféra, označovaná aj ako zóna nízkych rýchlostí, resp. Gutenbergova zóna, tvorí plastickú vstvu, ktorá podstiela litosféru. Podľa väčšiny súčasných autorov astenosféra je zónou generovania magmatických tavenín.

Najkontravérnejším aspektom problematiky oceanizácie kontinentálnej kôry je priebeh tohto procesu, poskytujúci neobmedzenú možnosť rôznych kombinácií, reálnych a nereálnych predstáv.

Pravdepodobne jedným z prvých neuvedomelých globálnych tektonikov modernej doby bol Suess (1883–1909), ktorý vznik severného Atlantiku považoval za dôsledok poklesu suše nachádzajúcej sa na jeho mieste. K tomuto názoru sa následne pridali aj Haug (1900), De Geer (1910), Kober (1926), a ďalší.

Prvá dynamická predstava o samotnom priebehu tohto procesu pochádza od Stilleho (1940), ktorý predpokladal „tečenie sialu“ z podložia oceánskych bazénov do oblasti kontinentov. Podľa neho ide o mechanický pohyb hmôt v plášti.

Gilluly (1955) štúdiom zníženín na šelfe Atlantického oceánu pri americkom pobreží dospel k záveru, že stenčovanie kontinentálnej kôry je dôsledkom jej erózie. Táto interpretácia našla neskôr prívržencov aj v našich ob-

lastiach, napr. Szadeczy-Kardoss (1966) a Stegena et al. (1975) považovali stenčenie kôry pod panónskym bazénom za dôsledok plášťového vykľutia („tumoru“ či „diapíru“) a jeho erózie účinku na spodnú časť kontinentálnej kôry. Gilluly (1. c.) spájal podkôrovú eróziu s pohybom hmôt smerom pod kontinenty (predpokladal takto uplatnenie sa procesu, ktorý formuloval už Stille, 1940), a tým sa stal prvým autorom, ktorý proces vzniku oceánov spájal s eróziou kontinentálnej kôry (litosféry) odspodu.

K problematike oceanizácie kontinentálnej kôry sa opätovne vracal aj van Bemmelen. V práci v roku 1954 po prvý raz použil termín oceanizácia (kontinentálnej kôry), ktorý chápal ako prínos Mg, Fe a Ca z plášťa do hrubej kontinentálnej kôry. K tejto predstave autor neskôr (1958) pridal ďalšiu: mohutné prieniky bazaltových tavenín do vrchnej časti a na povrch kontinentálnej kôry spôsobujú zvýšenie jej hustoty, čo je príčinou postupného ponárania sa zafateného bloku kôry či litosféry do plášťa – na mieste pôvodných kontinentov vznikajú takto oceánske bazény. Podľa následnej predstavy tohto autora z roku 1972 existuje oceanizácia „atlantického typu“ – v podstate vznik oceánskej kôry je dôsledkom *spreadingu* (nejde teda o oceanizáciu diskutovaného typu). Druhý typ oceanizácie zodpovedá podkôrovej erózii („stredozemnomorský typ“ oceanizácie). Je podmienený konvekčnou cirkuláciou hmoty plášťa, v dôsledku čoho sa odlamujú bloky kontinentálnej kôry a klesajú do plášťa, kde sú prehrievané, roztavované, až postupne miznú. Tento typ oceanizácie van Bemmelen (1. c.) nepredpokladal len pre Stredomorie, ale aj pre celú oblasť Tichého oceánu.

Podobnú predstavu zverejnil aj Ramberg (1964). Pokles dna oceánov (geosynklinál) je podľa tohto autora dôsledkom prieniku bazaltových tavenín na povrch, resp. do podpovrchových úrovní kôry. Keďže sa predpokladá ohromujúce množstvo bazaltových magiem, v prípade, že po ich prieniku na zemský povrch ich substrát tvoria ťažšie horniny, tie následne poklesávajú do hlbších úrovní plášťa, kde dochádza k ich postupnému taveniu a zániku.

