

Platňová tektonika

(história významnej myšlienky 20. storočia)

Rastislav Vojtko

Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave

Klub učiteľov geovied, odborná skupina pri Slovenskej geologickej spoločnosti SAV



19. 2. 2025
15:00 – 17:00 h

Dištančne – cez aplikáciu MS Teams
Pripojte sa na <https://lnk.sk/qsm9>
Prezenčne – PríF UK v Bratislave, Mlynská
dolina, Ilkovičova 6, Bratislava B1-PLUS

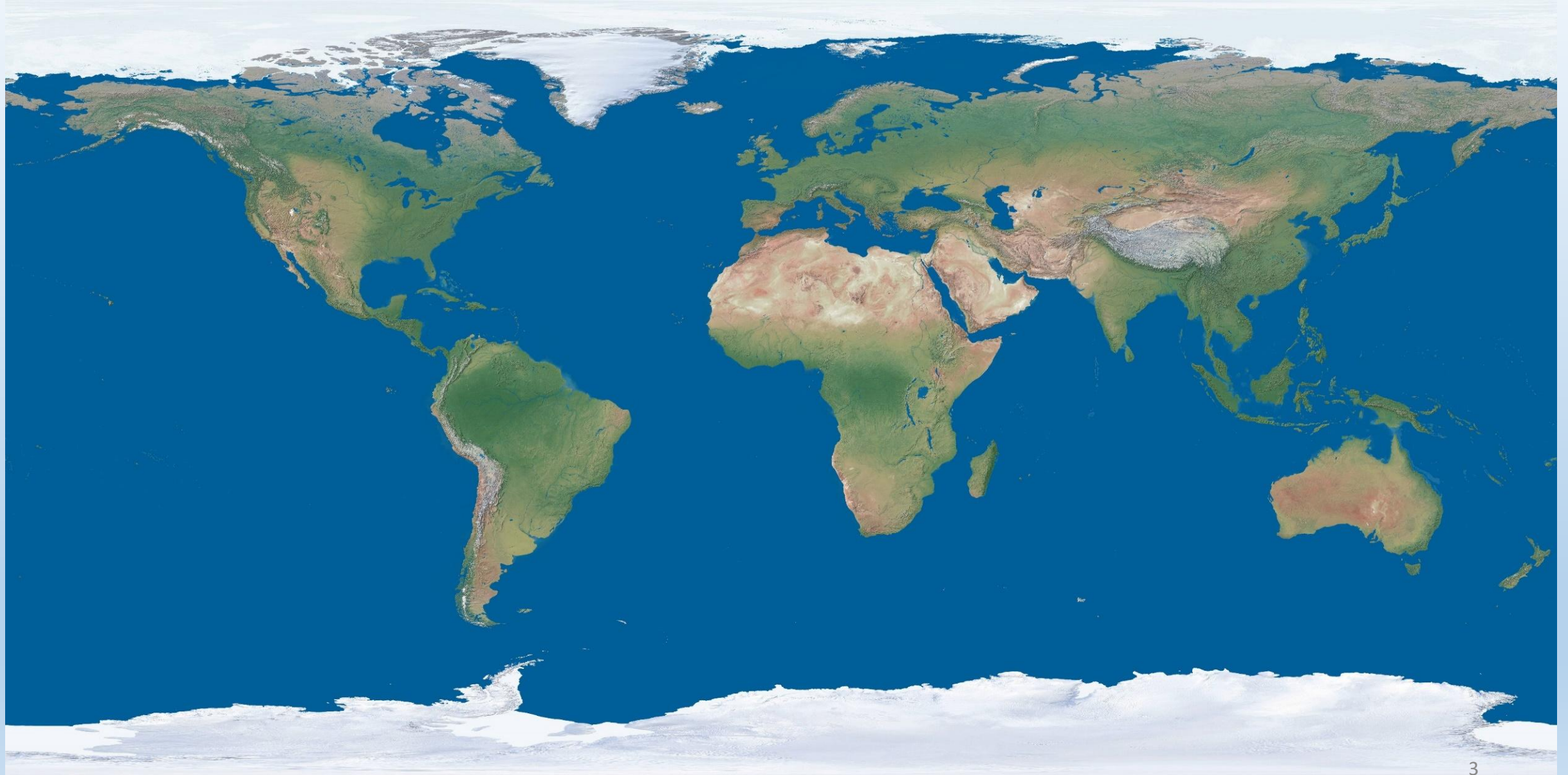
FYZ
GIS



Platňová tektonika

je zjednocujúca teória dynamiky Zeme, ktorá umožňuje komplexnú syntézu väčšiny geologických poznatkov a procesov

- je spojená so vzájomnou interakciou litosférických dosiek;
- vysvetľuje a spája vznik základných štruktúr Zeme;
- umožňuje komplexnú syntézu magmatických, vulkanických, metamorfných, sedimentologických a deformačných procesov;
- základné rozhrania litosférických dosiek: divergentné, konvergentné a transformné.





Eruptions, Earthquakes & Emissions

Mouse over feature button for legend, click to show / hide:
Click events on the map for more information.

View as globe

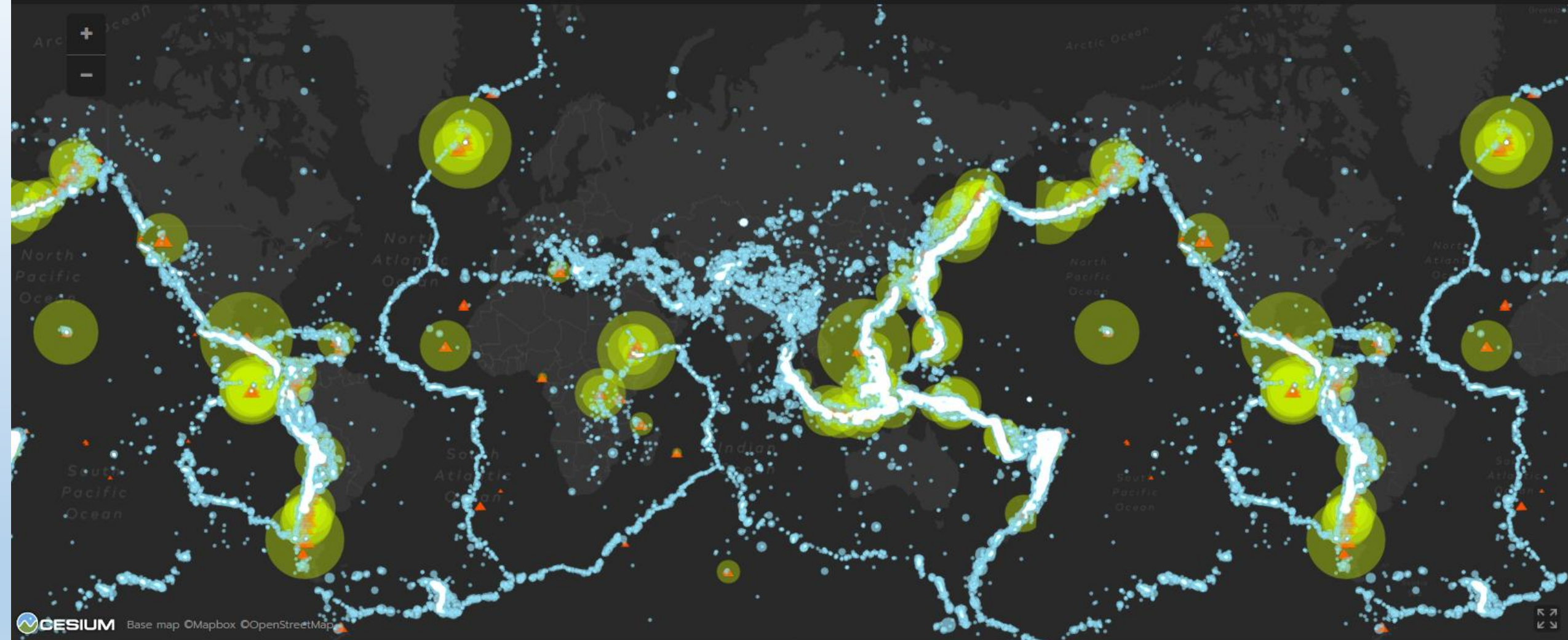
Earthquakes

Volcanoes

Sulfur dioxide

?

