

Narodziny i starość skorupy ziemskiej

Ziemia się zmienia



WŁODZIMIERZ MIZERSKI

Państwowy Instytut Geologiczny

- Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

wlodzimierz.mizerski@pgi.gov.pl

Dr hab. Włodzimierz Mizerski, prof. nadzwyczajny, jest pracownikiem Muzeum Geologicznego PIG-PIB. Specjalizuje się w geologii regionalnej, stratygrafii oraz tektonice.

Nie cała współczesna litosfera Ziemi powstała u zarania historii naszej planety i starzała się razem z nią, doznając tektonicznych wstrząsów prowadzących do powstawania łańcuchów górskich czy epizodów wielkiej aktywności magmowej. Ogromna część litosfery to skorupa oceaniczna, która jest stosunkowo młoda, ma maksymalnie 200 mln lat

Ziemia ma około 4,6 mld lat. Skorupę skalną musiała mieć już około 4,4 mld lat temu, a zatem już po ok. 200 mln lat od momentu uformowania się jej jako planety. Tyle bowiem lat (dokładnie 4,36 mld) mają najstarsze minerały, jakie do tej pory znaleziono – cyrkony w skałach metamorficznych w Jack Hills w Australii. Najstarsze skały skorupy ziemskiej to skały magmowe. Ale niewiele młodsze od nich są najstarsze ślady życia na Ziemi. Już w gnejsach formacji Issua na Grenlandii o wieku ok. 3,7 mld lat i w niewiele od nich młodszych skałach metamorficznych Australii i RPA stwierdzono skamieniałości sinic. Najstarsze stromatolity (budowle węglanowe sinic) mają 3 mld lat. To ważne, gdyż stromatolity powstają w środowisku wodnym i są świadectwem istnienia zbiorników wodnych już 3 mld lat temu. Woda ziemskiej hydrosfery pochodzi najprawdopodobniej z degazacji materii wnętrza Ziemi w czasie procesów magmowych, które w pierwszym etapie jej istnienia były bardzo intensywne (choć jest także pogląd, że z akrecji lodowych jąder komet, które weszły w skład pierwotnej Ziemi). Zbiorniki wodne w stosunkowo krótkim czasie zmieniły się w akweny morskie i oceaniczne. Nie ma raczej wątpliwości, że baseny oceaniczne istniały już w paleozoiku, a zapewne i proterozoiku, o czym

świadczą głębokomorskie osady. Szczątkami dawnej skorupy oceanicznej są tzw. kompleksy ofiolitowe (wbudowane dziś w kontynenty) będące zespołem zasadowych i ultrasasadowych skał magmowych z przewarstwieniami zmetamorfizowanych osadów powstałych w głębokim oceanie. To znaczy, że oceany mogły istnieć już w pierwszych dwóch miliardach lat istnienia Ziemi. Jak jednak pogodzić ten pogląd z faktem, że najstarsze skały dna oceanu mają zaledwie 200 mln lat, więc są dwudziestokrotnie młodsze od najstarszych skał kontynentów?

Odpowiedź, czyli teoria tektoniki płyt

Według tej teorii litosfera dzieli się na mniejsze i większe płyty, które są w ciągłym ruchu względem siebie, unoszone przez prądy konwekcyjne działające w płaszczu Ziemi. Mogą się składać z litosfery oceanicznej albo kontynentalnej lub po części z obu. Jednak na początku istnienia planety istniały prawdopodobnie tylko płyty o litosferze zbliżonej składem do współczesnej litosfery oceanicznej. Dopiero procesy magmowe i metamorficzne zachodzące na niektórych granicach między płytami spowodowały powstanie pierwszych elementów litosfery kontynentalnej, zbudowanej z lżejszych, kwaśnych skał magmowych, która w dalszej historii Ziemi ulegała stopniowemu powiększaniu.

