



## Ciśnienie hydrostatyczne w oceanach przyczyną dryfu płyt tektonicznych i przyczyną trzęsień Ziemi? Hipoteza klinów hydrostatycznych

Stefan Wyciszczok<sup>1</sup>



**Hydrostatic pressure in the oceans as the cause of tectonic plate drift and earthquakes? A hypothesis of hydrostatic wedges.** *Prz. Geol.*, 63: 449–453.

*Abstract.* The article presents the likely cause of cracks in the continental and oceanic lithospheric plates, and the probable causes of earthquakes initiating Earth's speed changes. As the root cause of one of the earthquakes, the author adopts a rotational speed of the globe (reasons: changes of the ocean level, convection currents, or a change in the ice cover) causing the formation of small d'Alambert's forces with a latitudinal direction, which affect the tectonic plates. The author shows that there is a natural amplifier in the lithosphere, which converts the small d'Alambert's forces into forces capable of moving tectonic plates on the asthenosphere. The energy to produce the drift of tectonic plates comes from the potential energy of water column in the oceans and some lakes.

Thus, the author also explains where the continent-moving forces come from, unlike Alfred Wegener who was not able to unravel this. It should be emphasized that the earthquake in 2011 (Fukushima) occurred during the Earth's speed change. Current hypotheses should be re-examined and the reason for tectonic plate drift should be re-considered taking into account the hydrostatic pressure – a factor influencing the water column in the oceans and some lakes, and affecting the change in rotation speed of the Earth. The author believes that it is appropriate to carry out work to identify a close relationship between the changes in the Earth's speed and earthquakes initiated by these changes, which would allow to forecast some earthquakes.

**Keywords:** plate tectonics, earthquakes, hydrostatic pressure, cracks in lithosphere

Wędrowka kontynentów (dryf kontynentów) zwana też teorią Alfreda Wegenera, a obecnie nazywana wędrowką płyt tektonicznych litosfery, zakłada, że mechanizmem napędzającym dryf kontynentów są prądy konwekcyjne w płaszczu Ziemi (np. Cox & Hart, 1986; Czechowski, 1994; Dadlez & Jaroszewski, 1994). Współcześnie przyjmuje się, że za dryf płyt tektonicznych litosfery jest odpowiedzialny za mechanizm konwekcji zachodzący w płaszczu ziemskim.

Litosfera, zewnętrzna warstwa powłoki Ziemi o miąższości około 80 km składa się z dwóch warstw – cieńszej, złożonej z materiału skalnego stanowiącego sztywną warstwę Ziemi (skorupę) i znacznie grubszej będącej warstwą płaszczu. Litosfera spoczywa na znacznej miąższości (ok. 150 km) astenosferze złożonej z plastycznej, wskutek wyższej temperatury i ciśnienia, materii skalno-magmowej. Ciepło wnętrza Ziemi, wypływając na zewnątrz, ogrzewa materię płaszczu dzięki przewodzeniu i wzdłuż ruchu prądów wznoszących wynosi ją do podstawy skorupy. Tam, poniżej strefy nieciągłości Moho i warstwy perodytowej, porusza się ona dalej poziomo. Na skutek zaś stopniowego ochładzania w innych miejscach, jako cięższa, zanurza się z powrotem w płaszczu Ziemi. W ten sposób mechanizm ten tworzy komorę konwekcyjną. Zgodnie z tą hipotezą w płaszczu ziemskim istnieje wiele komór konwekcyjnych odznaczających się zsynchronizowanym powolnym przemieszczaniem ogrzanego i schłodzonego materiału plastycznego. W efekcie takiego procesu w dolnej i górnej części płaszczu Ziemi występują ruchy poziome. To właśnie poziomy górny składnik prądów konwekcyjnych jest odpowiedzialny za dryf płyt tektonicznych. Płyty te są segmentami litosfery obejmującymi skorupę i górną część

płaszczu i przesuwają się zgodnie z wypadkowym kierunkiem prądów płaszczu. Przypomina to pas transmisyjny.

Mechanizm ten jest jednak kontrowersyjny z wielu względów (por. np. Chain, 1974), m.in. nie uwzględnia planetarnej sieci rozłamów wglębnych wspólnej dla kontynentów i oceanów, a jak zauważył Czechowski (1994) jedynym bezpośrednim dowodem istnienia konwekcji w płaszczu jest dryf płyt litosfery. Nie wchodząc w istotę spornych zagadnień i zakładając prawdziwość modelu, hipoteza prądów konwekcyjnych nie uwzględnia wpływu działania ciśnienia hydrostatycznego w oceanach i wywołanego przez nie parcia hydrostatycznego na trwający dryf płyt tektonicznych.