Podobne ako van Bemmelen (1. c.) aj Belousov patrí k autorom, ktorí v dlhšom časovom období hľadajú nové aspekty diskutovaného procesu, ktoré by neprotirečili dobovým geologickým či tektonickým poznatkom. Premenu kontinentálnej kôry v oceánsku vysvetľoval nasledovne (1962): miestami v plášti dôsledkom rádioaktívneho prehriatia plášťového materiálu došlo k jeho úplnému roztaveniu za vzniku bazických až ultrabazických tavenín. Tie prenikajú na zemský povrch (kontinent) najmä pozdĺž hlboko založených zlomov, ktoré súčasne spôsobujú rozčlenenie kontinentov na čiastkové bloky. Niektoré z nich sa v dôsledku zafatenia bazicko-ultrabazickými horninami ponárajú do podložného plášťa, kde postupne dochádza k ich dezintegrácii a homogenizácii s hmotou plášťa. Na mieste pôvodného kontinentálneho bloku vzniká tenká kôra oceánskeho profilu. Poklesnuté

oblasti s tenkou kôrou vyplňujú vodné masы, ktoré sa uvoľňujú z poklesnutých a dezintegrovaných blokov kontinentálnej kôry. Časť vody sa uvoľňuje z plášťa. Neskôr Belousov (1968) za príčinu poklesu čiastkových blokov kontinentálnej kôry považoval ich eklogitizáciu. Túto predstavu v poslednom čase rozpracoval Artuškov (1979).

Belousov sa v práci o prechodných zónach medzi kontinentmi a oceánmi (1982) jednoznačne postavil proti predstave o eklogitizácii spodnej časti kontinentálnej kôry a za vedúci proces oceanizácie považuje efúzie a intrúzie bazických a ultrabázických hmôt plášťa do kontinentálnej kôry. Aj v súčasnosti je jedným z najhorlivejších zástancov teórie oceanizácie kontinentálnej kôry.

Iný názor na priebeh oceanizácie kontinentálnej kôry má Tichomirov (1963). Podľa neho sa v spodných častiach klesajúcich blokov kôry kontinentálneho profilu uplatňujú metasomatické procesy (z geochemického hľadiska bazifikácia). Tichomirov (1. c.) predpokladal, že proces prebieha v pevnom stave, je v svojej podstate nízkoteplotný a uplatňuje sa pri nízkych tlakoch. Médium sú hydrotermy s obsahom Mg a Fe vystupujúce z ultrabázického plášťa. Výsledkom metasomatickej premeny sú najprv bazické a v konečnom dôsledku až ultrabázické horniny. Z hľadiska minerálneho zloženia produktu procesov ide o regionálnu olivinizáciu. Po takomto zvýšení hmotnosti blok kontinentálnej kôry poklesáva a umožňuje vznik vodného bazénu. Priebeh metasomatickej olivinizácie v regionálnom meradle (najmä z hľadiska fixácie enormného množstva v tomto procese uvoľneného leukokratného materiálu) vysvetľuje aj Belousov (1982).

Zaujímavú predstavu z obdobia pred formulovaním teórie tektoniky litosferických platní formuloval Hsü (1965). Podľa neho premena kontinentálnej kôry v oceánsku je podmienená jej výrazným zdvihom a hlbinnou eróziou, ktoré spôsobujú zánik celej granitovej vrstvy kontinentálnej kôry. Veľké prehriatie plášťa spôsobí výzdvih. Potom nasleduje chladnutie a v dôsledku izostázie sa už stenčená kontinentálna kôra dostáva na úroveň oceánskych hlbín a následne ju prekryje voda.

