

## MIEJSCA POWSTANIA DWÓCH PROTOKONTYMENTÓW

## Część I\*

UKD 550.311:550.86

Ciepło i grawitacja oddziałując na określone własności materii naszej planety doprowadziły do powstania i rozwoju ciężkiego jądra w jej środku i lekkiej skorupy na powierzchni. Duża szybkość obrotu w początkowym okresie rozwoju Ziemi była przyczyną pojawienia się dość znacznej siły bezwładności w jej wnętrzu, co w połączeniu z czynnikami wymienionymi powyżej doprowadziło do powstania dwóch protokontynentów w dawnych strefach podbiegunowych. W niniejszym artykule przedstawiam teorię lokalizacyjną protokontynentów (część I) i fakty na jej potwierdzenie (część II).

## PODSTAWY TEORETYCZNE

Rozmieszczenie kontynentów w końcu paleozoiku jawi się nam jako olbrzymie zgrupowanie wszystkich lądów, które swego czasu dostrzegali już Wegener nazywając je Wszechziemią, czyli Pangeą. W latach sześćdziesiątych spostrzeżono, iż ta wielka masa lądu jest zlepkiem mniejszych części, które połączyły się mając już swoją wcześniejszą historię dryfu. Od tego czasu jesteśmy świadomi, że lądy te zanim utworzyły górnopaleozoiczną Pangeę były pierwotnie w innej konfiguracji względem siebie, tworząc jakiś stan dziś jeszcze nie znany. O ile w rozpoznaniu mezozoiku i kenozoicznego dryfu kontynentów panuje wśród badaczy duża zgodność, o tyle paleozoiczny dryf budzi kontrowersje. A przecież początek paleozoiku nie był początkiem dryfu kontynentów. Dane z pasów orogenicznych aktywnych w proterozoiku oraz dane paleomagnetyczne świadczą o przemieszczeniach kontynentów nawet w tym okresie czasu. Jakże zatem było pierwotne rozmieszczenie litosfery kontynentalnej? Które kontynenty i jak były ze sobą połączone? Do tej pory nie było ogólnego ujęcia, które by odpowiadało zadowalająco na te pytania, nie było koncepcji opartej na mocnych podstawach i potwierdzonej przez fakty. Być może teoria i argumenty przedstawione tutaj wypełnią tę lukę.

Rozważmy wpiery zagadnienie zmian w prędkości kątowej Ziemi, której szybki obrót wywołując w jej wnętrzu znaczącą siłę odśrodkową zapisał się szczególnie w rozmieszczeniu pierwotnej litosfery kontynentalnej.

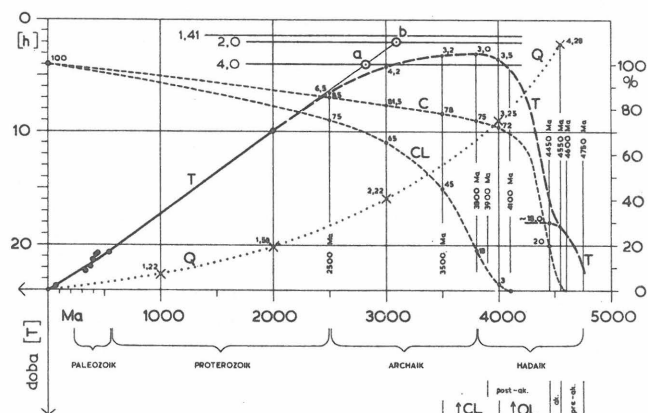
Badania paleontologów prowadzone w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych na szkieletach i muszlach bezkręgowców oraz w utworach biosedymentacyjnych zwanych stromatolitami potwierdziły wcześniejszą hipotezę o szybkim ruchu obrotowym Ziemi w początkach jej rozwoju. Na ryc. 1 przedstawiłem przebieg zmian w szybkości ruchu obrotowego Ziemi ( $T$ ) zarówno stwierdzony (linia ciągła), jak i prawdopodobny (linia kreskowana). Dane z paleozoiku oznaczone na rycinie kilkoma punktami umieszczono na podstawie badań J.W. Wellsa (1963), C.T. Scruttona (1965), McGugana (1967), S.J. Mazzullo (1971), i G.L. Pannallego (1972). Ustalenie szybkości obrotu Ziemi w prekambrze umożliwiła praca R.E. Mohra, (1975), który

znalazł w Ameryce Pn. (Minnesota, USA) stromatolity o wieku 2000 Ma. Ich wyraźne warstwowanie pozwoliło doliczyć się aż 880 dni w roku, co daje długość doby równą 9,9 godziny. Natomiast badania skamieniałych alg o wieku 2500 Ma prowadzone przez Pannallego, który je znalazł w Afryce Południowej i w Kanadzie pozwoliły ustalić w interesującej nas sprawie jedynie to, że również i wówczas Księżyc był satelitą Ziemi.