Celem niniejszej publikacji nie jest próba podważenia tej hipotezy, a jedynie zwrócenie uwagi badaczy, na dotychczas pomijany czynnik, który też ma swój udział w procesach zmian litosfery i mógłby być również uwzględniany przy rozpatrywaniu przyczyn dryfu płyt tektonicznych. Tym czynnikiem jest parcie hydrostatyczne działające na boki pęknięć litosfery na dnie oceanów, wywołane ciśnieniem hydrostatycznym słupa wody w oceanach i niektórych jeziorach.

Wpływ ciśnienia hydrostatycznego na litosferę mógł zachodzić następująco. W pierwszych stadiach rozwoju skorupy ziemskiej pojawiły się pęknięcia dzielące litosferę na płyty tektoniczne kontynentalne i płyty tektoniczne oceaniczne, których powstanie można wytłumaczyć prawami mechaniki klasycznej. Następnie w pęknięcia litosfery wpłynęła woda z praooceanu na znaczną głębokość, wywołując ciśnienie hydrostatyczne słupa wody, które powoduje parcie hydrostatyczne na boki pęknięcia, dążące do jego rozszerzenia.

<sup>1</sup> Ul. Sławików 9B m 30, 44-200 Rybnik; steven1963@interia.pl.

Jak poważnym czynnikiem może być ciśnienie hydrostatyczne można się przekonać w łodzi podwodnej po przekroczeniu dopuszczalnego zanurzenia, parcie hydrostatyczne zrywa w kadłubie okrętu głowę nita o kilkucentymetrowym zaledwie przekroju i wstrzeliwuje go do środka kadłuba. Jakie więc wielkie siły parcia hydrostatycznego występują, gdy ciśnienie hydrostatyczne słupa wody, od powierzchni oceanu do środka parcia hydrostatycznego, działa na bok pęknięcia płyty tektonicznej oceanicznej litosfery głębokiego do około 10 km i długości do tysięcy kilometrów, czy na duże powierzchnie sfery litoralnej kontynentu. Wyjaśnienia wymaga zatem, jak mogły powstać główne pęknięcia litosfery, za przyczyną których powstały płyty tektoniczne.

Kula ziemską składa się z jądra wewnętrznego i zewnętrznego, płaszcza dolnego i górnego. Płaszcz górny składa się z astenosfery w stanie plastycznym i litosfery w stanie stałym. W astenosferze wolno krążą prądy konwekcyjne, które są uważane za przyczynę dryfu płyt tektonicznych. Litosfera składa się z cienkiej warstwy perydotytowej w stanie stałym graniczącej z astenosferą, nad którą leży strefa nieciągłości Moho, i skorupy ziemskiej w stanie stałym.

Płyty kontynentalne będące produktem pęknięć litosfery mogą przesuwać się po astenosferze. Należy tylko wskazać skąd pochodzi siła przesuująca płyty kontynentalne, czego nie podaje teoria Alfreda Wegenera.

### POWSTAWANIE PĘKNIĘĆ LITOSFERY

Planeta Ziemia ukształtowała się jako kula, a następnie, wskutek ruchu obrotowego pod wpływem siły odśrodkowej, jako geoida. W miarę stygnięcia powstawała litosfera w stanie stałym, której grubość wzrastała wraz z obniżaniem się temperatury stygnącej Ziemi. Warstwy bliżej powierzchni przechodziły ze stanu plastycznego w stan stały, co powodowało ich kruchość i podatność do pęknięcia.

Mówiąc obrazowo, litosfera zachowywała się jak płyta z tworzywa sztucznego, która zwinięta w walec w ciepłym pomieszczeniu i przewiązana sznurkiem, a następnie wyniesiona na mroź – w krótkim czasie pęka.

