

Współczesna aktywność wulkaniczna Ziemi

Mirosław T. Karasiewicz

Zakład Geomorfologii i Paleogeografii Czwartorzędu, Instytut Geografii UMK, Toruń

1. Wstęp

Wulkanizm, w myśl definicji (Jaroszewski, Marks, Radomski 1985) jest to ogół procesów polegający na wydobywaniu się magmy i towarzyszących jej gazów i par na powierzchnię Ziemi oraz procesów, które to zjawisko bezpośrednio przygotowują lub są jego bezpośrednim następstwem. Magma wydobywa się z głębi skorupy ziemskiej poprzez szczeliny lub otwór centralny na powierzchnię ziemi w postaci lawy. Procesowi temu sprzyjają zawarte w magmie gazy, wśród których dominuje para wodna, stanowiąca 60-90 % ich masy, następnie dwutlenek węgla, azot, tlenek węgla, siarka, chlor oraz chlorki metali i inne.

Poprzez aktywność wulkaniczną należy rozumieć skłonność, czy zdolność do erupcji, której efektem są produkty wulkaniczne (stałe, ciekłe i gazowe) oraz energia. Pod pojęciem „aktywny wulkan” należy rozumieć taki wulkan, który wybuchł w czasach historycznych w ciągu ostatniego tysiąca lat (Ritchie, Gates 2001). Szacuje się, że takie kryterium spełnia około 500 wulkanów, ale ta liczba jest zapewne zaniżona, głównie z powodu nieznannej wulkanicznej aktywności subakwalnej. W niniejszej publikacji autor odnosi się jedynie do erupcji historycznych, gdyż szczególną uwagę starano się zwrócić na skalę wielkości wybuchu (pomijając skutki) i aktywność współczesną, tj. taką która zachodzi obecnie, w ostatnich latach czy miesiącach.

Wielkość czy skalę samych erupcji wulkanicznych trudno jest ocenić, w przybliżeniu opisują ją skala VEI (Volcanic Explosivity Index), która opiera się na określeniu kilku elementów charakteryzujących wybuch, przede wszystkim wysokość słupa (kolumny) erupcyjnej i ilość wyrzucanego materiału (Ritchie, Gates 2001). W cytowanej poniżej tabeli zawarto informacje, że kolosalne i tragiczne w skutkach erupcje eksplozywne zdarzają się niezwykle rzadko. Wydaje się jednak, że nie należy brać tego dosłownie i pilnie śledzić wulkaniczną aktywność (tab. 1).

Wulkany zapewniły nam dzisiejszy byt na ziemi. To one warunkowały, rozwój życia na naszej planecie. Stygnąca powoli ziemia targana wybuchami licznych wulkanów większość swojego ciepła emitowała w kosmos. Wyrzucane w dużej ilości pyły i gazy zaczęły tworzyć ochronny klosz wokół planety, który stał się zaczątkiem atmosfery. Skraplająca się para wodna, zaczęła wypełniać zagłębienia, tworząc hydrosferę ziemi. Żyjące już prawdopodobnie wtedy w pobliżu wulkanów siarkolubne bakterie o nazwie *Pyrodictium occultum*, w środowisku wodnym dały początek życia i jego dalszej ewolucji na naszej planecie (Edmaier, Jung-Hutting 2002).

2. Rozmieszczenie wulkanów

Na świecie rozpoznanych jest obecnie około 450 czynnych wulkanów, tzn. takich, o których z różnych źródeł wiemy, że wybuchaly w przeszłości historycznej i ich erupcje zachodzą obecnie. Od początku holocenu do czasów obecnych, w bazie danych prowadzonej przez Smithsonian Instytut znajduje się 1547 obiektów wulkanicznych, takich jak: stożki wulkaniczne, stożki piroklastyczne, kaldery, szczeliny wulkaniczne, kopuły lawowe czy płaskowyże wulkaniczne, które są zdefiniowane genetycznie i chronologicznie (www.volcano.si.edu/world/)

Roczna produkcja law podczas erupcji na kontynentach przekracza 6 km³, a wylewy law podmorskich szacuje się na około 20 km³ rocznie. Aktywność wulkaniczna na naszym globie

koncentruje się w kilku strefach. W trzech przypadkach są to strefy związane z obszarami kontaktowymi płyt litosfery. Należą do nich:

Tabela 1. Skala wielkości erupcji wulkanicznych (VEI)

VEI	Sila erupcji	Opis	Wysokość słupa popiołów	Ilość materiału (co najmniej)	Klasyfikacja (typ wulkanu)	Częstotliwość	Przykład
0	brak wybuchu	efuzywne /nieeksplozywne	<100 m	1000 m ³	hawajski	codziennie	Kilauea, Manua Loa
1	mała	małe/lagodne	100-1000 m	10000 m ³	hawajski /stromboliański	codziennie	Stromboli, Etna
2	średnia	eksplozywne	1-5 km	1000000 m ³	stromboli /wulkaniański	co tydzień	Galeras 1992
3		eksplozywne średnie	3-15 km	10 000000 m ³	wulkaniański	co roku	Nevado del Riusz 1985
4	duża	eksplozywne silne	10-25 km	0,1km ³	wulkaniański /pliniański	co 10 lat	Mayon 1814; Hekla 1845; Galunggung, 1982;
5	bardzo duża	paroksyzmowe	> 25 km	1 km ³	pliniański	co 100 lat	Fuji 1707; Askja 1875; St. Helens, 1981
6		kolosalne	> 25 km	10 km ³	pliniański /ultra pliniański	co 100 lat	Krakatau 1883; Ulreung 7350 BC; Crater Lake 5070± BC
7		super-kolosalne	> 25 km	100 km ³	ultra pliniański	co 1000 lat	Kakai 4350BC; Tambora, 1815
8		mega-kolosalne	> 25 km	1000 km ³ (i więcej)	ultra pliniański	co 10000 lat	Yellowstone, 2,2 Ma, Toba 73-74 lat BP

Źródło: (Ritchie, Gates 2001 i -www.volcano.si.edu/world/ - z uzupełnieniami autora)

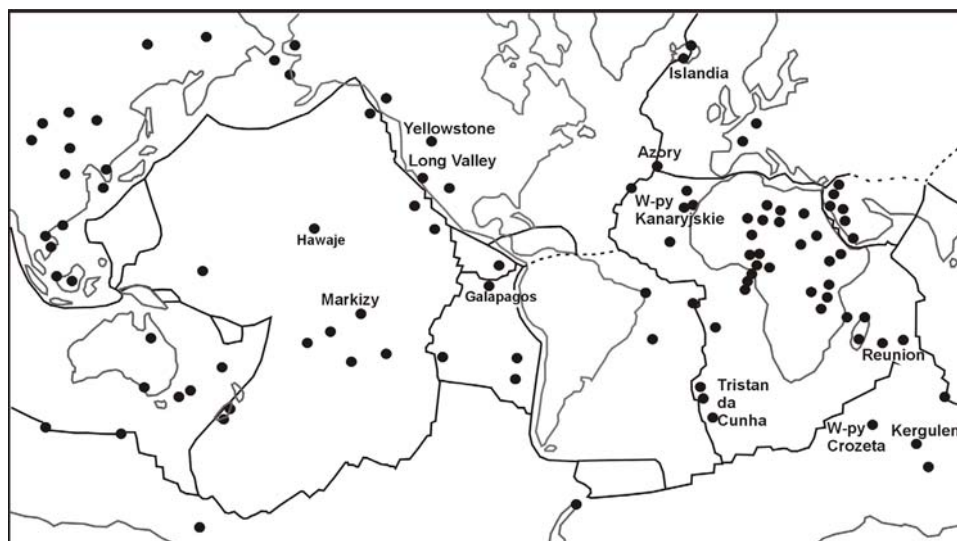
1. Granice kolizyjne płyt litosfery, zwłaszcza strefy subdukcji (przeciętna produkcja materiału 1 km³/rok). Występujące tu wulkany zaliczane są do tzw. wulkanów wysokich. W tej strefie grupuje się większość wulkanów, z czego wokół Pacyfiku znajduje się 60% aktywnych wulkanów świata, a w tym 1/3 w Indonezji. Silne erupcje w tej strefie produkują znaczne ilości materiału wulkanicznego (1883 r. Krakatau – 10 km³, 1815 r. Tambora – 40 km³, Toba – 2000 km³). Do tej strefy zalicza się również wulkany andyjskie, północnoamerykańskie (z alaskańskimi), aleuckie, japońskie i inne.