Przypatrzmy się teraz położeniu oznaczeń długości doby określonych na podstawie danych paleontologicznych – ryc. 1. Okazuje się, że oznaczenia te: dla wieku 2000 Ma i dla paleozoiku oraz współczesna długość doby stanowią nieomal linię prostą. Świadczy to najprawdopodobniej o jednym głównym czynnikiem wiekowego zmniejszania prędkości kątowej Ziemi. Mógł nim być tylko hamujący wpływ tarcia wywołanego prądami morskimi spowodowanymi grawitacyjnym oddziaływaniem Księżycy i Słońca. Idąc dalej w przeszłość Ziemi, poza owe 2000 Ma, można określić tylko hipotetycznie przebieg zmian w jej rotacji. Jakże mamy ku temu podstawy?

Po pierwsze: punktem wyjścia musi być przebieg zmian w okresie od 2000 Ma do współczesności oparty na danych paleontologicznych, a więc ekstrapolacja.

Po drugie: pomocą jest tutaj granica dynamicznej stabilności globu ze względu na siłę odśrodkową, usytuowana gdzieś pomiędzy prędkością obrotu wynoszącą 1,41 h/dobę dla przypadku globu o absolutnej sżywności – przy której na jego powierzchni na równiku przyspieszenie siły odśrodkowej równe jest przyspieszeniu ziemskiemu (ryc.



Ryc. 1. Przebieg zmian w geologicznych dziejach Ziemi czterech współzależnych czynników: ciepła radiogenicznego ( $Q$ ), masy jądra ( $C$ ), prędkości ruchu obrotowego ( $T$ ) i masy litosfery kontynentalnej ( $CL$ ). W obrębie hadaiku (P. Cloud, 1976) wyodrębniono następujące etapy rozwoju Ziemi: przedakrecyjny (pre-ak.), akrecyjny (ak.) i poakrecyjny (post-ak.). Dalsze objaśnienia w tekście

Fig. 1. Variation of four interdependent factors, i.e. of radiogenic heat ( $Q$ ), earth core mass ( $C$ ), velocity of rotary motion ( $T$ ) and mass of continental lithosphere ( $CL$ ), during a geological history of the earth. Within the Hadaean (P. Cloud, 1976) the following phases of evolution of the earth were distinguished: pre-accretion (pre-ak.), accretion (ak.) and post-accretion (post-ak.) ones. Further explanations in the text

\* Część II ukaże się w „Przeglądzie Geologicznym” nr 6 z br.

4) – a prędkością około 2,0 h/dobę, jeśli uwzględnimy plastyczność Ziemi (G.H. Darwin, 1880).

I po trzecie: musimy koniecznie uwzględnić powiększanie się żelazo-niklowego jądra Ziemi powodującego zmniejszenie momentu bezwładności i wzrost szybkości obrotu planety.

Są to najważniejsze podstawy ustalenia hipotetycznej zmienności w ruchu obrotowym Ziemi. Przejdźmy teraz do szczegółów określenia przebiegu tych zmian.

Dla ułatwienia tego zadania pokazano na ryc. 1 trzy linie znaczące długość doby i określające tym samym szybkość ruchu obrotowego Ziemi. Dwie linie, położone najwyżej, to linie graniczne dla dynamicznej stabilności globu ze względu na siłę odśrodkową. Długość doby wynosząca 2,0 godziny ustalił G.H. Darwin (1880) dla wczesnego etapu rozwoju Ziemi wychodząc z hipotezą oderwania fragmentu naszego globu i utworzenia żeń Księżyca. Przez długi czas tak szybki obrót wydawał się nieprawdopodobny, ale ostatnio, zgodnie z hipotezą akrecyjnego powstania Ziemi z dużych planetezymal prawdziwość zbliżonej szybkości wirowania jest dużo większa (1). Trzecia linia oznacza długość doby równą 4,0 godziny, która jest wartością uznawaną dość powszechnie za prawdopodobną we wczesnym okresie historii Ziemi (5).

Jednostajne zmniejszanie szybkości obrotu Ziemi w ostatnich 2000 mln lat skłania do tego, aby przedłużyć wyznaczając ją linię dalej w przeszłość. Wówczas się okaże, iż około 3000 Ma przedłużenie to przetnie linię, która oznacza długość doby wynoszącą 4,0 godziny – punkt a, oraz linię krytyczną równą 2,0 h/dobę – punkt b. Wskazuje to, że taki przebieg zmian szybkości wirowania Ziemi nie był możliwy, gdyż przekroczenie krytycznej szybkości rotacji doprowadziłoby do oderwania części jej masy, a taki przypadek najprawdopodobniej się nie zdarzył. Wiadomo też, że hamujący wpływ tarcia pływów morskich musiał być ponad 2000 Ma mniejszy niż bliżej w czasie. Dlatego też hipotetyczna linia zmiany długości doby musi ulec zakrzywieniu w stosunku do wykonanego przedłużenia. Oczywiście kierunek tego zakrzywienia wskazuje na coraz to mniejsze tempo zmian wywołanych tarcieciem pływów. Wiąże się to z tym, że w archaiku powstała większość litosfery kontynentalnej, a ponieważ proces tworzenia tej litosfery jest dość ściśle powiązany ze wzrostem hydrosfery, dlatego największe zakrzywienie linii zmian długości doby spowodowane tarcieciem pływów powinno przypaść na archaik.