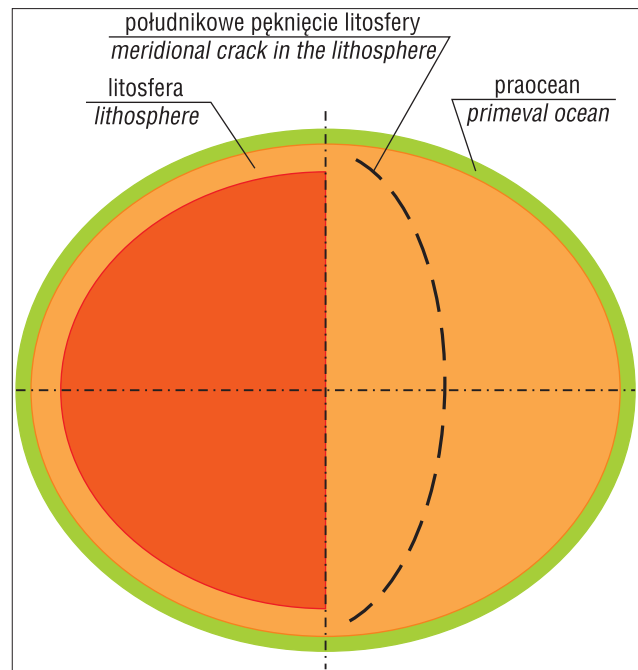
W miarę sztywnienia, w litosferze pojawiły się pęknięcia z przyczyn fizycznych i chemicznych. Kiedy kula ziemską została pokryta wodą, wskutek skraplania pary wodnej, powstał praoocean mniej więcej równej i ogólnie niewielkiej głębokości. Tak nieduża warstwa wody powodowała niewielkie ciśnienie hydrostatyczne, nie mające znaczenia dla powstania zmian litosfery.

### PĘKNIĘCIA LITOSFERY

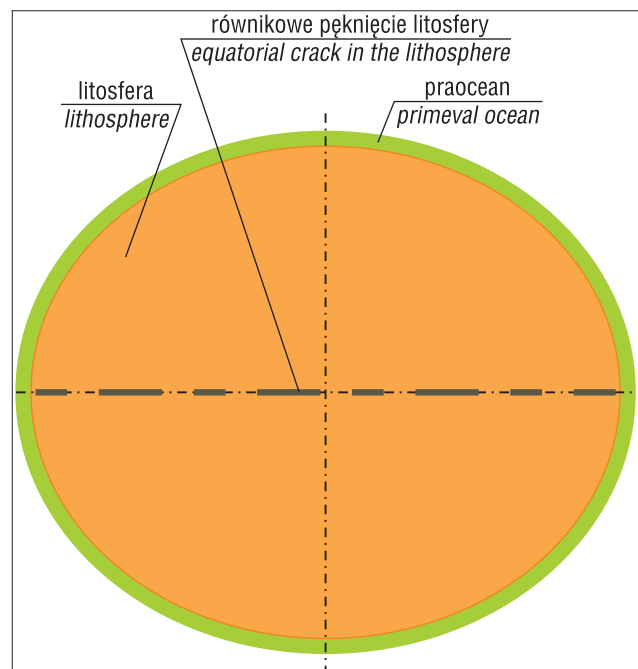
Skorupa ziemską jest poprzecinana całą siecią spękań. Ogólnie można wyróżnić trzy główne rodzaje pęknięć litosfery: południkowe, równikowe i równoleżnikowe.

Przyciąganie księżyca wywoływało także pływy miękkiej nie zakrzepłej jeszcze warstwy powierzchniowej Ziemi. Po uformowaniu się litosfery, będącej w stanie stałym, czyli krucho, była ona nadal poddawana siłom pływowym księżyca. Krzepnięcie coraz głębszych warstw litosfery wywołujące jej kruchość spowodowało, pod wpływem siły pływów, powstanie pęknięcia zmeźnieniowego o kierunku południkowym (ryc. 1).