Download data



1960

2017

View Map Animation



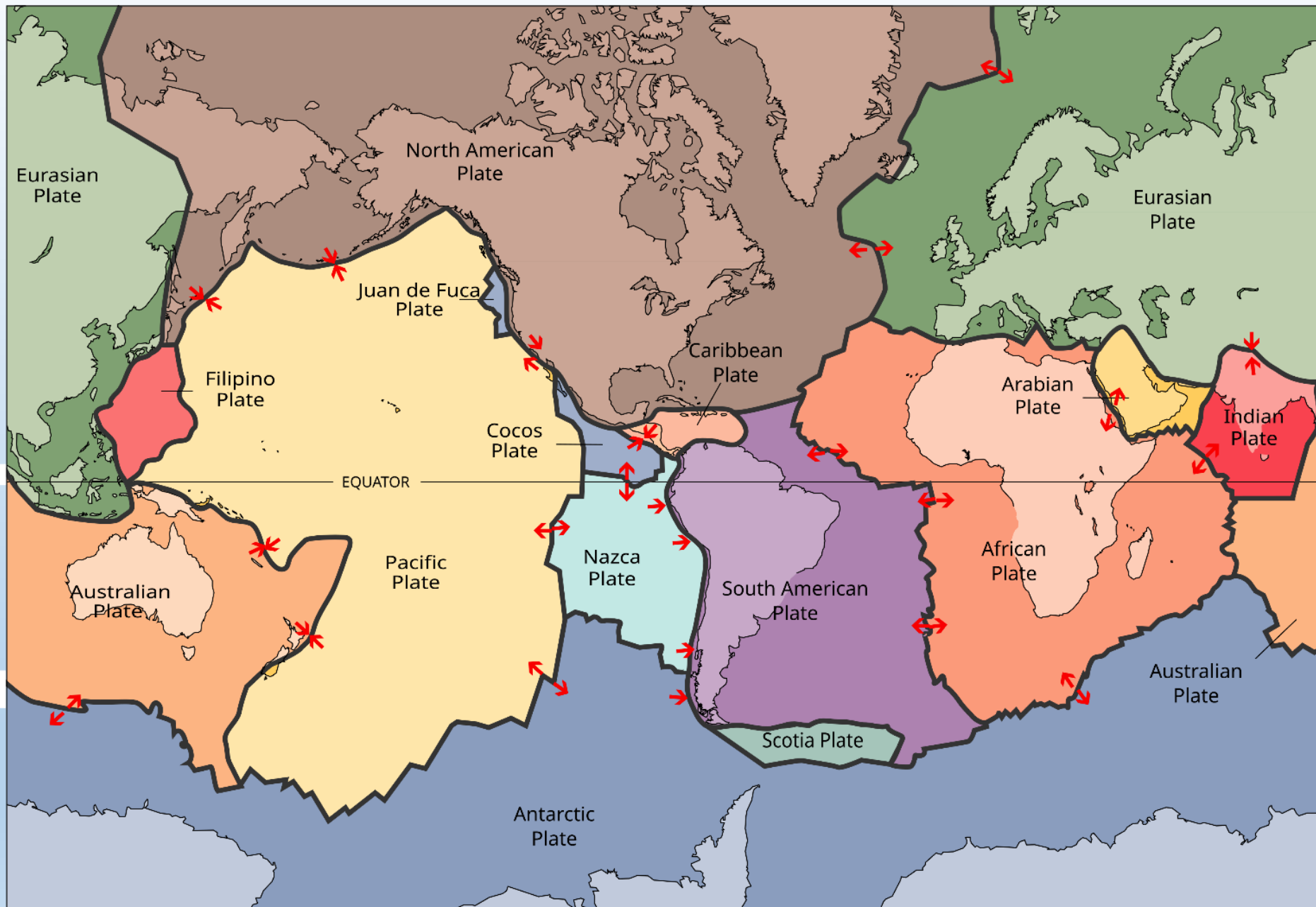
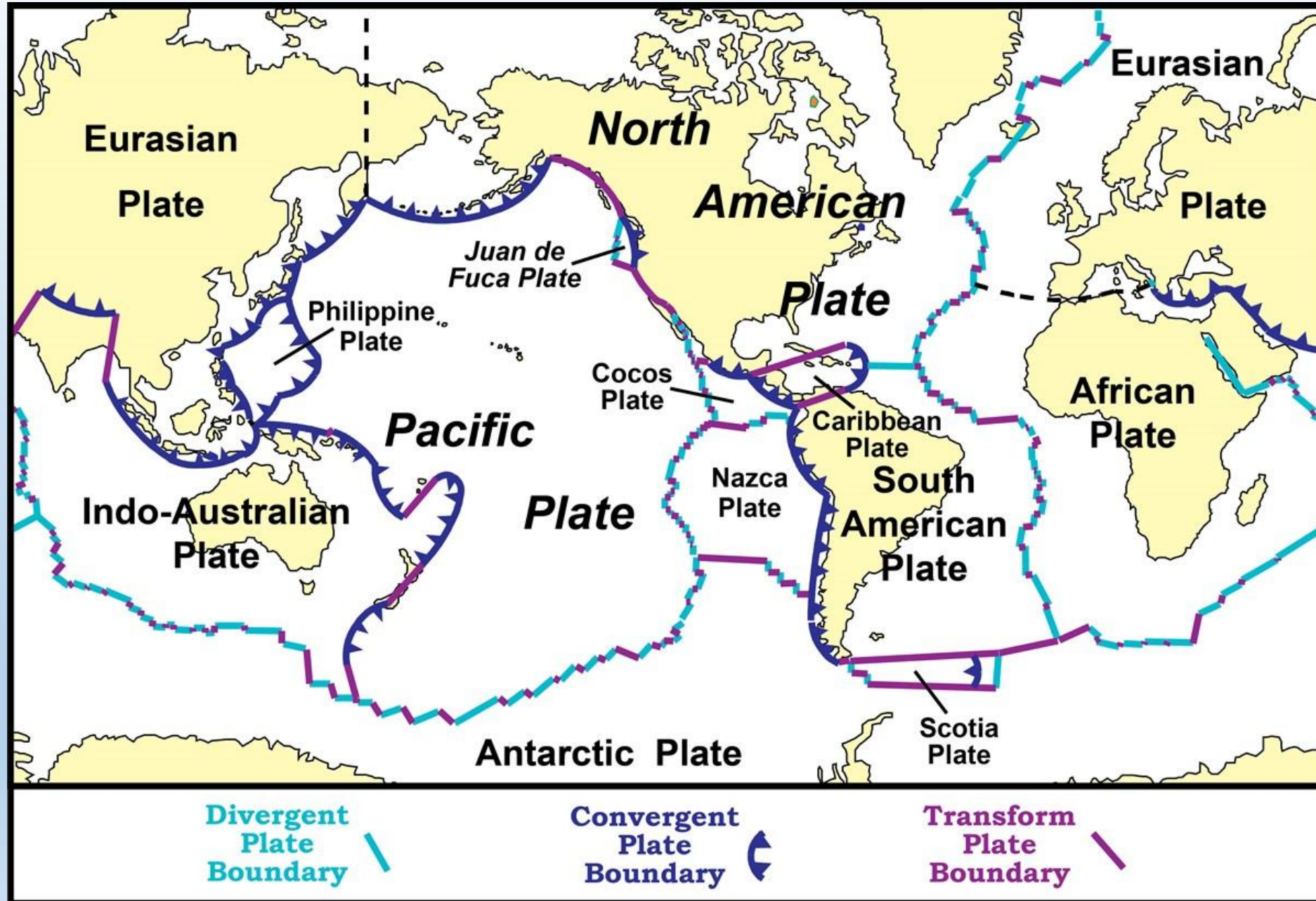
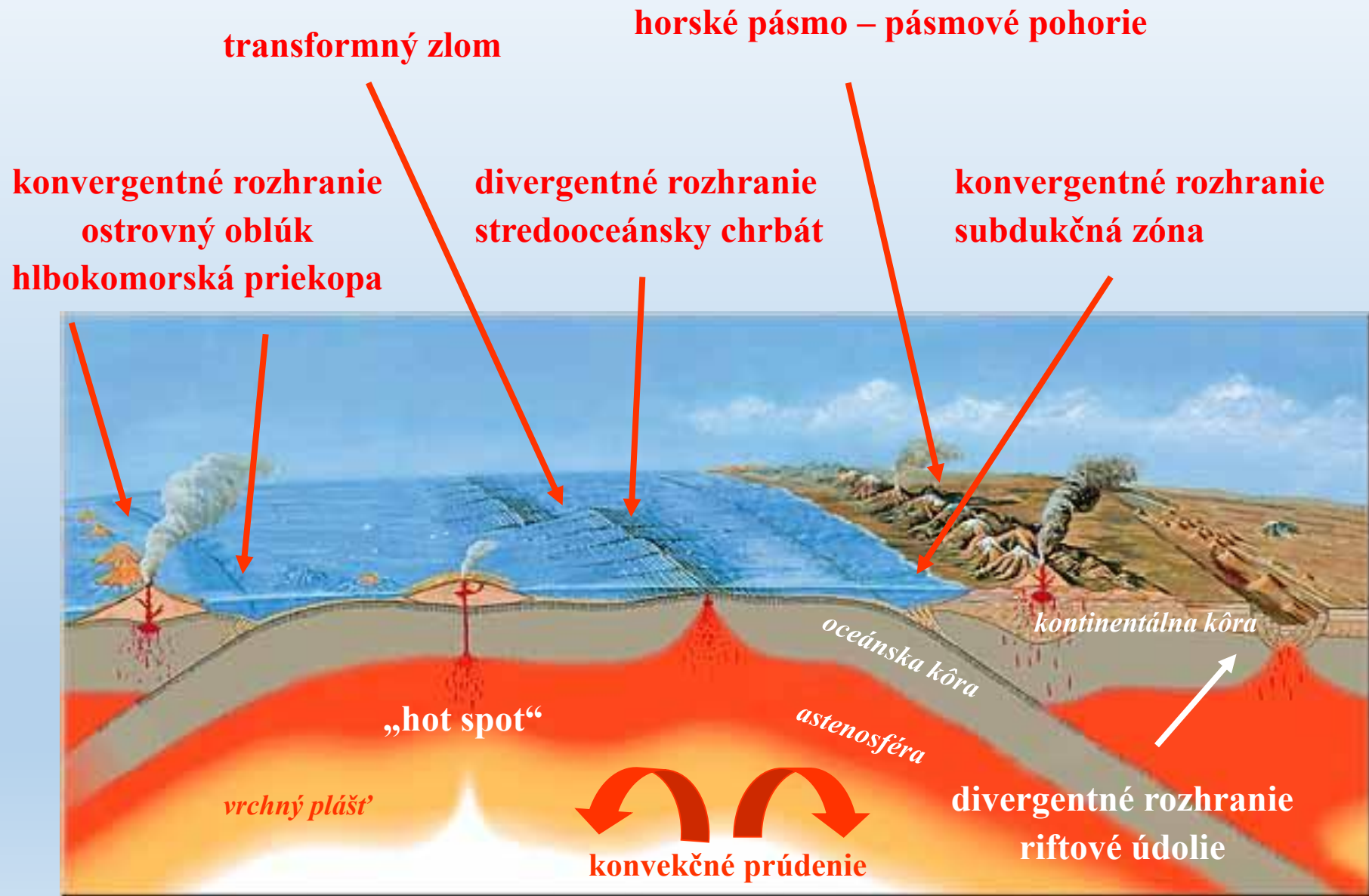