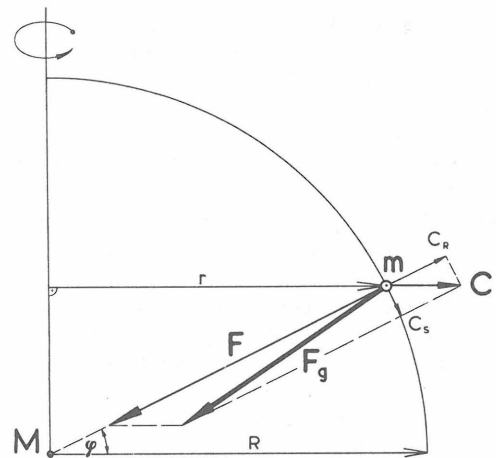
Ważna teraz jest odpowiedź na pytanie o długość najkrótszej doby. Nie możemy jej dać opierając się na mocnej podstawie, pozostać musimy w kręgu przypuszczeń, kierując się jednak racjonalnymi przesłankami. Otóż, po pierwsze, należy określić czas, w którym obrót Ziemi był najszybszy. Tutaj powinniśmy przypatrzeć się jak wzrastało jądro Ziemi, które gromadząc ciężkie frakcje płaszcz przyspieszało rotację globu. Bardzo szybki wzrost jądra Ziemi, dostrzegany przez wielu badaczy, miał swój kres około 3800 Ma (4). A ponieważ przyrost prędkości kątowej Ziemi, ponad poziom wywołany grawitacyjnym zagęszczeniem, został spowodowany przez zmniejszanie momentu bezwładności planety wskutek gwałtownego tworzenia się jej jądra, wnioskuję, iż to właśnie wówczas, 3800 Ma, prędkość ruchu obrotowego Ziemi była maksymalna. Po drugie, należy wziąć pod uwagę, że większe zakrzywienie linii zmian szybkości obrotu Ziemi miało miejsce w archaiku, z przyczyn, o których już mówiliśmy. Dlatego też przyjęcie długości doby 2500 Ma na równie 6,5 godziny, co odbiega nieco od owego przedłużenia, wydaje się uzasadnione. Dalszy przebieg krzywej, aż do wieku 3800 Ma, powinien

stopniowo i płynnie ze wznoszącego stawać się coraz bardziej płaski. Największa płynność przebiegu tej linii wskazuje na 3,0 godziny jako najkrótszą dobę w wieku 3800 Ma. Taką też wartość przyjąłem w niniejszej pracy.

Idąc dalej w przeszłość krzywa zmian ruchu obrotowego Ziemi opada gwałtownie do coraz wolniejszej rotacji. Patrząc na to odwrotnie powiemy, że był to okres znacznego przyspieszania ruchu wirowego Ziemi, który od pewnego czasu odbywał się za sprawą zmniejszania momentu bezwładności spowodowanego szybkim wzrostem jądra, do którego sływały najcięższe frakcje płaszcz. Proces ten zachodził wskutek obecności dużej ilości ciepła radio-genicznego we wnętrzu Ziemi, które było około 3–4,5 raza większe niż obecnie – krzywa  $Q$  na ryc. 1 (A. Polański, 1961). Szybkość obrotu Ziemi bez koncentracji żelaza w jądrze, uzyskana tylko poprzez grawitacyjną kontrakcję i akrecję planetezymal, byłaby mieściła się prawdopodobnie gdzieś pomiędzy współczesną długością doby planet grupy jowiszowej, a długością doby Marsa, bowiem masa Ziemi również zawiera się gdzieś pomiędzy masami tych planet, a zmniejszenie ich ruchu obrotowego było zapewne dość małe w stosunku do zmniejszenia prędkości kątowej Ziemi z racji posiadania przez nią masywnego Księżyca i hydrosfery. Zależności te pozwalają określić bardzo szacunkowo, iż w momencie zakończenia akrecji Ziemi, około 4450 Ma, prędkość ta wynosiłaby około 18 h/dobę – ryc. 1.

Przejdźmy teraz do omówienia sił działających we wnętrzu Ziemi – grawitacji i bezwładności. Kierunki ich działania pokazano na ryc. 2. Przedstawiono tam cząsteczkę materii Ziemi o masie  $m$ , na którą oddziałuje siła przyciągania grawitacyjnego  $F$  oraz siła bezwładności  $C$  (odśrodkowa), która powstała w wyniku obrotu naszej planety. Siła  $F$  jest skierowana do środka globu, natomiast siła  $C$  działa w płaszczyźnie prostopadłej do osi obrotu i ze zwrotem skierowanym od osi. W wyniku obu oddziaływań powstaje siła wypadkowa  $F_g$ , którą nazywamy siłą ciężkości lub siłą przyciągania ziemskiego. Dodać należy, iż siła bezwładności  $C$  ma składową poziomą  $C_s$ , powodującą spłaszczenie Ziemi i składową pionową  $C_R$ , która mając przeciwny znak niż siła przyciągania grawitacyjnego  $F$  zmniejsza oddziaływanie grawitacyjne Ziemi.