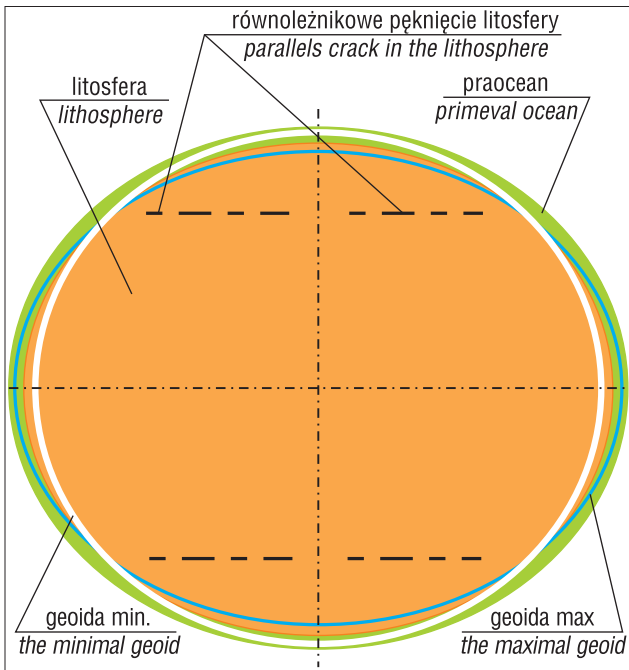
Splaszczanie się kuli ziemskiej, w wyniku działania siły odśrodkowej obracającej się kuli, spowodowało wskutek jej krzepnięcia pęknięcie równikowe (ryc. 2). Natomiast pęknięcia równoleżnikowe mogły powstać w czasie wahań prędkości obrotowej kuli ziemskiej, której wzrost wywoływał przyspieszenie powodujące większą siłę odśrodkową będącą czynnikiem splaszczającym geoidę ziemską. Opóźnienie ruchu obrotowego kuli ziemskiej powodowało z kolei odwrót z postaci geoidy w stronę postaci kuli. (ryc. 3). Taka „gimnastyka” litosfery mogła doprowadzić do jej pęknięcia zmeźnieniowego równoleżnikowego. W pęknięcia, tworzące głębokie szczeliny w lito-



Ryc. 1. Południkowe pęknięcie litosfery  
Fig. 1. Meridional crack in the lithosphere



Ryc. 2. Równikowe pęknięcie litosfery  
Fig. 2. Equatorial crack in the lithosphere



Ryc. 3. Równoleżnikowe pęknięcia litosfery  
Fig. 3. Parallel cracks in the lithosphere

sferze, spłynęła woda z praoceanu, powodując znikome obniżenie jego ogólnego poziomu i tworząc obszary penetracji słupa wody  $H$ . Spowodowało to powstanie w szczelinach litosfery słupa wody o średniej wysokości  $h$ , wywołującego ciśnienie hydrostatyczne  $p$  (ryc. 4):

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

gdzie:

$p$  – ciśnienie hydrostatyczne,

$\rho$  – gęstość wody w oceanie,

$g$  – przyspieszenie ziemskie – głębokość od powierzchni oceanu do środka parcia hydrostatycznego na bok szczeliny w litosferze.

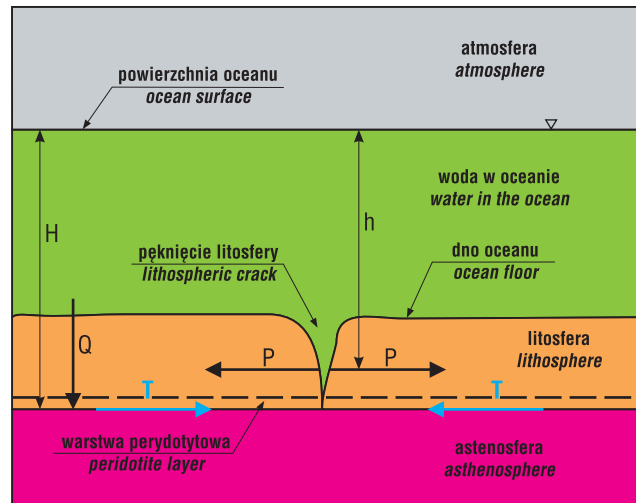
Ciśnienie  $p$ , działając na oba boki ścian szczeliny, każdy o powierzchni  $A$ , wywołało na każdy bok siłę parcia hydrostatycznego  $P$ :

$$P = p \cdot A$$

o kierunku poziomym.

Z biegiem czasu, wskutek siły parcia hydrostatycznego na boki szczeliny i działania chemicznego wody morskiej wspomagającego proces pęknięcia, następowało poszerzanie szczeliny, a w końcu pęknięcie litosfery aż do astenosfery i dalej do strefy płynnej magmy w płaszczu ziemskim. Magma jako ciecz o bardzo dużej lepkości nie mogła z powodu wąskiego pęknięcia wtargnąć do szczeliny, dopóki droga do niej nie została „utorowana” przez wodę pod ciśnieniem hydrostatycznym rozszerzającym szczelinę. Wtargnięcie magmy do szczeliny spowodowało jej wypływ w górę z wiadomymi skutkami. W ten sposób parcie hydrostatyczne było „portierem” otwierającym magmie drogę na powierzchnię litosfery.