2. Grzbiety śródoceaniczne, tzw. ryfty oceaniczne, na przykład ryft środkowoatlantycki, do którego należy szereg wulkanów podmorskich. Wulkany w tej strefie pojawiają się na powierzchni tylko sporadycznie w postaci niewielkich wysp, czego dobrym przykładem są Azory, Wyspa Wniebowstąpienia, Tristan da Cuńha.

3. Ryfty kontynentalne, np. system rowów wschodnioafrykańskich (występuje tu szereg wulkanów o bardzo dużej aktywności, np. Erta'Ale, Nyiragongo, Nyamuragira, Fentale, Kone, Oldoinyo Lengai) Z plamą gorącą związane było powstanie najwyższej góry Afryki – wulkanu Kilimandżaro, który obecnie uważany jest za nieaktywny.

4. Kolejny obszar aktywności wulkanicznej występuje wewnątrz płyt litosfery i związany jest z obszarami plam gorąca (z ang. *Hot spot*). Współcześnie aktywne plamy gorąca występują na Hawajach, w Kamerunie, w Parku Narodowym Yellowstone w USA, na Islandii, na Galapagos, na Azorach, na wyspach Reunion czy wyspach Polinezji Francuskiej. Aktualnie udokumentowano

32 plamy gorąca, chociaż w przeszłości geologicznej było ich znacznie więcej (ryc. 1). Liniowo ułożone ciągi stożków wulkanicznych wyznaczają kierunek ruchu płyty ponad plamą gorącą. Współczesna produkcja materiału wulkanicznego w takich strefach sięga $1,6 \text{ km}^3/\text{rok}$ (średnio $0,4 \text{ km}^3/\text{rok}$) w odniesieniu do wulkanów hawajskich (Mauna Loa, Kilauea, Hualalai, Haleakala), w niezbyt odległej przeszłości geologicznej była jednak znacznie większa. Świadczą o tym m.in. rozległe pokrywy bazaltowe (trappy) w rejonie Wielkich Jezior Amerykańskich są wieku



Ryc. 1. Plamy gorąca aktywne w czasie ostatnich 10 milionów lat wg D. Abbotta (1996). Mapa nie ukazuje 11 aktywnych plam gorąca z Antarktydy.

Źródło: http://visearth.ucsd.edu/VisE_Int/plate_tectonics/hot_spot.html

prekambryjskiego i objętości ok. 1 mln km^3 , we wschodniej Grenlandii, w zachodniej części Ameryki Północnej (bazalty miocenyjskie w Kolumbii Brytyjskiej o pow. 130 tys. km^2 , plama gorąca Yellowstone), w Paranie (750 tys. km^2 , plama gorąca wieku wczesnojurajskiego), w Południowej Afryce, czy też te najbardziej znane na Półwyspie Indyjskim (trappy Dekanu o pow. 300 tys. km^2 (260 tys. km^2 – wg Edmaier, Jung-Hutting 2002)). Trappy Dekanu związane są z późnokredową plamą gorącą pod Gondwaną, obecnie usytuowaną pod wyspą Reunion. Przedstawicielem współczesnych wulkanów związanych z tą plamą jest Piton de la Fournaise, czy Kilauea). Objętość bazaltów pokrywowych na kontynentach wynosi $1 \times 10^7 \text{ km}^3$, a ich wylewy dokonywały się w krótkim na ogół czasie, np. 300 tys. km^3 bazaltów Dekanu powstało w ciągu 1 mln lat.

3. Aktywność wulkaniczna

Szacuje się, że aktywność wulkaniczna na świecie znacznie się zmniejszyła, niemniej stale aktywnych jest około 20 wulkanów. W ciągu jednego roku zachodzi od 50 do 70 a nawet 80 nowych erupcji. W każdym dziesięcioleciu aktywność wykazuje około 160 do 200 wulkanów. Niektóre wulkany wykazują stałą aktywność, np. przykład Stromboli na Wyspach Liparyjskich. Niemal stale czynne są również Kilauea (Hawaje), Masaya i Amatitlon w Nikaragui, Soufrière Hills na wyspie Montserrat (od kilku lat), Sagany i Tangurahua w Ekwadorze, Erebus na Antarktydzie, Sewieluch na Kamczatce i kilka innych. Większość wulkanów wybucha w różnych odstępach czasu. Im dłuższy jest okres przerwy, tym gwałtowniejszy jest zwykle następny wybuch (tab. 2) (www.volcano.si.edu/world/, www.vulkaner.no/v/volcan/nvolalfa.html).