Istotną cechą pola grawitacyjnego jest natężenie  $g$ , które stanowi wektor o kierunku i zwrocie siły grawitacyjnej  $F$ . Druga zasada dynamiki Newtona pozwala stwierdzić, że natężenie pola grawitacyjnego jest równe przyspieszeniu,



Ryc. 2. Siła ciężkości  $F_g$  jako wynik oddziaływania grawitacyjnego  $F$  i siły bezwładności (siły odśrodkowej)  $C$  na punkt o masie  $m$

Fig. 2. Gravity  $F_g$  as effect of action of gravity  $F$  and inertia (rotary)  $C$  forces onto a point of mass  $m$

jakie doznaje ciało w tym polu pod wpływem przyciągania. Niejednorodny rozkład materii Ziemi kształtuje w sposób charakterystyczny wartość natężenia pola grawitacyjnego we wnętrzu planety, co przedstawiono na ryc. 3. Widzimy, że skupienie 1/3 masy globu w jądrze powoduje utrzymanie się wartości natężenia pola grawitacyjnego w płaszczu na poziomie zbliżonym do notowanego na powierzchni i dopiero od granicy jądro-płaszcz wartość natężenia pola spada monotonicznie (nie liniowo) od 10,37 m/s<sup>2</sup> do zera w środku globu.

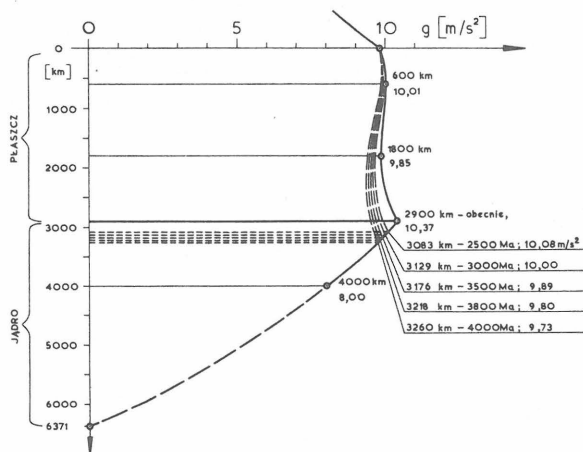
Wielkość siły bezwładności  $C$ , która zmniejsza oddziaływanie grawitacyjne jest zależna od przyspieszenia  $a$ , jakie doznaje ciało o masie  $m$  podczas ruchu obrotowego Ziemi. Wartość tego przyspieszenia określa się wzorem:

$$a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$$

gdzie:  $T$  – okres obrotu Ziemi (s)  
 $r$  – odległość masy  $m$  od osi obrotu (m),

Na ryc. 4 przedstawiono wartość przyspieszenia siły bezwładności dla różnych interesujących nas tu szybkości obrotu Ziemi  $T$ , które wybrano z ryc. 1. Przyspieszenie to obliczono według powyższego wzoru dla odległości od osi obrotu odpowiadającej promieniowi kuli mającej taką samą objętość jak Ziemia (6371 km). Dla odległości różnych od podanej, bliżej lub dalej od osi obrotu przyspieszenie będzie proporcjonalnie mniejsze lub większe. Na rycinie widać wyraźnie jak krzywa obrazująca przyspieszenie siły bezwładności rośnie coraz bardziej stromo im krótsza jest doba, jak podaje przytoczony wzór – rośnie ona z kwadratem prędkości kątowej Ziemi.

Oddziaływanie grawitacyjne i siła bezwładności przy szybkim ruchu obrotowym Ziemi we wczesnym okresie jej rozwoju dały charakterystyczny, zróżnicowany pomiędzy płaszczyzną równika a osią obrotu rozkład natężenia siły ciężkości. Przedstawiłem ten efekt na ryc. 5. Widzimy tam, że wartość natężenia siły ciężkości jest większa w pobliżu osi obrotu Ziemi niż w płaszczyźnie równika. Zauważmy ponadto, że ukazany tam model globu zawiera pewne uproszczenie polegające na nieuwzględnieniu plastyczności Ziemi, które przy tak szybkim ruchu obrotowym



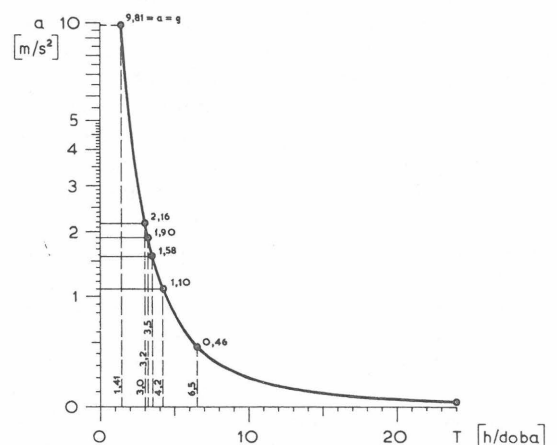
Ryc. 3. Rozkład radialny natężenia pola grawitacyjnego  $g$  we wnętrzu Ziemi oraz jego zmiany związane ze wzrostem jądra od 4000 Ma do współczesności. Obecne położenie powierzchni jądra oznaczono linią grubą ciągłą, a powierzchnię jądra w przeszłości liniami cienkimi kreskowanymi