Parcie hydrostatyczne na dno praoceanu, zgodnie z prawem Pascala, oraz siła grawitacji spowodowały wypływy magmy takie jak soku z naciętej i ściskanej równomiernie



Ryc. 4. Parcie hydrostatyczne na boki pęknięcia litosfery.  $H$  – głębokość obszaru penetracji słupa wody w pęknięcie litosfery,  $h$  – głębokość oceanu do środka parcia hydrostatycznego na bok pęknięcia litosfery,  $P$  – siła parcia hydrostatycznego o kierunku poziomym na bok pęknięcia litosfery,  $T$  – siła tarcia litosfery o astenosferę,  $Q$  – łączny ciężar płyty tektonicznej oceanicznej i wody w oceanie nad astenosferą

Fig. 4. Hydrostatics pressure on both sides of the crack in the lithosphere.  $H$  – water column penetration depth in a lithospheric crack,  $h$  – depth to the middle of the force of pressure on the side of lithospheric crack,  $P$  – horizontal hydrostatic pressure force on the side of lithospheric crack,  $T$  – frictional resistance force between the lithosphere and asthenosphere,  $Q$  – combined weight of the oceanic tectonic plate and water in the ocean above the asthenosphere

cytryny. Jednocześnie wskutek wypływu magmy nastąpiło nieznaczne zmniejszenie wymiarów kuli ziemskiej, co wspomagało procesy pęknięcia litosfery oraz dociskanie do siebie płyt. Z takiej wylewanej magmy ukształtował się prakontynent, doprowadzając do podniesienia poziomu wody w praoceanie, wskutek powstania zróżnicowania batymetrycznego i utworzenia głębów praoceanu kosztem wypiętrzenia łądu.

Zwiększenie z kolei słupa wody praoceanu nad szczelinami w jego dnie spowodowało duży wzrost ciśnienia hydrostatycznego i parcia hydrostatycznego w szczelinach oraz ostateczny podział prakontynentu na płyty tektoniczne, a w konsekwencji trwające do dziś ich powolne dryfowanie.

W obecnym stadium rozwoju kuli ziemskiej siła parcia hydrostatycznego  $P$  powoduje powstanie w płycie tektonicznej naprężenia ściskającego w całej jej szerokości, a na jej drugim końcu, na styku z następną płytą, okresowe trzęsienia Ziemi.

## DRYF PŁYT TEKTONICZNYCH

Siły parcia hydrostatycznego działające na boki pęknięcia stanowią główne siły, które, zdaniem autora, powodują dryf płyt tektonicznych jeśli siła parcia hydrostatycznego  $P$  jest większa od siły tarcia  $T$  płyty tektonicznej litosfery o astenosferę.

$$P > T$$

gdzie:

$$T = Q \cdot \mu$$

$Q$  – łączny ciężar płyty tektonicznej oceanicznej i wody w oceanie nad płytą tektoniczną oceaniczną działający na astenosferę,

$\mu$  – współczynnik tarcia płyty tektonicznej oceanicznej o astenosferę, niewielki, bo to tarcie półpłynne.

Ciśnienie hydrostatyczne i wywołane przez nie parcie hydrostatyczne mają znaczący wpływ na zmiany litosfery ziemskiej. Parcie hydrostatyczne działa nie tylko na boki szczeliny w dnie oceanów, ale także na pochyłość strefy litoralnej oceanów, co wywołuje dodatkową siłę wspomagającą dryf kontynentów. Trzęsienia Ziemi są skutkiem przemieszczania się płyt tektonicznych.

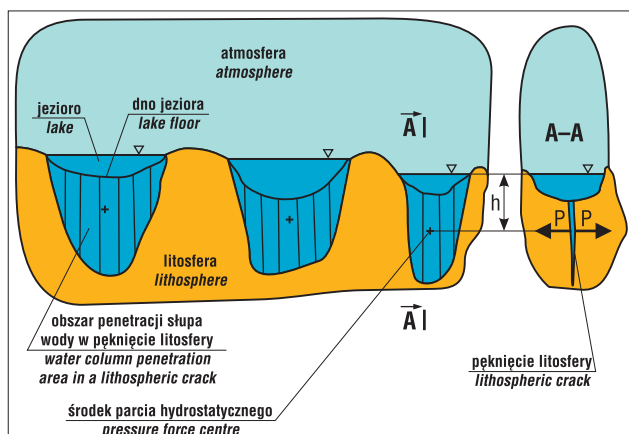
### CIŚNIENIE HYDROSTATYCZNE W CIĄGU JEZIOR RYFTOWYCH NA GRANICACH PŁYT KONTYNTENTALNYCH