Plate tectonics. (2023, February 6). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Plate_tectonics

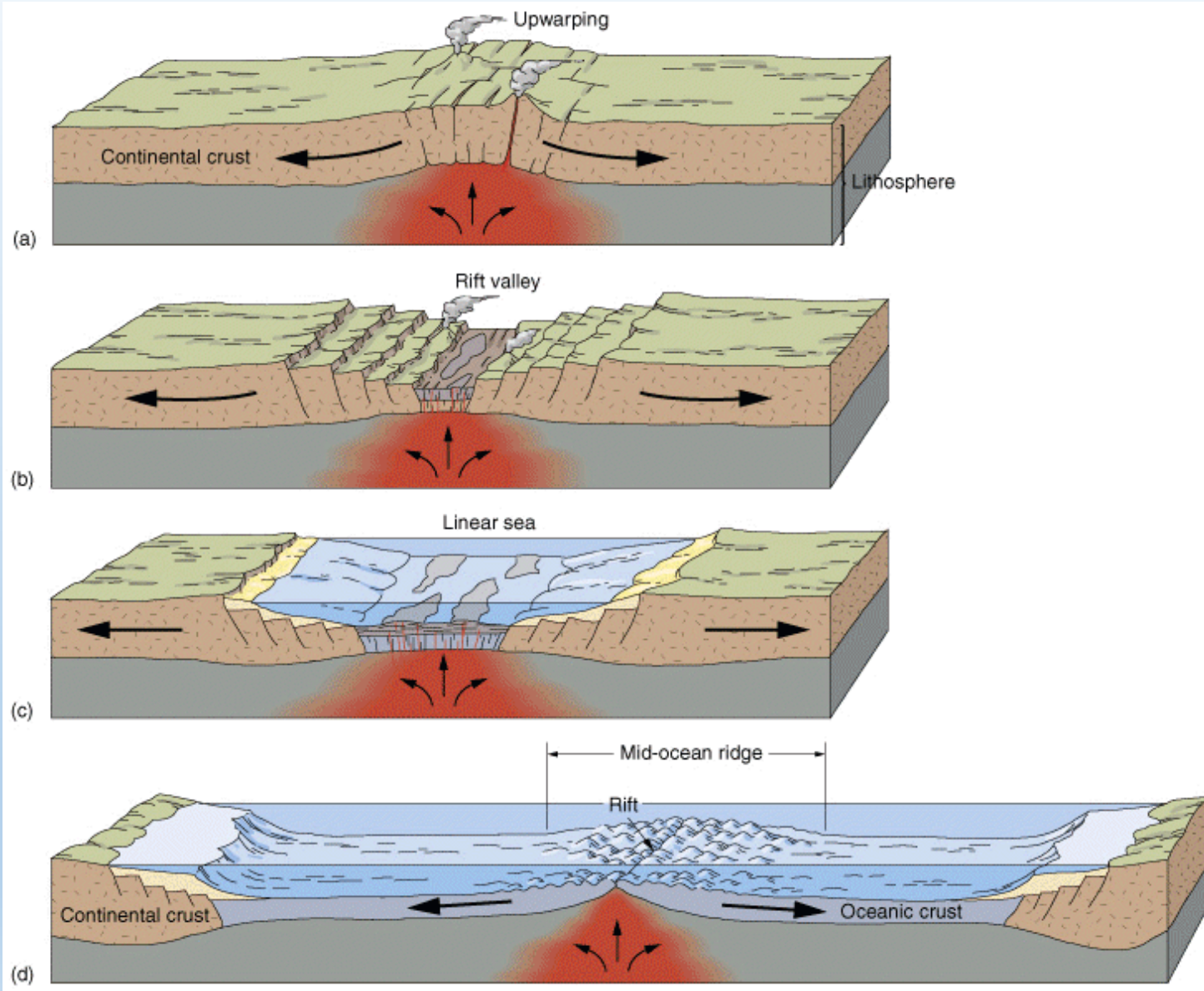
Typy platňových okrajov



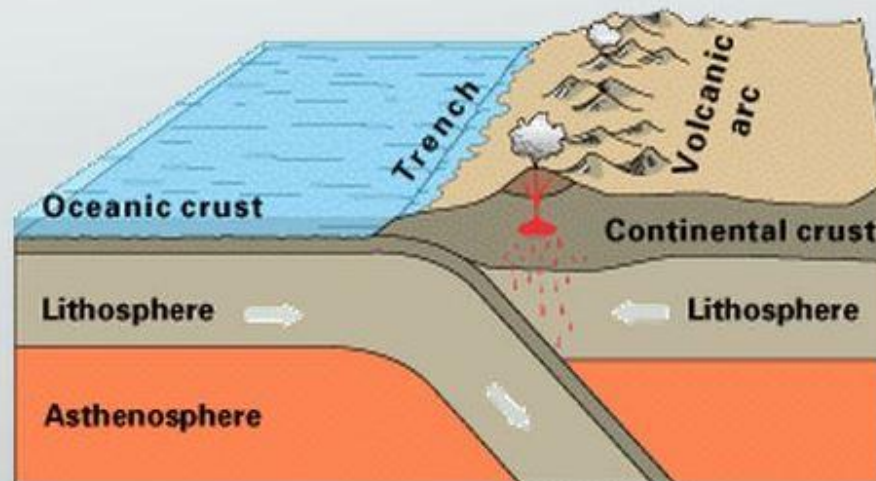
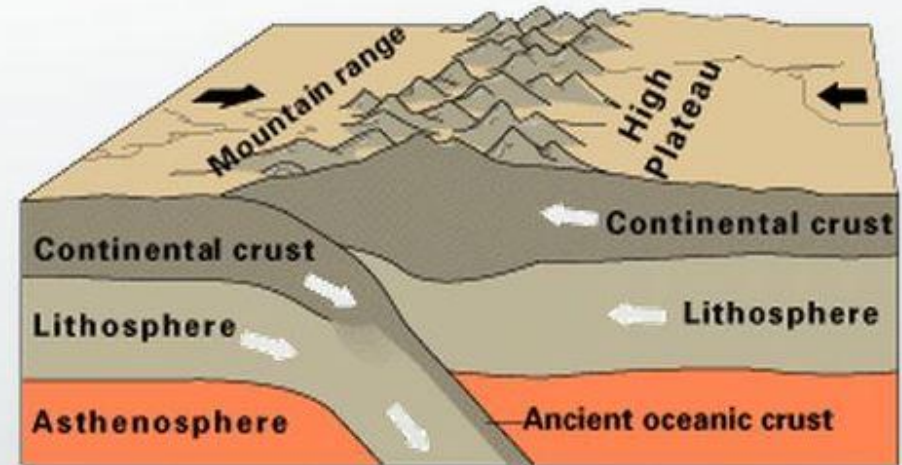
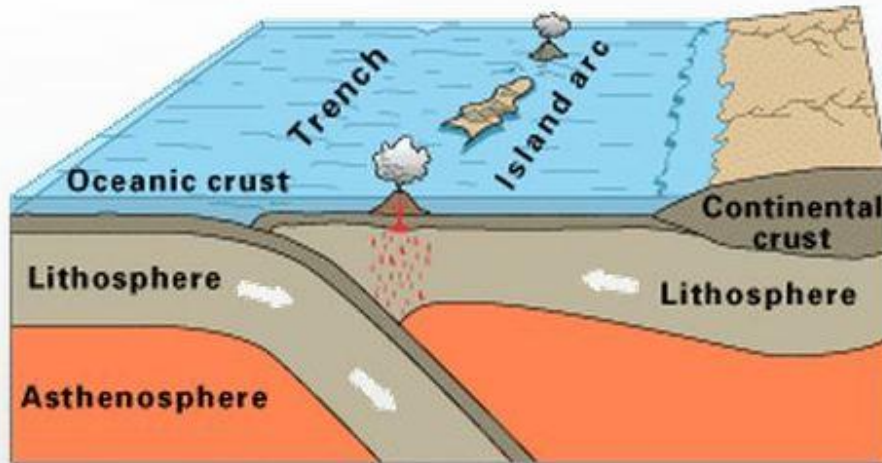
Základné štruktúry litosférických rozhraní



Divergentné okraje



Prostredie konvergentných okrajov



**Ako sme odhalili
platňovú tektoniku?**

Geosynklinálna teória

Zaujímavým konceptom regionálnej tektoniky boli "geosynklinály"

Cieľom bolo vysvetliť orogénne pásma, ktoré sú silne deformované oblasti zemskej kôry, ktoré sa zdali byť predtým miestami ukladania veľkého množstva sedimentov.

Geosynklinály

Geosynklinála: pás v zemskej kôre, ktorý na dlhé obdobie subsiduje, takže slúži ako zberná oblasť pre sedimenty erodované zo susedných vyzdvihnutých oblastí zemskej kôry a pre lávu a popol vyvrhnutý zo sopečnej činnosti.

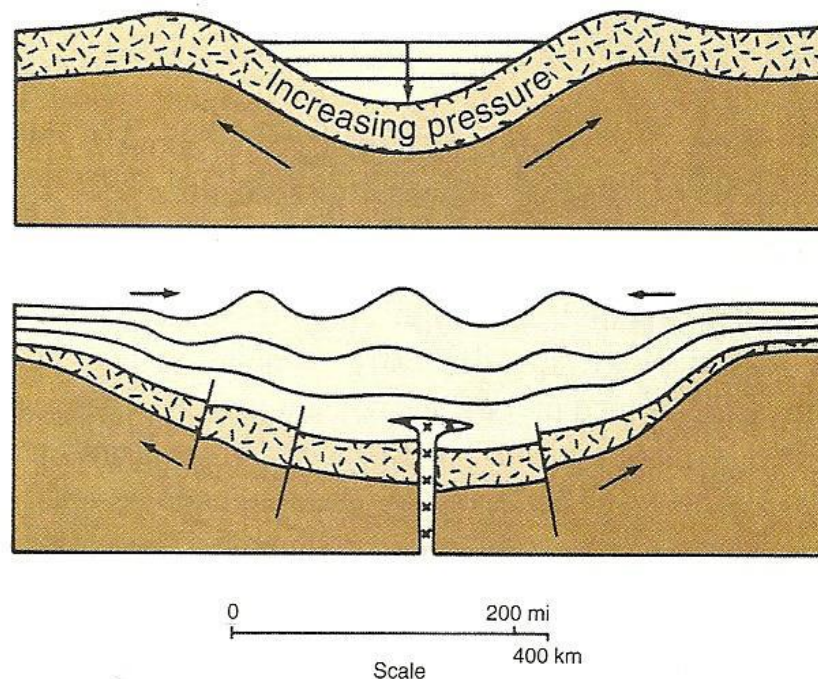
Keď sa geosynklinála stane nestabilnou, jej sedimentárna výplň sa deformuje, metamorfuje, granitizuje, intruduje a nakoniec sa vyzdvihuje do pohorí.

Vývoj pohorí a geosynklinály

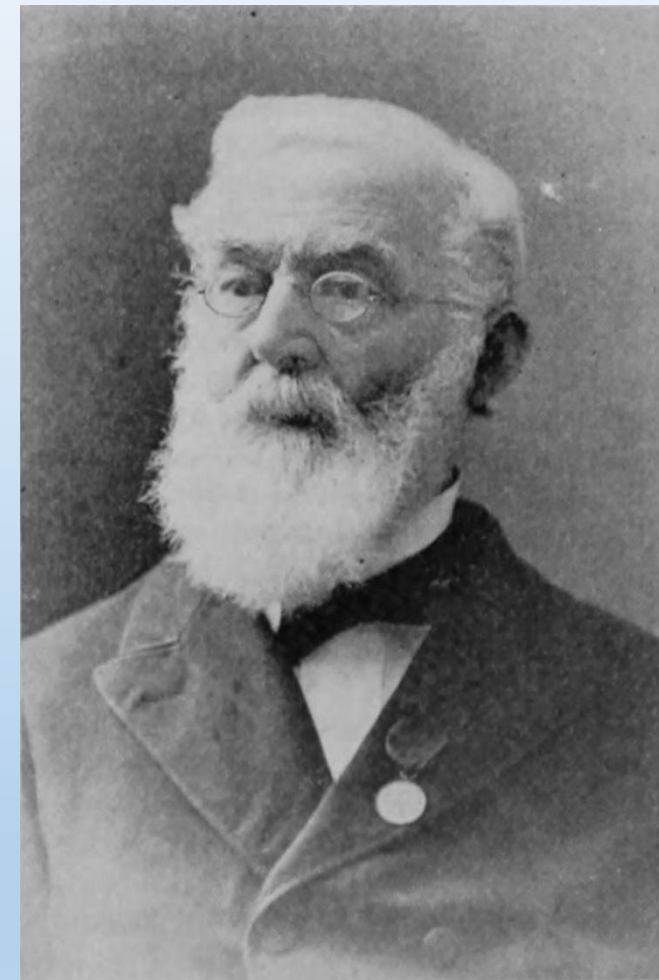
Hall poznamenal, že deformované paleozoické vrstvy v Apalačskom pohorí sú desaťkrát hrubšie ako nedeformované paleozoické vrstvy v údolí Mississippi. Navrhol, že veľké zaťaženie sedimentmi v oblasti Apalačského pohoria spôsobilo kolaps kôry a jej pokles. Tento proces spôsobil deformáciu sedimentárnych vrstiev.