Jak długo wulkany mogą być aktywne? Na to pytanie trudno znaleźć odpowiedź, ale jeżeli weźmie się pod uwagę wspomniany wyżej Stromboli, którego „piroklastyczny spektakl” trwa nieprzerwanie od ponad 2000 lat, a niektórzy sądzą, że od 5000 lat (Ritchie, Gates 2001), możemy być przekonani o jeszcze ich długiej aktywności w dalszej przyszłości. W końcu XX w., przez 30 lat 15 wulkanów na świecie wykazywało prawie ciągłą aktywność. Były to: Stromboli

i Etna (Włochy), Ale Erta (Etiopia), Manam, Langila i Bagana (Papua Nowa Gwinea), Yasur (Vanuatu), Semeru i Dukono (Indonezja), Sakura – jima (Japonia), Santa Maria i Pacaya (Gwatemala), Arenal (Kostaryka), Sangay (Ekwador) i Erebus (Antarktyda). Są to swego rodzaju wyjątki, ponieważ rzadko powtarzające erupcje trwają tak długo. Obserwuje się, iż średni czas trwania aktywności wynosi zaledwie 7 tygodni, a 10% procent wszystkich wybuchających wulkanów zamyka się erupcją w ciągu jednego dnia.

Tabela 2. Największe erupcje eksplozywne (powyżej 4) w ostatnich 50 latach w skali VEI na podstawie danych <http://www.volcano.si.edu/>

Lp.	Wulkan	Typ *	Położenie	Kraj	Data	VEI	Wys. w m n.p.m.
1.	Bezymianny	S	Kamczatka	Rosja	30.03.1956	5	2900
2.	Agung	S	Wyspa Bali	Indonezja	17.03.1963	5	1717
3.	Agung	S	Wyspa Bali	Indonezja	16.05.1963	4	1717
4.	Shiweluch	S	Kamczatka	Rosja	12.11.1964	4+	3238
5.	Taal	C	Luzon	Filipiny	28.09.1965	4	~400
6.	Kelut	S	Java	Indonezja	26.04.1966	4	1731
7.	Awu	S	Wyspy Sangihe	Indonezja	12.08.1966	4	1320
8.	Fernandina	T	Wyspy Galapagos	Ekwador	11.06.1968	4	1467
9.	Tiatia	S	Kuryle	Rosja	14.07.1973	4	1819
10.	Fuego	S	Cordillera de los Andes	Gwatemala	17.10.1974	4	3763
11.	Tolbaczik	T	Kamczatka	Rosja	07.07.1975	4+	3682
12.	Augustine	S	Zatoka Kamishak	USA (Alaska)	22(?)01.1976	4	1282
13.	St. Helens	S	Góry Kaskadowe	USA	18.05.1980	5	2950
14.	Alaid	S	Kuryle	Rosja	30.04.1981	4	2339
15.	Pagan	S	Mariany		15.05.1981	4	570
16.	El Chichon	Z	Chiapas (region)	Meksyk	28.03.1982	4+	1050 (1060)
17.	El Chichon	Z	Chiapas (region)	Meksyk	03.04.1982	5	1050 (1060)
18.	Galunggung	S	Jawa	Indonezja	17.05.1982	4	2168
19.	Colo [Una una]	S	Sulawesi	Indonezja	23.07.1983	4	507
20.	Augustine	S	Zatoka Kamishak	USA	27.03.1986	4?	1260
21.	Chikurachki	S	Kuryle	Rosja	20.11.1986	4?	1816
22.	Kluczewski	S	Kamczatka	Rosja	30.01.1990	4	4750
23.	Kelut	S	Jawa	Indonezja	10.12.1990	4	1731
24.	Pinatubo	S	Luzon	Filipiny	15.06.1991	6	~1600
25.	Cerro Hudson	C	Południowe	Chile	12.08.1991	5+	1905
26.	Spurr	S	Pd-zach. Alaska	USA	27.06.1992	4	3374
27.	Lascar	S	Andy Centralne	Chile (Płn.)	19.04.1993	4	5641
28.	Rabaul	S	Nowa Brytania	Papua N. Gwinea	19.09.1994	4?	688
29.	Ulawun	S	Nowa Brytania	Papua N. Gwinea	29.09.2000	4	2334
30.	Cleveland	S	Aleuty	USA	19.02.2001	4	1730
31.	Shiveluch	S	Kamczatka	Rosja	22.05.2001	4?	3283
32.	Ruang	S	Wyspy Sangihe	Indonezja	25.09.2002	4?	725
33.	Reventador	S	Cordillera Real	Ekwador	03.09.2002	4	3562
34.	Manam	S	Manam	Papua N. Gwinea	27.01.2005	4?	1807

