

Pochodzenie i klasyfikacja pióropuszy płaszczu oraz hot spotów

Agata Kowalewska

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii
E-mail: agata.kowalewska96@interia.pl

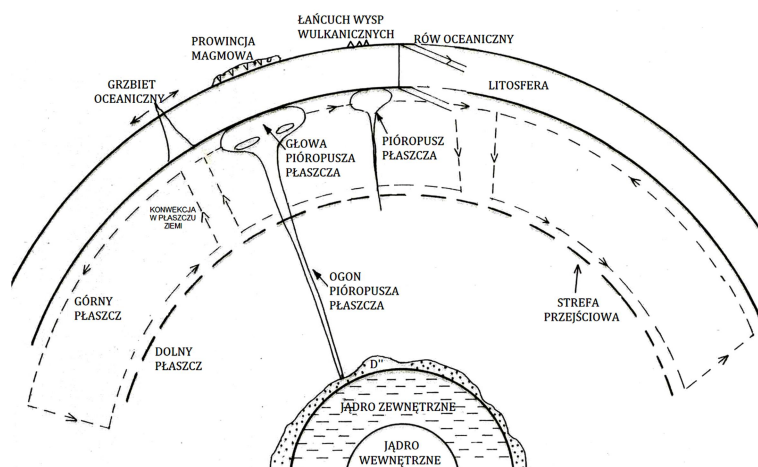
Tutor: dr Ewa Szymczak

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii,
Zakład Geologii Morza

Słowa kluczowe – *hot spoty, pióropusze płaszczu, wulkanizm*

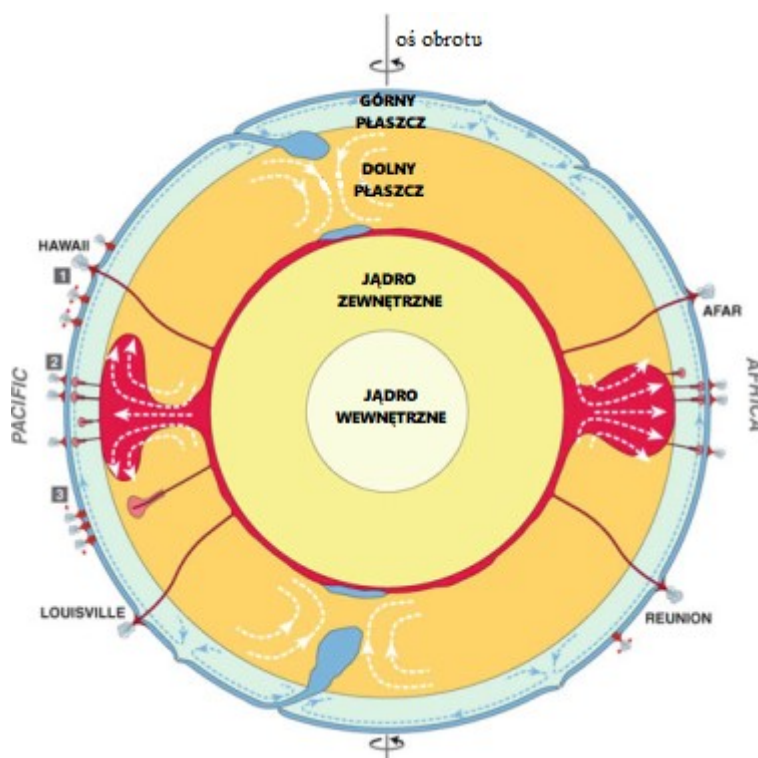
Naukowcy przez lata próbowali wyjaśnić genezę zjawisk wulkanicznych niezwiązanych bezpośrednio z granicami płyt litosfery. Intrygowały ich także strefy nieciągłości występujące we wnętrzu naszej planety, w których występują zmiany różnych parametrów, między innymi gęstości, lepkości i temperatury skał, a także prędkości rozchodzących się w nich fal sejsmicznych (Cwojdzński, 2004). W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku W. Jason Morgan oraz J. Tuzo Wilson przedstawili teorię pióropuszy płaszczu oraz plam gorąca, tak zwanych hot spotów, które łączyły te dwa zagadnienia i wyjaśniały powstawanie niektórych łańcuchów oceanicznych wysp wulkanicznych (Choudhuri i Nemcok, 2017).