A. Hall's theory

Warping due to sedimentation

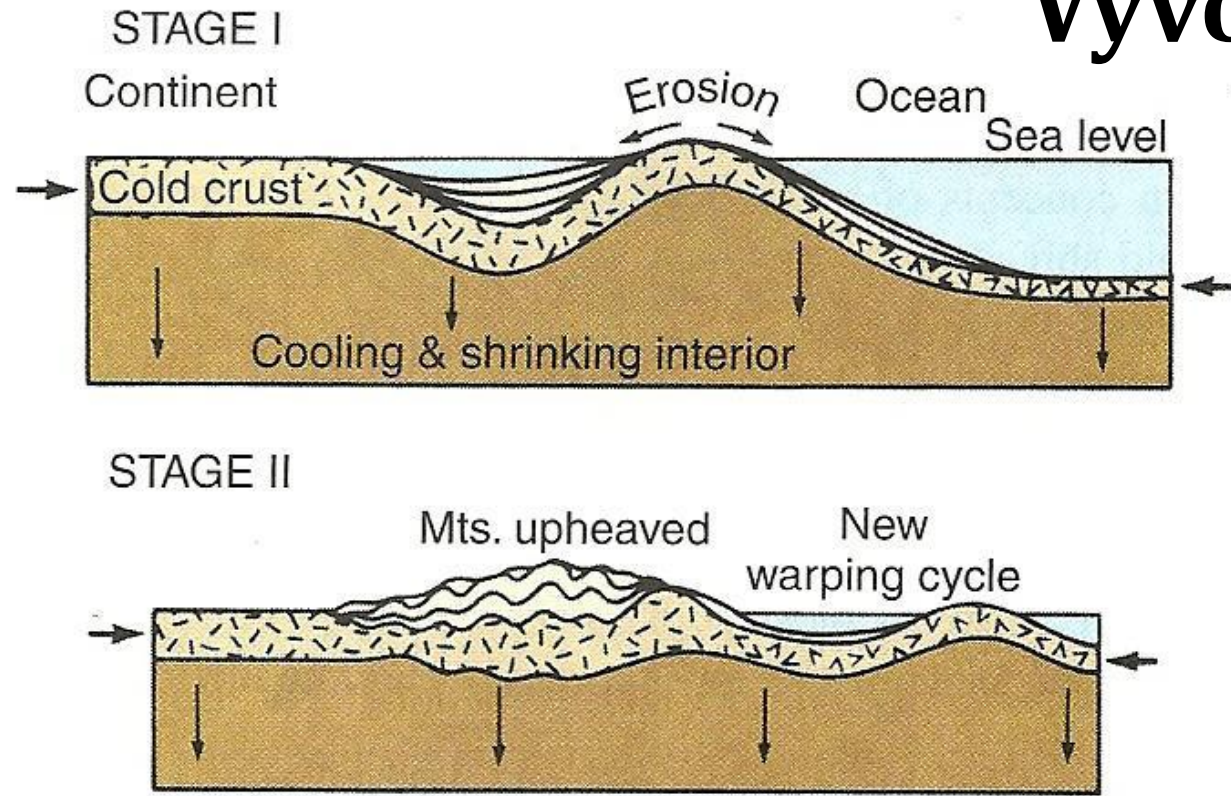


„Teória o vzniku pohorí s vynechaním pôvodu pohorí.“ James D. Dana



James Hall (1811 – 1898)

B. Dana's theory



Vývoj pohorí a geosynklinály



James Dwight Dana (1813-1895)

Mal podobnú myšlienku ako Hall, ale predpokladal, že prehustená panva sedimentmi, ktoré nazval "geosynklinála", je dôsledkom, nie príčinou poklesu kontinentu na ich okrajoch. Domnieval sa, že deformácia je dôsledkom ochladzovania a zmršťovania Zeme.

Teória kontrakcie a expanzie

Koncepciu geosynklinály:

- James Hall a James Dwight Dana navrhli koncept v polovici 19. storočia Koncepciu geosynklinály ďalej rozvinul Émile Haug a v roku 1900 ju zaviedol v Európe.
- Eduard Suess, popredný geológ svojej doby, koncept geosynklinály neschvaľoval
- začiatkom 20. storočia Leopold Kober a Hans Stille, pracovali na rámci kontrakčnej Zeme