Są trzy rodzaje granic między płytami litosfery: dywergentne, konwergentne i konserwatywne. Dywergentne biegną wzdłuż ryftów w osi grzbietów śródoceanicznych. Tam, z astenosfery i płaszczu Ziemi wznosi się magma zasadowa, która krzepnie i wypełnia przestrzeń między dwoma rozsuwającymi się płytami litosfery, poruszającymi się w rozbieżnych kierunkach, zazwyczaj prostopadle do osi grzbietu. Ryft jest zatem wąską szczeliną wypełnianą upłynioną materią płaszczu Ziemi. Ta koncepcja powstawania oceanicznej litosfery ma potwierdzenie nie tylko w istnieniu pasowych anomalii magnetycznych, symetrycznych do osi grzbietów śródoceanicznych, ale także w tym, że wiek skał dna oceanicznego staje się coraz starszy w miarę oddalania się od osi grzbietów i symetryczny względem ich osi.

W granicach konwergentnych następuje wciąganie litosfery oceanicznej w głąb płaszczu



Ziemi, czyli subdukcja. Litosfera oceaniczna jednej płyty podsuwa się w tych miejscach pod litosferę oceaniczną bądź kontynentalną drugiej płyty wzdłuż powierzchni nachylonej pod kątem kilkunastu-kilkudziesięciu stopni, nazwanej strefą Benioffa. Wzdłuż tej powierzchni grupują się ogniska trzęsień ziemi, będące bezpośrednim dowodem na przemieszczanie się dwóch partii litosfery względem siebie.

Granice konserwatywne to zaś uskoki transformacyjne, które tną grzbiety śródoceaniczne i połączenia oceanicznych. Wzdłuż tych uskoki fragmenty skorupy ziemskiej poprzesuwane są poziomo nawet o ponad 1000 km. Najdłuższe występują na dnie Oceanu Spokojnego – Mendocino ma 1150 km, Murray zaś 850 km. Niekiedy uskoki występują również w obrębie skorupy kontynentalnej. Jednym z nich jest znany z licznych ognisk trzęsień ziemi San Andreas w Kalifornii, wzdłuż którego przebiega granica między płytą pacyficzną a płytą północnoamerykańską. Kopalną granicą konserwatywną, mającą ok. 350 mln lat jest uskok Great Glen w Szkocji, wykorzystywany między innymi przez jeziora Great Glen i Loch Ness, wzdłuż którego fragmenty skorupy ziemskiej przesunięte są na odległość ok. 350 km.

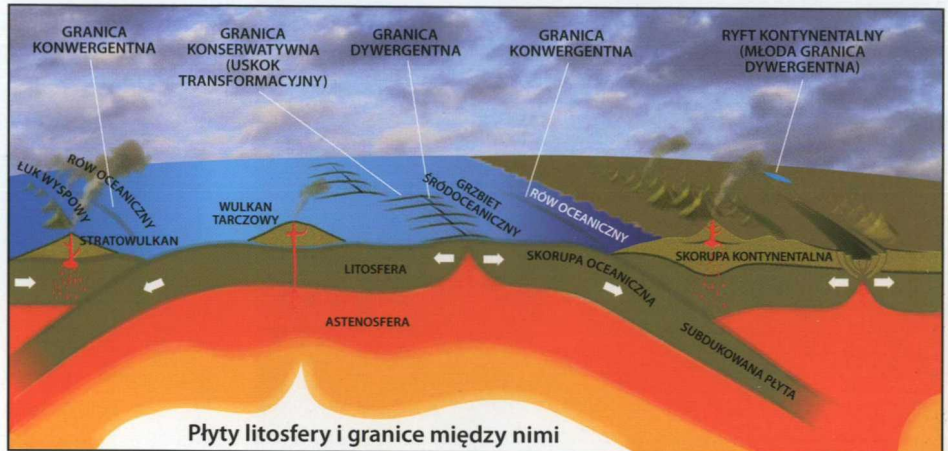
Zgodnie z przedstawianą koncepcją tektoniki płyt, przyrost litosfery oceanicznej wzdłuż konstruktywnych granic płyt (w ryftach grzbietów śródoceanicznych) jest kompensowany przez jej niszczenie w strefach subdukcji. Nic więc dziwnego, że pod dnem współczesnych oceanów znajduje się tylko litosfera oceaniczna, której wiek nie przekracza 200 mln lat. Starsza została zniszczona w strefach subdukcji. Na Ziemi znajdujemy w niewielkich ilościach fragmenty bardzo starej litosfery oceanicznej, jednak nie w obrębie oceanów, ale na kontynentach. Możemy je obserwować w postaci wspomnianych wcześniej kompleksów ofiolitowych.