Pióropusz płaszczu to strumień gorącej materii płaszczu ziemskiego, którą charakteryzuje mniejsza gęstość i lepkość, a także większa temperatura w stosunku do materii otaczającej. Strumień ten wznosi się ku powierzchni Ziemi, a gdy ją osiąga, tworzy charakterystyczne wybrzuszenie na jej powierzchni o średnicy dochodzącej do 2 000 km. Powierzchniowym przejawem tego procesu jest także bazaltowy wulkanizm wewnątrzpłytowy czy obecność łańcuchów wysp wulkanicznych (Ryc. 1). Takie miejsca nazywane są hot spotami, czyli plamami gorąca (Cwojdzński, 2004).



Ryc. 1. Schemat powstawania i przemieszczania strumieni płaszczu (opracowano na podstawie Raval i Veeraswamy, 2003)

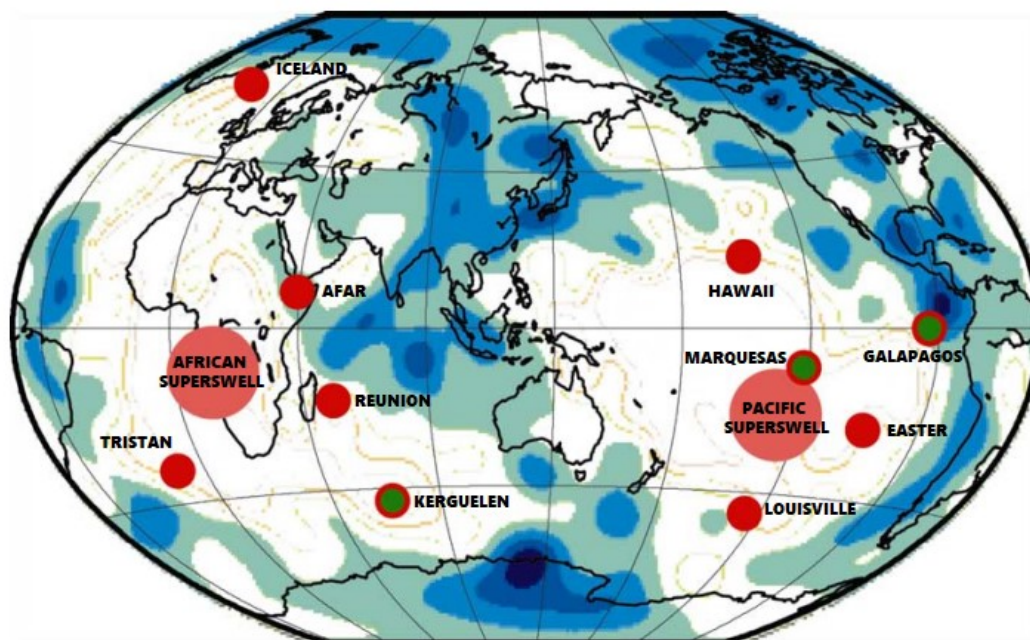
Miejszem powstawania większości pióropuszy płaszcz są strefy występujące na granicy płaszcz i jądra ziemskiego. Ich obecność stwierdzono po dwóch przeciwnych stronach globu – pod Oceanem Spokojnym oraz Afryką (Ryc. 2) (Burke, 2011). Obecnie nazywa się je „superplumes”. Pióropusz płaszcz składa się z dwóch charakterystycznych części: głowy oraz ogona (Ryc 1). Ogon jest cieplejszy i mniej lepki niż głowa, która stygnie przez wymianę ciepła z otoczeniem. Im strumień wyżej się wznosi, tym bardziej jego głowa się powiększa i „rozpływa” na większe odległości (Choudhuri i Nemcok, 2017). Proces ten nazywany jest wewnętrzną konwekcją.



Ryc. 2. Przekrój przedstawiający dynamikę Ziemi i źródła trzech typów hot spotów:
 1 – „primary plumes”, 2 – „secondary plumes”, 3 – „tertiary plumes”
 (opracowano na podstawie Choudhuri i Nemcok, 2017)