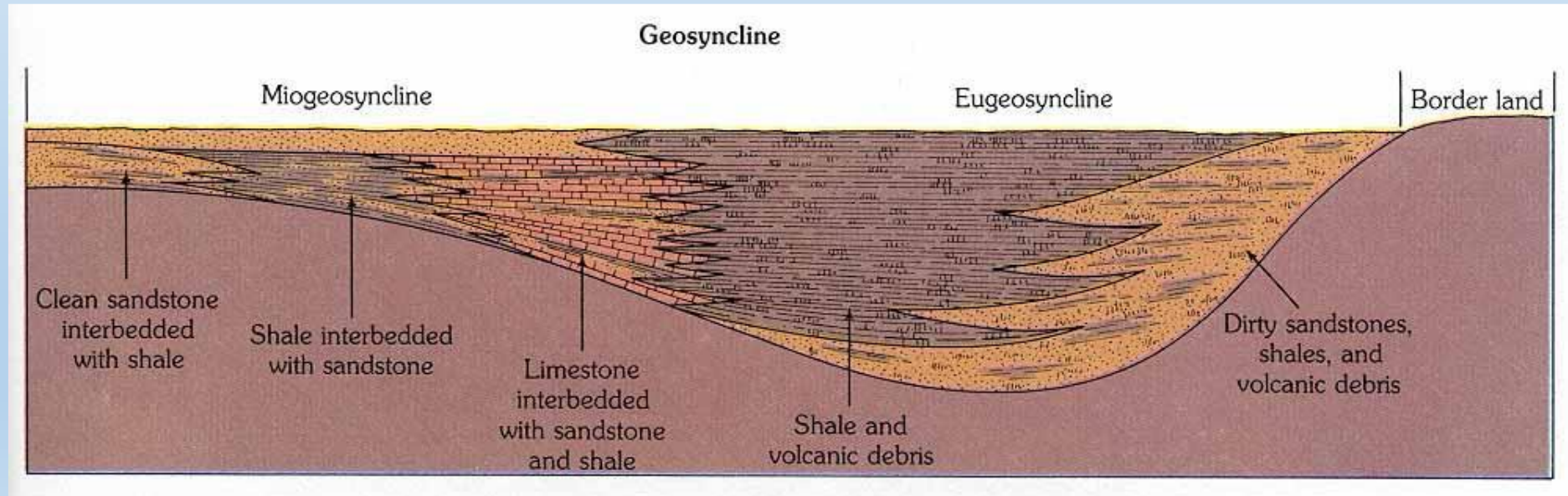


Koncept geosynklinál

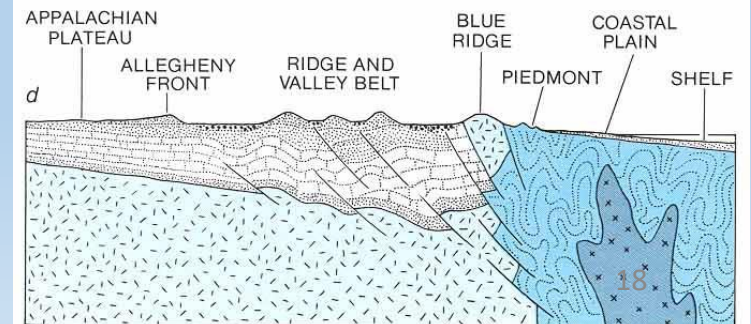
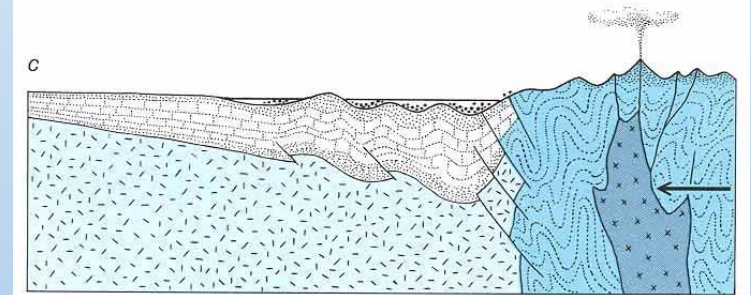
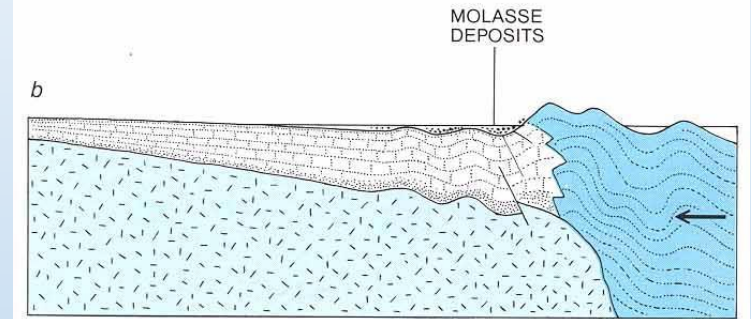
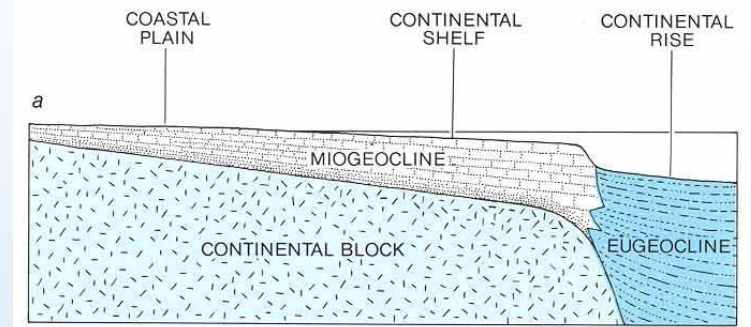
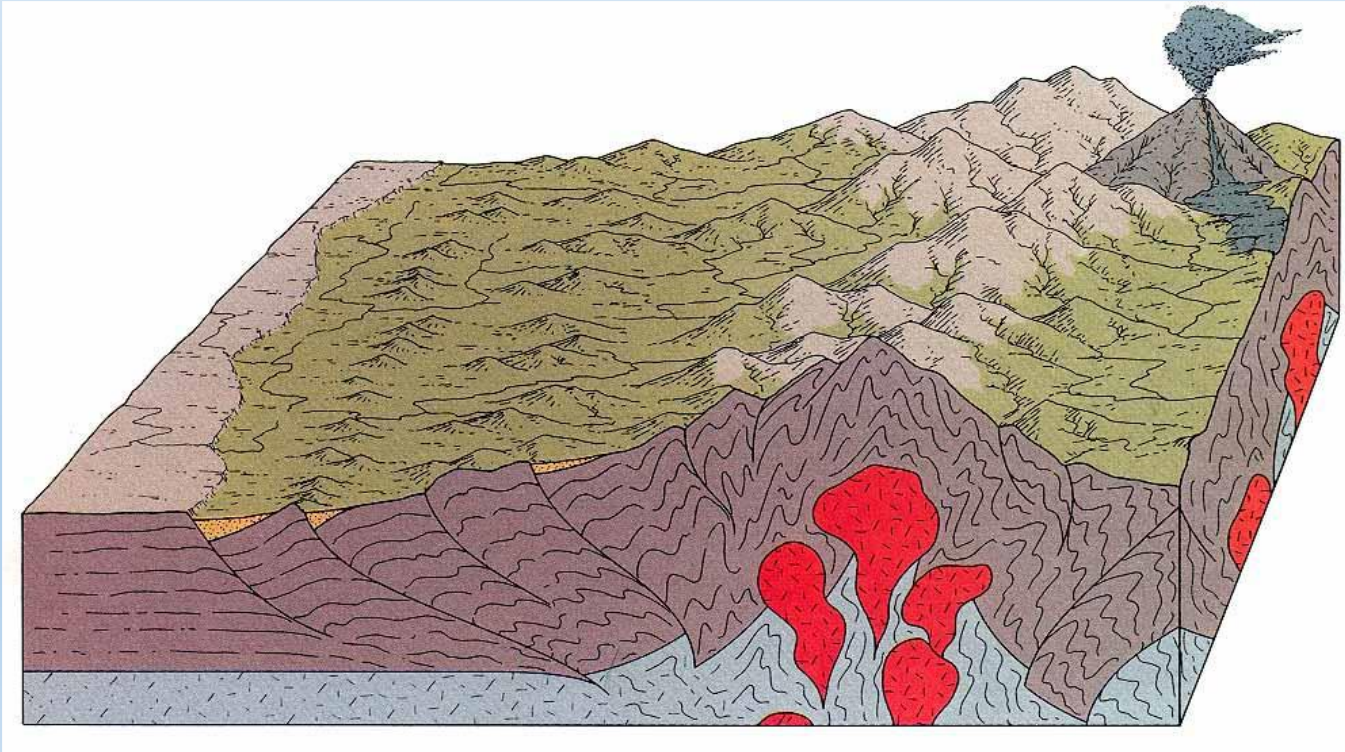