Fig. 3. Radial pattern of intensity of gravity field  $g$  inside the earth and its changes connected with a core growth from 4000 Ma until the present. Actual location of the core surface is marked by a thick continuous line whereas past ones by thin dashed lines

sprzyjało dość znacznemu spłaszczeniu globu. Gdybyśmy jednak wzięli to pod uwagę wskazana różnica w natężeniu siły ciężkości byłaby nieco większa. Natężenie siły przyciągania ziemskiego, które na ryc. 5 jest podane dla wielu punktów w strefie płaszczu i na powierzchni globu, obliczyłem jako wypadkową natężenia siły przyciągania grawitacyjnego  $g$  (dla siły  $F$ ) i natężenia siły bezwładności  $a$ . Wartość natężenia pierwszej siły, potrzebnej do obliczenia wypadkowej, można odczytać z wykresu na ryc. 3, gdzie podano ją w zależności od powiększającego się jądra, natomiast wartość natężenia siły bezwładności – jak to wyżej omówiłem – jest zamieszczona na ryc. 4.

Analizując rozmieszczenie wartości natężenia siły przyciągania ziemskiego (ryc. 5) możemy stwierdzić, że w okresie 4000–2500 Ma, kiedy Ziemia obracała się znacznie szybciej niż obecnie, miało miejsce duże zróżnicowanie natężenia siły ciężkości pomiędzy strefą płaszczu położoną w płaszczyźnie równika a strefą płaszczu otaczającą oś obrotu Ziemi. Różnica ta ( $\Delta$ ), w wieku 3800 Ma, dochodziła na powierzchni globu do 2,16 m/s<sup>2</sup> dla Ziemi obracającej się z prędkością 3 godzin/dobę. Natomiast na powierzchni jądra, w strefie dyferencjacji wglębnej płaszczu różnica ta osiągnęła wówczas 1,07 m/s<sup>2</sup>. Jakie to miało znaczenie dla tektonicznej ewolucji naszego globu? Jak wpłynęło na rozmieszczenie pierwotnej litosfery kontynentalnej (CL)?

Konsekwencje tego – jak sądzę – były zasadniczej natury i w sposób wyraźny, choć ukryty, odcisnęły się na genezie kontynentów i ich tektonicznym rozwoju. W jaki sposób to się stało? Otóż w okresie szybkiego ruchu obrotowego Ziemi termograwitacyjne wynoszenie ku powierzchni lekkich dyferencjatów znad granicy jądra i płaszczu zachodziło wyłącznie w obu strefach przylegających do osi obrotu. Działo się tak dlatego, gdyż panujące tam wyższe niż w strefie płaszczyzny równika natężenie siły przyciągania ziemskiego powodowało większą siłę wynoszenia magmy pochodzącej z wglębnego różnicowania materii płaszczu. To właśnie było przyczyną nieuchronnego wyróżnienia tych stref, które stały się jedynym miejscem wznoszących termograwitacyjnie bardzo wielu iniekcji magm na kształt gigantycznych plam gorąca. Nastąpiło zatem ukierunkowanie transportu materii i ciepła na strefy pod-



Ryc. 4. Natężenie siły bezwładności  $a$  jako funkcja ruchu obrotowego Ziemi ( $T$ ). Odległość od osi obrotu równa promieniowi kuli, mającej taką samą objętość jak Ziemia (6371 km). Podano wartość  $a$  dla okresów obrotu ( $T$ ), zaznaczonych na ryc. 1

Fig. 4. Intensity of inertia force  $a$  as function of rotary motion of the earth ( $T$ ). Distance from a rotary axis equal the radius of a ball with the same volume as the earth (6371 km). The value  $a$  is presented for rotation periods ( $T$ ) indicated in Fig. 1

biegunowe globu. Efektem tego była intensyfikacja dopływu lekkich dyferencjatów i ciepła endogenicznego w oba te rejony Ziemi.

Nastąpiło zwiększenie temperatury astenosfery aż do jej powszechnego kilkunastoprocentowego topnienia powodującego złożony proces wytapiania kwaśnych magm i budowy na powierzchni Ziemi litosfery typu kontynentalnego. Wytapianie tej litosfery, jakie obecnie obserwujemy w strefach orogenicznych o genezie subdukcyjnej, mające w planie formę linearną, np. w łuku Marianów, w epoce tworzenia się protokontynentów biegunowych miało kształt izometryczny, zaś liczba tych obszarów na ówczesnej litosferze oceanicznej była dużo większa niż dzisiejsze sporadyczne ciągi łuków wyspowych przy strefach subdukcji.