*Objaśnienia: S- stratowulkan, C- kaldera, T – wulkan tarczowy, Z – wulkan złożony

Stan aktywności wulkanów na świecie śledzi nieprzerwanie 81 obserwatoriów rozmieszczonych w strefach aktywności (www.wovo.org/dir-contents.htm), z czego najwięcej bo aż 17 działa w Japonii, a 7 w USA. Do niedawna, nie była możliwa kompleksowa ocena aktywności na świecie, ale rozwój techniki przyczynił się do włączenia satelitów w nieprzerwany ciąg obserwacji sejsmicznych i wulkanicznych. USGS, czyli amerykańska służba geologiczna prowadzi obserwacje wulkanów na całym świecie. We współpracy z pozostałymi obserwatoriami tworzy powiązaną sieć monitoringu wielu wulkanów (www.wovo.org/dir-contents.htm).

Dane, które są zbierane przez obserwatoria wulkanologiczne są przesłane i gromadzone w wielu źródłach. Jednym z bardziej dostępnych źródeł są bazy danych amerykańskiej służby geologicznej USGS. Ta służba geologiczna udostępnia informacje na stronach internetowych w ramach Światowego Programu Wulkanologicznego (Global Volcanism Program). Dane takie można również na bieżąco śledzić w internetowym Bulletin of the Global Volcanism Network, gdzie aktywność obserwowanych wulkanów jest przedstawiana z dużą precyzją (www.volcano.si.edu/reports/usgs/index.cfm). Każdego tygodnia jest zamieszczany szczegółowy raport dotyczący jakiegokolwiek aktywności wulkanicznej

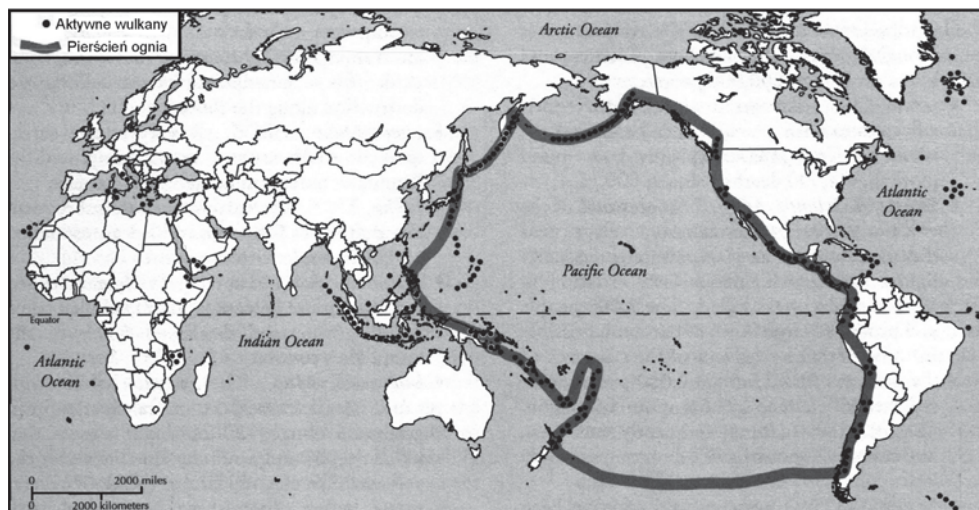
Trudno by było w tym miejscu prześledzić i przedstawić chociażby jeden rok. Scharakteryzowane zostaną wydarzenia w „życiu” wulkanów, jakie miały miejsce w ciągu niecałych trzech miesięcy, od początku lutego do 18 kwietnia 2006 roku.