Zwiększanie się pęknięcia kontynentu afrykańskiego, przebiegającego wzdłuż linii wielkich jezior afrykańskich, może mieć przyczynę we wsączeniu się wody z tych jezior do tego rodzaju (omówionych powyżej) pęknięć skorupy ziemskiej i powstaniu tam ciśnienia hydrostatycznego wywołującego parcie hydrostatyczne, które powoduje rozszerzanie się szczeliny (ryc. 5).

Jeziora te mają lustra wody na różnych wysokościach nad poziom morza. Jednak woda z nich wsącza się w szczeliny na dużej szerokości i głębokości, zajmując obszar penetracji słupa wody, czego dowodem są wypływy pary wodnej z dna w jednym z jezior, gdzie pęknięcie może sięgać do astenosfery.

Działanie parcia hydrostatycznego rozpychającego szczelinę w niektórych jej odcinkach jest podobne do działania klinów drewnianych wbijanych w rowki wydrążone w skale, pęczniejących wskutek polewania wodą, którymi starożytni Egipcjanie rozsadzali skały granitowe i katarakty na Nilu w dzisiejszym Assuanie, aby zwiększyć przepływ wody w rzece, czego ślady zachowały się do dzisiaj.

Na podstawie ww. analogii, przedstawioną w artykule hipotezę można nazwać „hipotezą klinów hydrostatycznych” (*hypothesis of the hydrostatic wedges*).



Ryc. 5. Parcie hydrostatyczne w grupie jezior leżących powyżej pęknięcia litosfery

Fig. 5. Hydrostatics pressure force in a group of lakes lying above a lithospheric crack

### POWSTAWANIE TRZĘSIEŃ ZIEMI

Trzęsienia Ziemi są skutkiem dryfu płyt tektonicznych i powstają przy napieraniu dryfującej płyty tektonicznej na sąsiednią płytę tektoniczną. Dotychczasowe doświadczenia i stan wiedzy wskazują, że trzęsienia Ziemi są generalnie nieprzewidywalne. Metody ich przewidywania nie znalazły jeszcze pełnego potwierdzenia w praktyce.

Pierwotną siłą inicjującą dryf płyt tektonicznych jest siła d'Alamberta powstająca przy zmianach prędkości ruchu obrotowego kuli ziemskiej, której przyczyną mogą być m.in.: zmiana poziomu oceanów, prądy konwekcyjne, zmiana stanu pokrywy lodowej.

Zmiana poziomu oceanów (Zawidzka, 1993), zdaniem autora, wpływa na moment pędu  $L$  obracającej się kuli ziemskiej.

$$L = J \cdot \omega$$

gdzie:

$L$  – moment pędu obracającej się kuli ziemskiej,

$J$  – moment bezwładności pełnej kuli lub cienkościennej sfery względem osi obrotu,

$\omega$  – prędkość kątowna obrotu kuli ziemskiej.

Moment bezwładności pełnej kuli:

$$J = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$$

gdzie:

$m$  – masa pełnej kuli,

$r$  – promień pełnej kuli.

Moment bezwładności cienkościennej sfery:

$$J = \frac{2}{3} \cdot m \cdot r^2$$

gdzie:

$m$  – masa cienkościennej sfery,

$r$  – promień cienkościennej sfery.

Zmiana promienia  $r$  wynikająca ze zmiany poziomu oceanów powoduje zmianę prędkości kątownej  $\omega$  obrotu kuli ziemskiej. Podobnie zmiana masy, np. z powodu odparowania części wody w oceanach lub zmiany pokrywy lodowej, w konsekwencji spowoduje zmianę prędkości obrotowej kuli ziemskiej.

Według ostatnich pomiarów zmiana prędkości ruchu obrotowego kuli ziemskiej wynosiła 1–3  $\mu$ s/dobę, co wywołuje niewielkie przyspieszenie a lub opóźnienie b ruchu obrotowego kuli ziemskiej, a w efekcie siłę d'Alamberta  $F$  o kierunku równoleżnikowym, działającej na masę  $m$  płyty tektonicznej.

$$F = m \cdot a \quad \text{lub} \quad F = m \cdot b$$

Jest to stosunkowo duża siła, ponieważ jest wywołana dużą masą płyty kontynentalnej mimo nieznacznego przyspieszenia/opóźnienia, lecz nie wystarczająca do wywołania dryfu płyt tektonicznych.