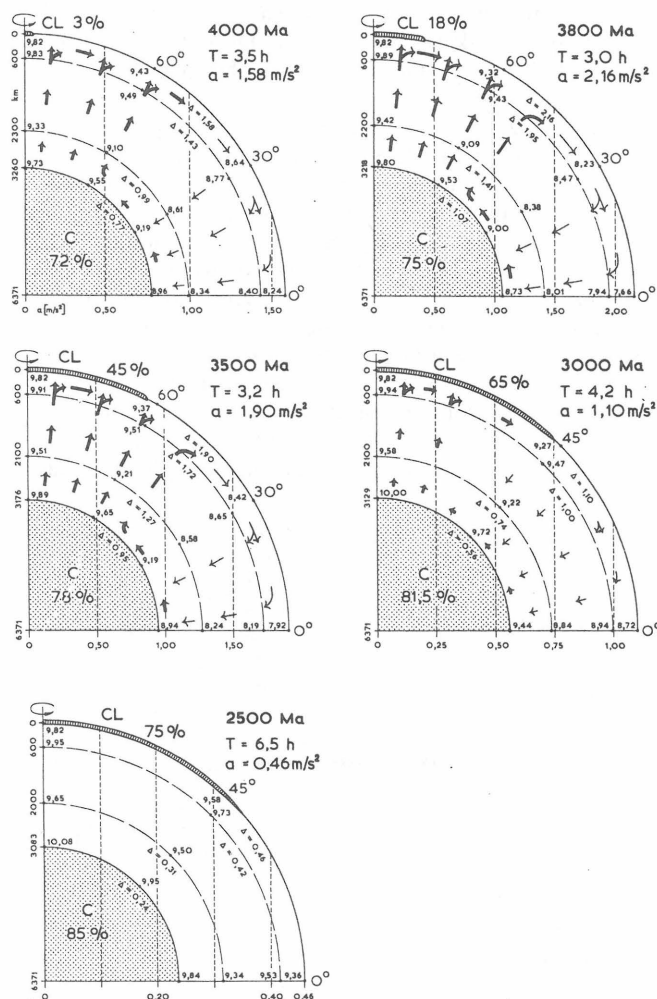
Wyróżniona strefa aktywnego termogravitacyjnego wywołania ciepła i lekkiej materii płaszczka jest pokazana na ryc. 5 w sposób symboliczny grubymi strzałkami. Ich długość obrazuje intensywność efektu wyróżnienia stref osiowych globu. Strefę biernego, wymuszonego przemieszczania materii płaszczka przedstawiają strzałki cienkie, które swoją długością również wskazują na intensywność przemieszczania materii płaszczka. Na powierzchni Ziemi, w strefie podbiegunowej, widzimy stopniowe narastanie litosfery kontynentalnej (CL) pokazane w sposób symboliczny z procentowym określeniem do współczesnej powierzchni kontynentów. Podane wartości, zarówno w przypadku litosfery kontynentalnej, jak i jądra (C) wymagają komentarza. Całościowe objaśnienie jest potrzebne również do wyjaśnienia wzajemnych relacji procesów i zjawisk ukazanych na ryc. 1. Spójrzmy zatem jeszcze raz na tę rycinę.

Najważniejszym elementem, jaki tam pokazano, jest ciepło radiogeniczne ( $Q$ ) pochodzące z szeregu uranowego ( $U^{238}$ ), aktywnego ( $U^{235}$ ) i torowego ( $Th^{232}$ ) oraz z rozpadu promieniotwórczego izotopu  $K^{40}$ . Ciepło to, razem z grawitacją, jako dwa podstawowe czynniki, stanowią o sile procesów endogennych naszej planety. Wysoka wartość ciepła radiogenicznego na początku historii Ziemi, wraz z ciepłem z innych źródeł, spowodowała różnicowanie się materii prawdopodobnie już na etapie akrecyjnym planety, doprowadzając do utworzenia niewielkiego żelazoniklowego jądra. Mogło ono mieć w momencie zakończenia akrecji globu około 20% masy jądra współczesnego i było wtedy u progu gwałtownego wzrostu przy ciepłe radiogenicznym 4-krotnie większym niż obecnie.

Dodajmy tu jeszcze, dla całości obrazu, że spływ ciężkich frakcji płaszczka do jądra zmniejszał moment bezwładności Ziemi przyspieszając tym samym ruch obrotowy globu. Jak jednak szybko powiększało się jądro? Ustalenie to jest nam potrzebne przede wszystkim do określenia rozkładu natężenia pola grawitacyjnego w płaszczku (ryc. 3). Otóż Sun wnioskuje, że frakcjonowanie jądro-płaszczka było zakończone nie później niż 3800 Ma (4). Należy jednak sądzić, że po tym czasie jądro wzrastało nadal, jedynie zakończony został etap jego bardzo szybkiego wzrostu, a i dzisiaj, choć znacznie wolniej, jądro powiększa się również – tak sądzi wielu badaczy, np. Urey (7). Założyłem więc, iż jądro Ziemi o wieku 3800 Ma miało 3/4 masy jądra współczesnego. I dalej, że do końca archaiku wzrost jądra był nieco szybszy niż po archaiku, co dla wieku 2500 Ma pozwala określić wielkość jądra na 85% masy jądra współczesnego. Jak widzimy na ryc. 1, krzywa wzrostu jądra (C) wyrysowana na tych podstawach wydaje się mieć wysoce prawdopodobny przebieg.