W lutym notowano podwyższoną aktywność następujących wulkanów: Sakura-yima, (wyspa Kiusiu, Japonia), Guagua Pichincha (Ekwador), Cleveland (Wyspa Chuginadak, Alaska), Oyama (Miyakejima, Japonia), Mayon (Luzon, Filipiny), Ebeko (Kuryle, Rosja).

W marcu swoją działalność ożywiły: Semeru (Jawa, Indonezja), Atka (Aluety, USA), San Cristobal (Nikaragua), Bulusan (Filipiny), Akan (Hokkaido, Japonia), Anatahan (Marianny), Santa Ana (Salwador)

W kwietniu: Popocatepetl (Meksyk), Langila i Ulawun (Nowa Brytania, Papua Nowa Gwinea), Colima (Meksyk), Bagana (Wyspa Bougainville, Papua Nowa Gwinea), Arenal i Poas (Kostaryka), Wyspa Barren (Andamany, Indie), Ol Doinyo Lengai (Tanzania), Veniaminof (Półwysep Alaska, USA), Tungurahua (Ekwador), Suwanose-Jima (Wyspy Riukiu, Japonia), St. Helens (USA), Soufriere Hills (Montserrat, Antyle), Santa Maria, Pacaya i Fuego (Gwatemala), Raoul (Nowa Zealandia), Manam (Papua Nowa Gwinea), Kilauea (Hawaje, USA), Karymski (Kamczatka, Rosja), Galeras (Kolumbia), Augustine (Cook Inlet, Alaska, USA), Ubinas (Peru), Merapi (Jawa, Indonezja), Lascar (Chile).

Większość z tych, aktywnych współcześnie wulkanów leży w obrębie tzw. Pacyficznego Pierścienia Ognia (ryc. 2.), tj. 32 na 39 obecnie aktywnych, co stanowi aż 82 %. Obszar ten skupia 60 % wszystkich aktywnych wulkanów w czasach historycznych.



Ryc. 2. Pacyficzny Pierścień Ognia (Ring of Fire za Ritchie, Gates 2001)

Oczywiście, że nie są to wszystkie aktywne wulkany w tym, krótkim, analizowanym czasie. Brak jest całkowicie erupcji podmorskich (subakwalnych) i erupcji zachodzących w obszarach bezludnych, gdzie monitorowanie jest ograniczone do obserwacji satelitarnych bądź do różnych systemów telemetrycznych. Jednak systemy telemetryczne są zbyt kosztowne, aby były powszechnie stosowane. Nie zostały tu prawie wymienione wulkany, które określa się mianem „stale aktywnych”, takich jak chociażby Stromboli czy Erebus. Zarysowana została jednak skala zjawiska o potencjalnie nieograniczonej energii, którą wykorzystać i ujarzmić jest niezwykle trudno. Wybuchy wulkanów należą do tych najbardziej spektakularnych zjawisk na ziemi, jakie można obserwować. Wyjaśnienie procesów i przewidywanie skutków, to informacje, które ludzie chcą posiadać od dawna, a temu służą między innymi ciągle obserwacje wulkanów. W momencie potężnego wybuchu, którego skutki są katastrofalne (śmierć, głód, lahary, spływy piroklastyczne, zmiany klimatu itp.) człowiek uświadamia sobie – nagle i po raz kolejny – jaki jest słaby wobec potęgi sił natury.

Literatura

- Abbott, D. H., 1996, *Plumes vs Hotspots as Sources of Unsubductable Greenstone Belts*, Lithos, 37, s. 113-127.
- Edmaier R, Jung-Hüttl A., 1997, *Wulkany zionące ogniem i wylewające potoki lawy*, wyd. Debit, Bielsko-Biała, ss. 160.
- Jaroszewski J., Marks., Radomski A., 1985, *Słownik geologii dynamicznej*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Ritchie D., Gates A. E., 2001, *Encyclopedia of Earthquakes and Volcanoes*, Checkmark Books, New York, s. 306.
- Źródła internetowe:
- www.volcano.si.edu/world/
 - www.wovo.org/dir-contents.htm
 - www.vulkaner.no/v/volcan/nvolalfa.html
 - www.volcano.si.edu/reports/usgs/index.cfm
 - www.visearth.ucsd.edu/VisE_Int/plate_tectonics/hot_spot.html