Geosynklinály mali párovú štruktúru paralelných žľabov.

Miogeosynklinála obsahovala najmä nevulkanické sedimentárne sukcesie.

Eugeosynklinála obsahovala vulkanity a hrubé sukcesie nezrelých sedimentov

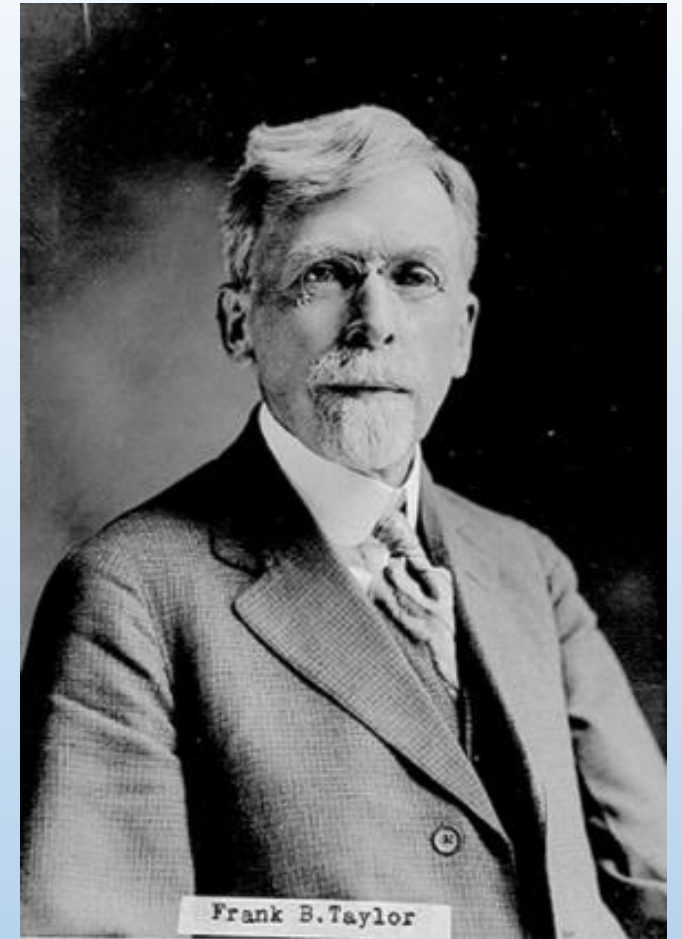
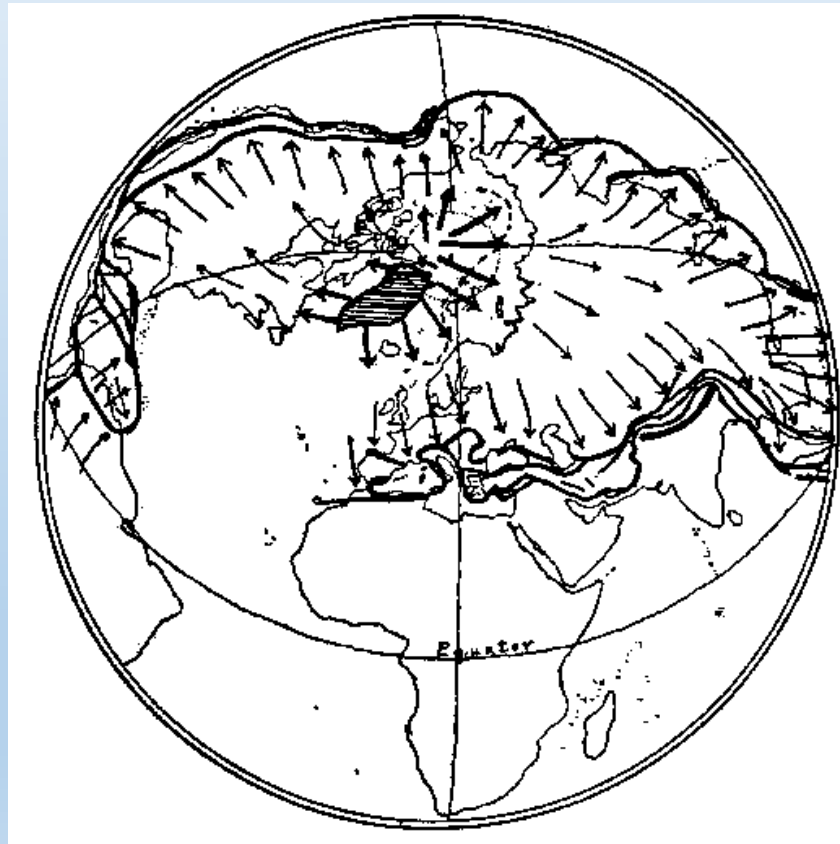