Kiedy z jednej strony powstawało żelazo-niklowe jądro na powierzchni Ziemi tworzyła się krzemianowa powłoka

o składzie zbliżonym do współczesnej litosfery typu oceanicznego. Był to więc etap tworzenia pierwotnej litosfery oceanicznej (OL), który trwał od około 4450 do 4000 Ma. Pod koniec tego okresu szybkiego ruchu obrotowego Ziemi była już na tyle duża, że wystąpił opisany już efekt koncentracji wypływu ciepła i lekkich frakcji materii płaszczka w strefach osiowych globu. Rozpoczął się ważny etap w historii ewolucji Ziemi, który trwał od około 4100 Ma nieomal do końca archaiku. W tym czasie pod wpływem intensywnego dopływu ciepła i lekkich dyferencjatów nastąpił opisany wyżej w sposób szkicowy złożony proces wytapiania litosfery znacznie wzbogaconej w krzemionkę i alkalia – litosfery typu kontynentalnego. Miało to miejsce w obu strefach podbiegunowych. Opisany tu mechanizm ukierunkowania ciepła i lekkiej materii płaszczka musiał wpłynąć na rozmiar i kształt biegunowych protokontynentów: miały one równe i koliste powierzchnie, były symetryczne względem siebie. W skład jednego z nich wchodziła Afryka z Arabią, Ameryka Południowa oraz Indie i Madagaskar, a także takie mikrokontynenty jak Seszele, Floryda i Plato Nowozelandzkie; drugi natomiast protokontynent był złożony ze starych rdzeni pozostałych



Ryc. 5. Rozkład natężenia pola siły ciężkości  $g$  dla szybko wirującej Ziemi w okresie 4000–2500 Ma. W płaszczyźnie równika podano wartości natężenia siły bezwładności  $a$ , która umniejsza natężenie pola grawitacyjnego. Objaśnienia w tekście

Fig. 5. Intensity pattern for gravity field  $g$  for the quickly rotating earth during the interval 4000–2500 Ma. Values of intensity of inertia force  $a$  that decreases intensity of gravity field are presented at equator plane. Explanations in the text

współczesnych kontynentów, które obecnie są otoczone w znacznym stopniu młodymi strefami orogenicznymi. Ten pierwszy łąd, to dobrze znana wszystkim Gondwana, choć bez Australii i Antarktydy, drugi zaś trudno dalej nazywać Laurazją z racji jego genezy i składu. Dlatego proponuję drugi z protokontynentów nazwać – Ungawą, jako że w jego składzie był niewątpliwie granitognejsowy masyw Ungava, który dziś znajduje się na NE tarczy kanadyjskiej.

Omówmy teraz przedstawioną na ryc. 1 krzywą wzrostu litosfery kontynentalnej (CL). Jej przebieg oparłem na oszacowaniu Taylora i McLennana, iż 75% obecnej masy litosfery kontynentalnej powstało w archaiku (do 2500 Ma) (6). Początek tworzenia się litosfery tego typu określiłem na 4100 Ma biorąc za podstawę wyznaczoną uprzednio szybkość wirowania Ziemi, która od tego momentu umożliwiła powstanie efektu ukierunkowania wypływu ciepła i lekkich dyferencjatów w strefy przyległe do osi obrotu Ziemi. Ustalenie to koreluje z opinią wielu badaczy, np. Chaina (2), stwierdzających, że przejście od pierwotnej litosfery oceanicznej do litosfery kontynentalnej i powstanie najstarszej części warstwy granitowej starych platform nastąpiło w okresie 4000–3500 Ma.

Wzrost skorupy kontynentalnej w okresie 4100–2500 Ma, czyli od zera do 75% masy współczesnej, określiłem wychodząc z założenia, które wynika z ukazanego tutaj mechanizmu powstania protokontynentów, iż na przyrost i formowanie się pierwotnych łądów w tym czasie miał wpływ strumień ciepła i lekkich dyferencjatów pojawiający się na powierzchni w rejonach podbiegunowych, który z kolei był uzależniony w swojej intensywności przede wszystkim od szybkości obrotu Ziemi. Przedstawiona na rycinie krzywa wzrostu protokontynentów w wymienionym wyżej okresie jest więc ściśle skorelowana ze zmianami w szybkości ruchu obrotowego Ziemi, w pierwie jego przyspieszania, a później zwalniania pod wpływem tarcia pływowego od również rosnącej wówczas hydrosfery. Przykładowo – w okresie 4100–4000 Ma przyrost litosfery kontynentalnej wyniósł 3% na 100 mln lat, natomiast w okresie 3800–3500 Ma, kiedy prędkość kątowna globu była najwyższa, przyrost ten wzrósł do 9% na 100 mln lat osiągając również wartość najwyższą.