Oceanizáciu originálne vysvetľuje Rezanov (1979). Uvažuje o dvoch možnostiach: a) Oceanizácia prebieha v tých častiach kontinentálnej kôry, ktoré sú tvorené prevažne serpentinitmi. Pri teplotách okolo 500 °C dochádza k dehydratácii serpentinitov za vzniku olivínu. Takto sa „ľahké“ serpentinity (2,6 g/cm³) s rýchlosťou šírenia seizmických vln 6,0–6,8 km/s menia na ťažké peridotity (3,3 g/cm³) s rýchlosťami okolo 8 km/s. Týmto procesom sa spodná časť kontinentálnej kôry stane súčasťou vrchného plášťa; b) Oceanizácia je spôsobená metamorfnou diferenciáciou, pri ktorej vo veľkom rozsahu dochádza k vytavovaniu a súčasnému výstupu acidného (granitofilného) materiálu do vrchných častí kôry kontinentov. Dole zostáva bazický/ultrabázický materiál, ktorý podmieňuje „príchlenu“ pôvodne kontinentálnych úrovní kôry k vrchnému plášťu.

I keď to vyššie spomenutí (a mnohí ďalší) autori výslovne neuvádzali, z hľadiska globálneho pohľadu je zrejmé, že jednou z najaktuálnejších oblastí či zón na riešenie problematiky prípadnej oceanizácie sú súčasné zaoblúkové panvy, resp. vnútorné moria. Karig (1974) vysvetlil ich vznik spreadingom odlišného typu, ako je spreading v riftových zónach stredooceánskych chrbtov. Predpokladá „nepravidelný“ spreading zaoblúkových bazénov, pričom na spreadingové zóny preniklo veľké množstvo (objemu) bazaltových tavenín, ktoré spôsobilo vznik nepravidelne rozmiestnených pozitívnych magnetických anomálií v zaoblúkových panvách. Jedným z oponentov tejto predstavy bol aj Belousov (1982).

Predchádzajúci prehľad nepovažujeme za kompletný. Nie je však účelné zmieňovať sa o všetkých variantoch či modifikáciách predstáv o oceanizácii kontinentálnej kôry.

Všetky predstavy o poklesávaní kontinentálnej kôry (bez ohľadu na to, či autori predpokladali pokles celých kontinentov alebo len ich čiastkových blokov) nezohľadňujú dôsledne základné premisy gravitácie a izostázie: môže klesať ľahšia kontinentálna kôra (litosféra) do hustejšej („ťažšej“) hmoty plášťa? Aj v prípade zataženia kontinentálnych blokov výlevmi a silovými prienikmi bazaltov je takto zatažená kôra ešte stále ľahšia ako hmota plášťa (peridotit – pyrolit – pyroxenit – eklogit).

Predstavy oceanizácie kontinentálnej kôry, ktoré počítajú s úlohou bazického/ultrabázického vulkanizmu (resp. jeho materiálovej náplne) pri premene kontinentálnej kôry v oceánsku (Gilluly, van Bemmelen, Belousov, Tichomirov a iní), nedokážu vysvetliť „miznutie“ obrovského množstva alkálií, kremíka a ďalších prvkov, ktoré sú obsiahnuté v horninových súboroch kontinentálnej kôry v podstatných množstvách. Na povrchu, resp. v pripovrchových častiach oceánskej kôry nahromadeniny týchto prvkov reprezentovaných príslušnými acidnými horninovými komplexmi, neboli zatiaľ konštatované.

Podobné námietky oslabujú dôveryhodnosť predstavy o spodnokôrovej erózii: kde sa podelí vedúce prvky vrchnej časti kontinentálnej kôry – Na, K, Al, Si v danom procese?

Predstavy o oceanizácii kontinentálnej kôry vznikli pred formulovaním základov teórie tektoniky litosferických platní či novej globálnej tektoniky. V zmysle základných princípov týchto predstáv oceanizácia kôry kontinentálneho typu (ide o geologické rozmery uvedeného procesu) nemá opodstatnenie. Autori teórie tektoniky litosferických platní rozpracovali teóriu, podľa ktorej vznik oceánov je spôsobený riftingom kontinentálnej kôry, divergentným pohybom priľahlých blokov kontinentálnej kôry, ale súčasne aj prienikom bazaltových magmatických tavenín na globálnych riftových štruktúrach na dno vznikajúceho oceánskeho bazénu. Predpokladané, resp. čiastočne aj dokázané stenčenie kontinentálnej kôry/litosféry v oblastiach hot spots s následným vznikom kontinentálnych riftových sústav nedáva odpo-