Znaleźć je można również na Dolnym Śląsku. Sudety bowiem są starym łańcuchem górskim, który powstał w wyniku procesów magmowych i tektonicznych zachodzących nad strefą subdukcji. Badania wieku bezwzględnego ofiolitów sudeckich z obszaru Polski udowodniły, że mają one ok. 400 mln lat, czyli pochodzą z wczesnego dewonu. Ofiolity znane z Czech są starsze, mają nawet 500 mln lat. Można więc przypuszczać, że ocean Rheic, którego szczątkami są ofiolity na obszarze Polski i Czech, musiał istnieć przez wczesny paleozoik. Ślady metamorfizmu, procesów

Jest takie miejsce na Ziemi, gdzie możemy obserwować narodziny skorupy oceanicznej, nie udając się na dno oceanów. Tym miejscem jest Islandia, będąca wypiętrzoną ponad poziom oceanu fragmentem Grzbietu Śródatlantyckiego, gdzie bulgocząca magma wylewa się szczelinami, rozdzielającymi dwie płyty oceanicznej litosfery, tworząc pokrywy lawowe. Czasem ten swoisty tygiel wzniesła olbrzymie chmury popiołów wulkanicznych, zakłócających życie na półkuli północnej

Narodziny i starość skorupy ziemskiej

tektonicznych i wiek skał osadowych powstałych na skorupie oceanicznej świadczą o tym, że ocean zniknął w czasie orogenezy warwscyjskiej (między dewonem a karbonem). Oczywiście oceanu tego nie było na miejscu dzisiejszych Sudetów - musiał rozciągać się na południe od nich.



W. J. E. Viglija, 1995 - zmodyfikowane

W oparciu o dane, jakimi obecnie dysponujemy i na bazie teorii tektoniki płyt litosfery da się przewidzieć ewolucję powierzchni Ziemi w ciągu najbliższych kilkudziesięciu milionów lat. Co będzie później, uzależnione jest od procesów zachodzących w płaszczu Ziemi, od działających w nim prądów konwekcyjnych. Ich przebudowa jest nieuchronna, co doprowadzi znowu do powstania jednego superkontynentu, a następnie do jego rozbitcia i powstania zupełnie innych kontynentów i oceanów Ziemi

Rozciąganie, rozrywanie

Obecny układ płyt litosfery jest stosunkowo młody i zawdzięczamy go przebudowie prądów konwekcyjnych w płaszczu Ziemi zapoczątkowanej w jurze. Doprowadził on do rozpadu istniejącego dotychczas wielkiego lądu Pangei i powstania obecnych kontynentów i oceanów. Jednak i w tym stosunkowo krótkim, bo liczącym około 200 mln lat czasie zniszczony został Ocean Tetydy, by w jego miejsce mógł powstać Ocean Indyjski. Szczątki skał łóżyska tego oceanu, oraz skał osadowych są wbudowane w alpejskie pasma fałdowe ciągnące się od Atlasu i Gór Betyckich na zachodzie po alpejskie pasma Indonezji na wschodzie.