Podsumowując część teoretyczną możemy powiedzieć, że na początku utworzyły się dwa protokontynenty biegunowe. A więc pierwotny stan skorupy kontynentalnej, to nie Wegenerowska Pangea, nie były nim również Gondwana i Laurazja Du Toita, lecz Gondwana i Ungawa – dwa biegunowe protokontynenty o kolistym kształcie i równych powierzchniach. Rozdzielała je pierwotna litosfera oceaniczna, której charakterystyczne położenie skłania aby pokrywając ją wody nazwać Oceanem Równikowym.

Idea dwóch pierwotnych kontynentów nie jest nowa. W niedawnej przeszłości ożywił ją R.S. Dietz i W.P. Sproll (3). Kontynuując wcześniejszą koncepcję (Du Toita) określili Gondwanę i Laurazję jako dwa pierwotne superkontynenty o równych powierzchniach i kolistym kształcie, które powstały w strefach okołobiegunowych Ziemi. Ich genezę upatrywali w prostym układzie typu Runcorna składającym się z dwóch szerokościowych toroidalnych komórek konwekcyjnych w płaszczu. Owe superkontynenty miały się utworzyć w antypodalnie rozmieszczonych strefach zstępujących prądów konwekcyjnych.

Powstaje pytanie – co przyczyniło się do związku tych komórek z biegunowością Ziemi (Gondwana – półkula S, Laurazja – półkula N)? I następne pytanie – jakie siły stabilizowały układ dwóch komórek konwekcyjnych w długim czasie tworzenia się pierwotnej litosfery konty-

entalnej? Odpowiedź na te pytania przynosi koncepcja, która powstała niezależnie od pracy R.S. Dietza i W.P. Sprolla, a którą przedstawiłem w niniejszym artykule, ale już w odniesieniu do innego mechanizmu kreującego dwa protokontynenty w strefach biegunowych Ziemi. Poza tym skład protokontynentów w obu koncepcjach jest znacząco różny. Również istotne jest to, że Laurazja w przeciwieństwie do Ungawy jest zdecydowanie paleozoicznym konglomeratem łądów wcześniej dryfujących, stąd wielość pasów orogenicznych w obrębie Laurazji.

Koncepcja powstania protokontynentów biegunowych, zaskakująca swą prostotą wynikającą z mechanizmu ich utworzenia, jest (jak sądzę) wysoce prawdopodobnym modelem wskazującym miejsce powstania pierwotnej skorupy kontynentalnej. Ma ona mocną podstawę w fizyce sił prowadzących do powstania i lokalizacji protokontynentów na obszarach podbiegunowych Ziemi. Należy jednak zapytać – czy oprócz fizycznego mechanizmu i dużej szybkości ruchu obrotowego Ziemi w przeszłości są jakieś inne dane potwierdzające fakt istnienia dwóch protokontynentów biegunowych? Oczywiście – są. Omówimy je w drugiej części artykułu.

## L I T E R A T U R A

1. B o s s A.P. – The Origin of the Moon. Science 1986 vol. 231.
2. C h a i n W.J. – Geotektonika ogólna. Wyd. Geol. 1974.
3. D i e t z R.S., S p r o l l W.P. – Equal areas of Gondwana and Laurasia (Ancient Supercontinents). Nature 1966 vol. 212 no 5067.
4. K r ö n e r A., H a n s o n G.N., G o o d w i n A.M. – Archaean Geochemistry. Eds. Springer-Verlag New York 1984; Final Report of IGCF Project no. 92.
5. M a j S. – Efekt tarcia przypryływowego. W: Fizyka i ewolucja wnętrza Ziemi. Red. R. Teisseyre, cz. 2. PWN 1983.
6. T a y l o r S.R., M c L e n n a n S.M. – The Continental Crust. Blackwell Scientific, Palo Alto CA 1985.
7. U r e y H.C. – Powstanie Ziemi. (1952). W: P. Cloud – Ziemia i jej historia. PWN 1975.

## S U M M A R Y

The author presents the location theory against theoretic basis of development of two proto-continent (part I). Afterwards he supports in three items the principles of hypothetic variation in a rotary movement of the earth. High rotary movement during the initial earth development resulted in quite a significant force of inertia inside. In connection with the mentioned factors, such fact caused a formation of two proto-continent in the previous polar zones.

## Р Е З Ю М Е

Автор приводит теоретические основы формирования двух протоконтинентов и рассматривает теорию локализации (часть I). Далее дает обоснование в трех пунктах гипотетических изменений вращательного движения Земли. Быстрое вращательное движение в начальный период эволюции Земли явилось причиной проявления силы инерции значительной величины внутри земного шара, которая совместно с другими факторами обусловила образование двух протоконтинентов в древних полярных зонах.