Bardzo szybko pojawiło się jednak wiele nieścisłości i sprzeczności związanych z pióropuszcami i hot spotami. Przede wszystkim zastanawiano się, z którego miejsca rozpoczyna się wznios materii, dlaczego nic nie zaburza jej przepływu, czy istnieje komórka konwekcyjna i czy konwekcja jest tylko jedna, czy też może jest ich kilka (Cwojdzński, 2004). Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań pozwalają sklasyfikować pióropusze i hot spoty z uwzględnieniem kilku kryteriów. Pierwsze z nich to obecność łańcucha wysp wulkanicznych, które im dalsze są od plamy gorąca, tym są starsze. Drugie kryterium dotyczy wylewu bazaltowego w miejscu, w którym głowa pióropusza dociera do litosfery. Następne kryterium to przepływ materii większy niż 10^3 kg s^{-1} , generujący topograficzną anomalię. Jako czwarty warunek uwzględnia się konsekwentnie wysoki stosunek $^4\text{He}/^3\text{He}$ lub $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$, wskazujący na głęboko osadzony, prymitywny zbiornik płaszcz. Ostatnim przyjętym kryterium jest bardzo niska prędkość fali poprzecznej w płaszczu, wskazująca na obecność gorącej, częściowo stopionej materii poniżej plam gorąca (Choudhuri i Nemcok, 2017).

Badania według powyższych kryteriów wykazały, że tylko dziewięć plam gorąca (łącznie aktywnych jest ich 49) spełnia przynajmniej trzy z pięciu kryteriów (Courtilot i in., 2003). Uważa się, że siedem z nich spełnia wszystkie pięć i są to hot spoty: Hawaje, Wyspy Wielkanocne, Louisville, Islandia, Afar, Reunion oraz Tristan (Ryc. 3). Prawdopodobnie wytworzyły je pióropusze pochodzące z dolnego płaszczka, a konkretnie granicy między jądrem a płaszczem, najprawdopodobniej strefy D (Ryc. 1). Przyczyną ich formowania się jest chemiczna niejednorodność oraz niestabilność strefy D. Takie pióropusze nazywane są „primary plumes” (Courtilot i in., 2003). Z kolei około 20 plam gorąca może być związanych z pióropuszami, które pochodzą ze strefy przejściowej między płaszczem dolnym a górnym i tworzą się na wybrzuszeniach związanych z „superplumes”. Takimi hotspotami są między innymi: Tahiti, Kiribati, Samoa. Tego typu pióropusze nazywa się „secondary plumes”. Poza wymienionymi istnieje jeszcze trzecia kategoria, czyli „tertiary plumes” i obejmuje ona pozostałych 20 hot spotów. Mogą one pochodzić z górnego płaszczka, a dokładnie termicznych perturbacji w astenosferze. Hot spoty te prawdopodobnie są powiązane z naprężeniami rozciągającymi w litosferze oraz dekompresyjnym topnieniem (Choudhuri i Nemcok, 2017).



Ryc. 3. „Primary plumes” oraz „superswells” na mapie przedstawiającej prędkość rozchodzenia się fal na głębokości 2 850 km.

Niebieskim kolorem zaznaczono anomalie pozytywne (szybkie i zimne), a białym negatywne (wolne i chłodne).

Duże różowe plamy – „superswells” (duży obszar o anomalnie wysokiej topografii),
 czerwone – siedem „primary hotspots”, zielone – hot spoty, które mogą należeć do „primary plumes”
(opracowano na podstawie Courtilot i in., 2003)

Naukowcy wciąż nie mają pewności co do omówionej wyżej klasyfikacji pióropuszy i hot spotów. Cały czas badane jest powiązanie „superplumes” z pozostałymi pióropuszami płaszczka a także obszary ich powstawania. Budowa wnętrza Ziemi wciąż na wielu polach pozostaje zagadką, z pewnością dopóki jej nie rozwiążemy trudno będzie odpowiedzieć także na wszystkie pytania dotyczące pióropuszy płaszczka i hot spotów.

Literatura:

- Burke, K., 2011, Plate Tectonics, the Wilson Cycle, and Mantle Plumes: Geodynamics from the Top, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, 1–29.
- Cwojdzński, S., 2004, Mantle plumes and dynamics of the Earth interior – towards a new model, *Geological Review*, vol. 52, no. 8/2, 817–826.
- Courtillot, V., Davaille, A., Besse, J., Stock, J., 2003, Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 205(3-4), 295–308.
- Choudhuri, M., Nemcok, M., 2017, *Mantle Plumes and Their Effects*, Springer.
- Raval, U., Veeraswamy, K., 2003, Modification of geological and geophysical regimes due to interaction of mantle plume with Indian lithosphere. *Journal of the Virtual Explorer* 12, 117–143.

Krótką notką o autorze: *Studentka II roku geologii, zainteresowana przede wszystkim paleontologią oraz procesami endogenicznymi Ziemi. W wolnych chwilach czyta książki oraz próbuje pisać własne teksty. Chętnie podróżuje, a szczególnie w przepiękne polskie góry.*