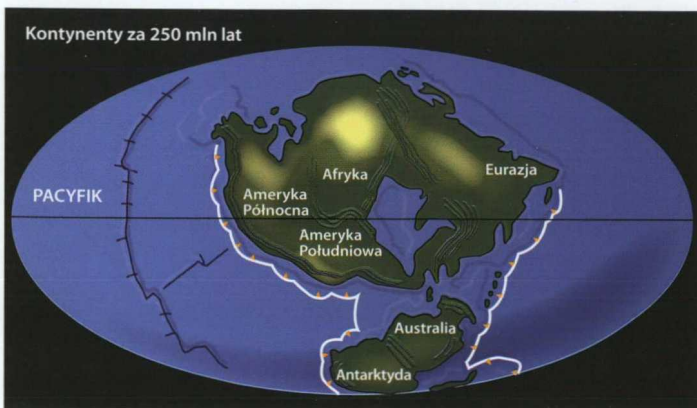
Do pękania kontynentów dochodzi, gdy pod nimi pojawia się wstępująca gałąź prądów konwekcyjnych. Po dotarciu pod litosferę prądy rozchodzą się na boki, powodując jej rozciąganie, a w końcu rozerwanie i pojawienie się między oddalającymi się blokami kontynentalnymi litosfery nowego oceanu. To stadium tworzenia się oceanu możemy obserwować i dzisiaj, m.in. we wschodniej Afryce, gdzie znajduje się system ryftowy - południkowy system rowów tektonicznych, pod którym występuje ścieniona skorupa

kontynentalna. Od takiego ryftu zaczęło się formowanie Atlantyku czy Oceanu Indyjskiego. Bez wątplenia kontynent afrykański rozpada się i za kilkadziesiąt milionów lat w rozszerzającą się szczelinę między jego zachodnią i wschodnią częścią wleją się wody oceaniczne.

Dzisiaj kilka wielkich płyt litosfery i wiele mniejszych oddziałuje na siebie w różny sposób. Rejonem kuli ziemskiej, gdzie procesy te są bardzo dobrze widoczne, jest „ognisty pierścień” wokół Pacyfiku. W brzeżnych partiach tego oceanu rozwinięte są strefy subdukcji, w których niszczone są fragmenty oceanicznej litosfery. To niezwykle aktywna tektonicznie strefa, w której trzęsienia ziemi zachodzą codziennie i jest najwięcej czynnych wulkanów. Jest ona granicą między dwiema wielkimi prowincjami magmowymi skorupy ziemskiej.

Tektonika płyt litosfery to teoria, która najlepiej wyjaśnia procesy zachodzące w obrębie litosfery dziś i w przeszłości. Nie znaczy to jednak, że nie ma już wątpliwości co do dynamiki litosfery i jej przyczyn. Prądy konwekcyjne w płaszczu Ziemi są tylko hipotetyczne. O ile jednak konwekcja cieplna jest procesem udowodnionym, to ciągle nie wiadomo, czy może ona pociągać za sobą tak silny ruch materii płaszczu, by powodować poziome ruchy litosfery. Nie do końca jasny jest też mechanizm fałdowania zachodzący w strefach subdukcji. Pewne jest natomiast, że wewnętrzne ciepło Ziemi ma wpływ nie tylko na litosferę, ale też na cyrkulację atmosferyczną i procesy zachodzące w hydrosferze.

Przyrost litosfery oceanicznej w ryftach grzbietów śródoceanicznych jest w pełni kompensowany przez jej niszczenie w strefach subdukcji. Wydaje się to logiczne, gdyż Ziemia ma stałą powierzchnię i gdyby następował tylko przyrost litosfery, to powiększałaby się jej powierzchnia i musiałaby się ona marszczyć, wyrzyszczać, a nic takiego nie obserwujemy w obrębie dna oceanicznego. Po zniszczeniu w strefach subdukcji starszej litosfery wytopione z niej kwaśne magmy powiększają stopniowo litosferę kontynentalną



<http://www.forumowisko.pl/topic/106285-dryf-kontynentalny> - zmodyfikowane

Chcesz wiedzieć więcej?

Dadlez R., Jaroszewski W. (1994). *Tektonika*, Warszawa.
Czechowski L. (1994). *Tektonika płyt i konwekcja w płaszczu Ziemi*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
<http://www.ucmp.berkeley.edu/geology/tectonics.html>