Koncept geosynklinál



Kontinentálny drift

- 1908 - Američan **Frank Bursley Taylor**
- navrhol, že za vznik veľkých kenozoických horských pásiem je zodpovedný drifting kontinentov. Predpokladal, že za to môže vplyv Mesiaca.



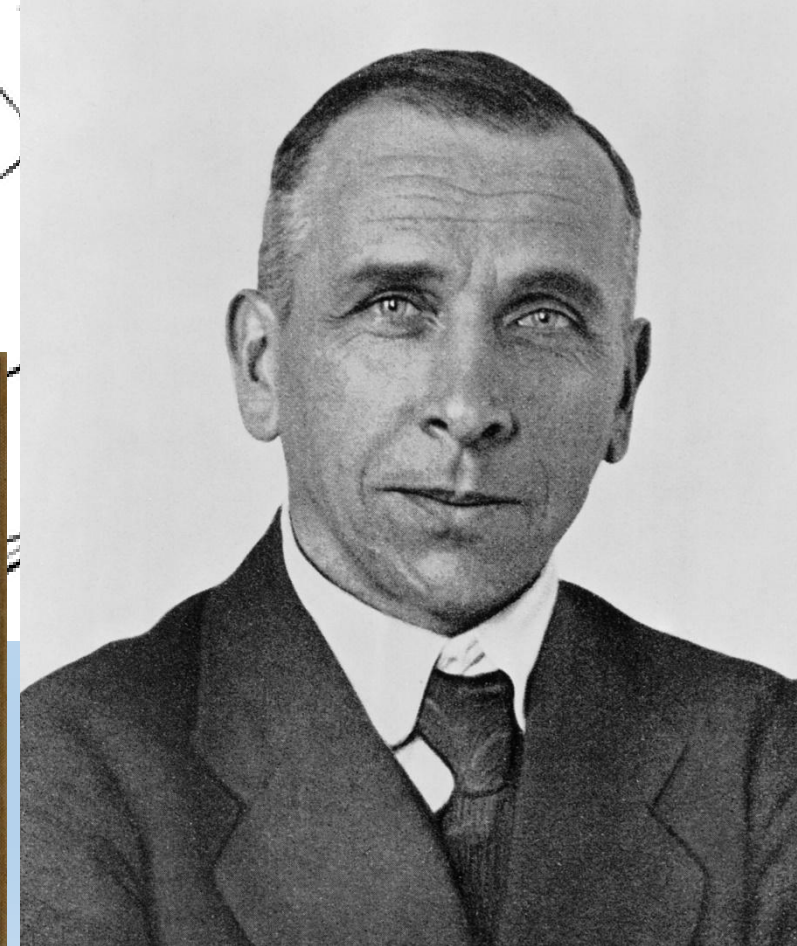
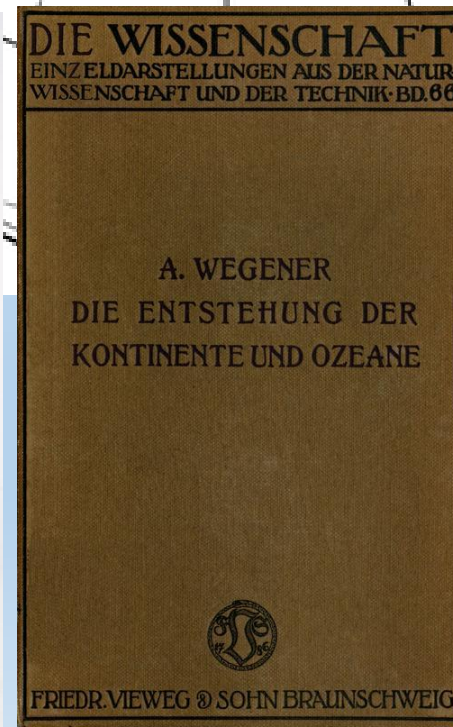
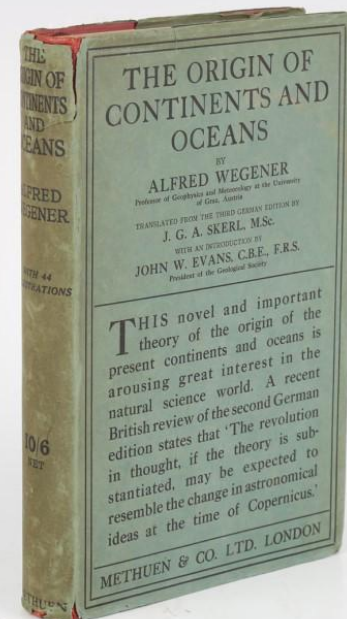
Frank Bursley Taylor (1860 – 1938)