Prawdopodobną przyczyną powstania jednego z rodzajów trzęsienia Ziemi jest to, że niewielkie siły d'Alamberta, powstające w czasie zmiany prędkości obrotowej kuli ziemskiej wraz ze współdziałaniem chemicznym wody

morskiej powodują nieznaczne pogłębienie pęknięć litosfery. W przestrzeni powstałych pęknięć napiera słup wody pod ciśnieniem hydrostatycznym, co powoduje wzmocnienie słabej siły d'Alamberta do siły zdolnej przemieścić płytę kontynentalną po astenosferze. Jest to zatem działanie naturalnego wzmocniacza powstałych słabych sił d'Alamberta, zasilanego energią potencjalną słupa wody, zgmagazynowanej w oceanach i niektórych jeziorach. Jest to wyjaśnienie skąd pochodzi energia wywołująca dryf płyt kontynentalnych, a czego nie wyjaśnił Alfred Wegener i jego uczniowie.

Parcie hydrostatyczne P na bok Rowu Mariańskiego tłumaczy subdukcję płyty pacyficznej pod Amerykę Północną. Podobnie jest z Rowem Filipińskim, w którym w końcowym efekcie parcie hydrostatyczne powoduje subdukcję płyty Nazca pod Amerykę Południową. Zgodnie z III zasadą dynamiki szybciej dryfuje płyta o mniejszej masie, np. płyta pacyficzna, a płyta euroazjatycka o większej masie – wolniej. Wzrost naprężenia ściskającego w litosferze w dnie morskim spowoduje w końcu jej wybrzuszenie w górę lub w dół, czego skutkiem może być tsunami lub perforacja litosfery i rozwój wulkanizmu.

Parcie hydrostatyczne działające stale w Atlantyku na strefę litoralną Ameryki Północnej i strefę litoralną Eurazji powoduje, że Ameryka oddala się od Europy. Płyta pacyficzna ma możliwość wchodzenia na płytę amerykańską wskutek jej subdukcji. Płyta euroazjatycka o większej masie oddala się nieznacznie, a ponadto jest poddana parciu hydrostatycznemu o zwrocie przeciwnym – z Pacyfiku, a przez to wzrastają w niej naprężenia ściskające. Południowe łańcuchy górskie, takie jak Kordyliery, Appalachy

czy Ural, są prawdopodobnie spowodowane wzrostem naprężenia w skorupie ziemskiej.

Skutkiem dryfu płyt kontynentalnych powodującego ich kolizję są trzęsienia Ziemi.

## PODSUMOWANIE

Należy rozważyć uzupełnienie obecnych hipotez dotyczących przyczyn dryfu płyt tektonicznych o czynnik ciśnienia hydrostatycznego działającego w oceanach i niektórych jeziorach oraz czynnik zmiany prędkości ruchu obrotowego Ziemi. Autor uważa, że celowe jest prowadzenie prac nad zidentyfikowaniem ścisłego związku między zmianami prędkości obrotowej kuli ziemskiej i trzęsieniami Ziemi inicjowanymi tymi zmianami, co pozwoliłoby na przewidywanie takiego rodzaju trzęsień Ziemi.

Autor dziękuje Recenzentowi oraz Redaktorowi Naczelnemu Przeglądu Geologicznego za recenzje artykułu i pomocne uwagi.

## LITERATURA

- CHAIN W.J. 1974 – Geotektonika ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.  
COX A. & HART B.R. 1986 – Plate tectonics: How it works. Blackwell Science Inc., Oxford.  
CZECHOWSKI L. 1994 – Tektonika płyt i konwekcja w płaszczu Ziemi. PWN, Warszawa.  
DADLEZ R. & JAROSZEWSKI W. 1994 – Tektonika. Wyd. Geol., Warszawa.  
ZAWIDZKA K. 1993 – Przyczyny zmian poziomu mórz i oceanów. Nowy model Cathlesa i Halama. Prz. Geol., 41 (5): 383–387.

Praca wpłynęła do redakcji 31.03.2015 r.  
Akceptowano do druku 18.06.2015 r.