veď na otázku priebehu oceanizácie kontinentálnej kôry. Na základe uvedeného možno konštatovať, že pridržiavanie sa predstáv o oceanizácii kontinentálnej kôry v súčasnosti svedčí o snahe menšínovej skupiny autorov prispôbovať a inkorporovať jednu z najväčších zis-

tení novej globálnej tektoniky do riešenia globálnych geologických problémov (medzi ktoré títo autori zaraďujú aj oceanizáciu kontinentálnej kôry) v intenciách rôznych alternatívnych predstáv vývoja zemskej kôry.

RECENZIA

D. Hovorka: **Sopky – vznik – produkty – dôsledky**. Veda – vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1990, 151 s., 39.–Kčs

Sopečná činnosť (vulkanizmus) je jedným zo základných geologických procesov, ktoré sa podieľajú na formovaní stavby zemskej kôry kontinentov a oceánov. Štúdium procesov vulkanickej aktivity v geologickom vývoji Zeme má z viacerých hľadísk nezastupiteľné miesto v poznávaní neživej prírody. Poznatky o typoch vulkanickej aktivity a jej produktoch prakticky vo všetkých geologických útvaroch pomáhajú dešifrovať históriu vývoja Zeme. Vulkanické procesy sú tiež významným činiteľom pri vzniku a akumulácii širokej palety ložísk úžitkových nerastov.

V zahraničí existujú desiatky vedeckých i vedecko-popularizačných prác týkajúcich sa problematiky vulkanizmu. V Československu v námetovo rozmanitej odbornej literatúre však syntetizujúca práca tohto charakteru doteraz chýbala a práve dielo D. Hovorku by malo túto medzeru vyplniť.

Rozsahom nie veľká publikácia je rozdelená do 12 kapitol, v ktorých čitateľ nájde základné informácie o širokej a pesternej problematike vulkanickej činnosti.

V úvodných kapitolách sú v stručnej, ale výstižnej forme uvedené základné údaje o stavbe zemského telesa (geoidu) s charakteristikou základných typov zemskej kôry, údaje o pôvode a typoch magmy. Na tieto všeobecné poznatky nadväzujú kapi-

toly venované podrobnému opisu sopečnej činnosti s dôrazom na charakteristiku základných typov vulkanických erupcií, ich členenie, zloženie a štruktúrno-textúrne znaky.

Významnú časť publikácie tvoria ďalšie kapitoly, v ktorých sú charakterizované základné geotektonické prostredia, typy a produkty vulkanickej aktivity v rámci kontinentálneho i oceánskeho prostredia Zeme. Ďalej je uvedená základná charakteristika vulkanizmu Západných Karpát v jednotlivých útvaroch od staršieho paleozoika až po mladokenozoické vulkanické procesy s princípmi akumulácie úžitkových nerastov viazaných na vulkanické komplexy. Skladbu tejto publikácie vhodne dopĺňa kapitola o katastrofách, ktoré boli spôsobené sopečnou činnosťou, i záverečná kapitola o vulkanizme terestrických planét.

Publikácia je bohato ilustrovaná obrázkami, mapkami, schémami, čiernobielymi i farebnými fotografiami, ktoré názorne dokumentujú podmienky vzniku a vývoja vulkanizmu, ako aj štruktúrno a textúrne znaky povrchových produktov vulkanizmu. Autor v nej stručnou, no výstižnou formou spracoval problematiku vulkanizmu v geologickom vývoji Zeme.

Recenzovaná kniha je užitočným a aktuálnym dielom, ktoré obohacuje našu odbornú literatúru. Odporúčame ju širokému okruhu geológov-spezialistov i geológom, ktorých záujmy sa nekryjú s uvedenou geologickou problematikou, ďalej študentom geologických vied, stredoškolským učiteľom, ale aj ďalším záujemcom.

Michal Kaličiak