PANGAEA

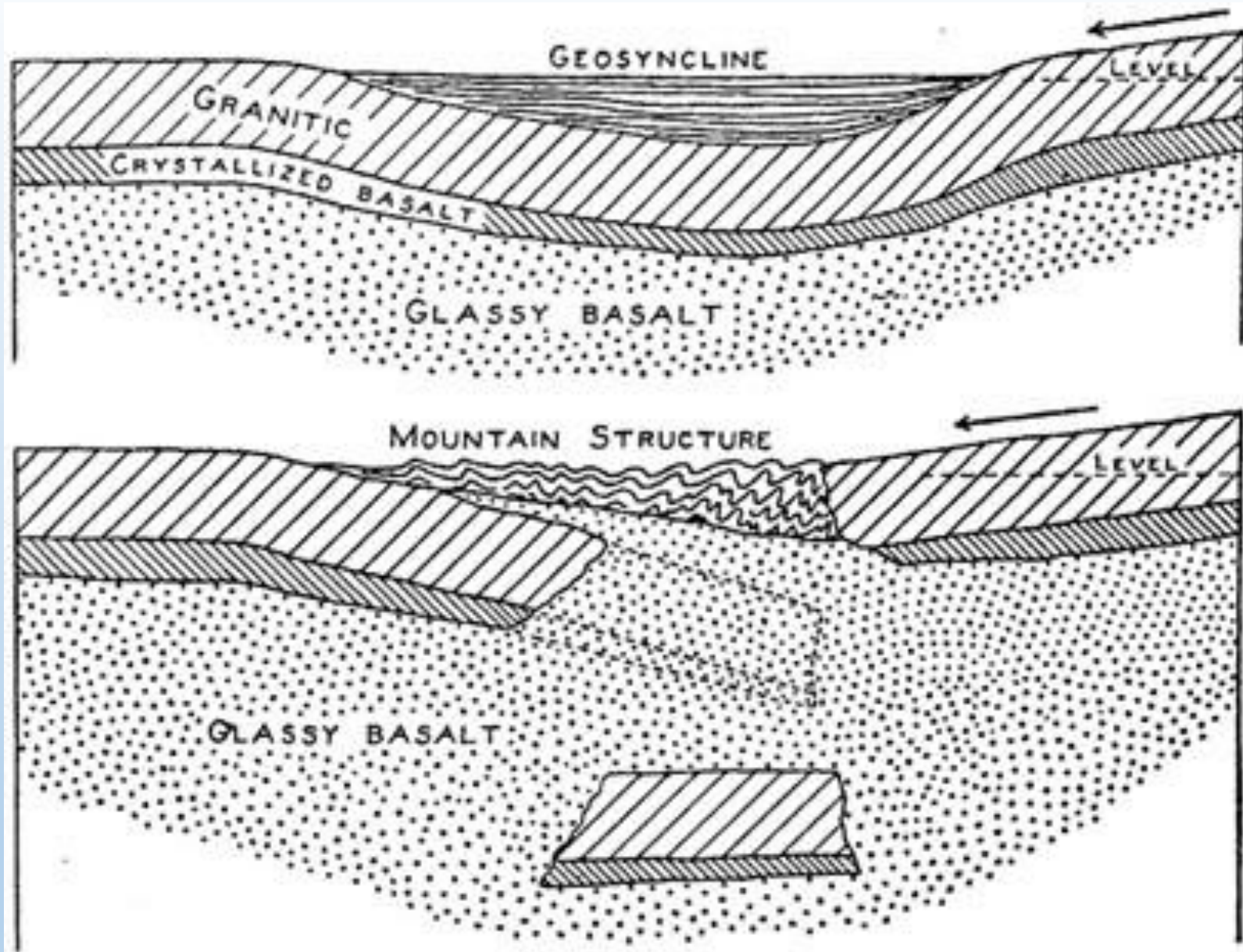


Wegener A.L., 1920: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.

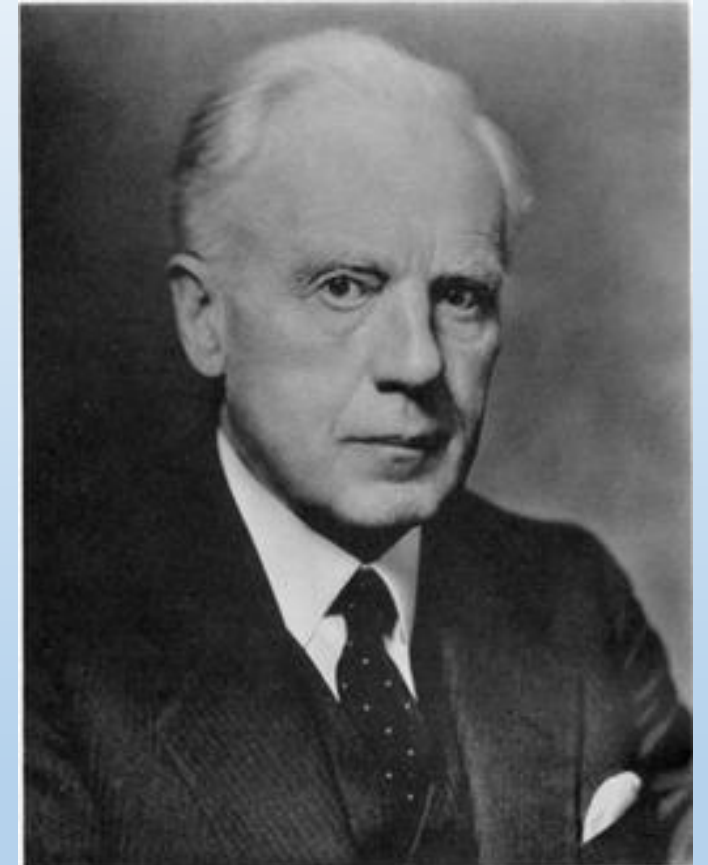
https://www.gutenberg.org/files/45460/45460-h/45460-h.htm#Viertes_Kapitel



Alfred Lothar Wegener (1880- 1930)

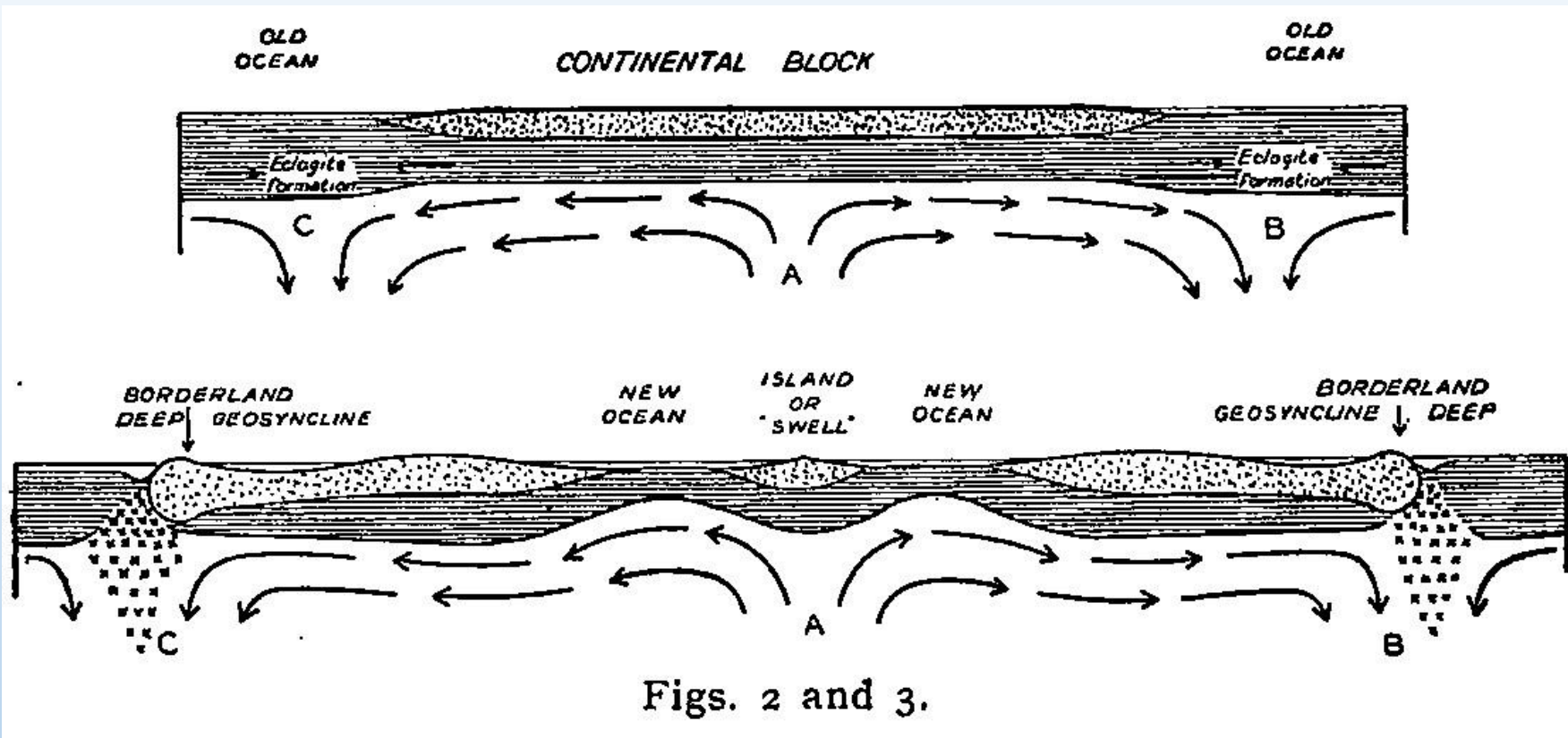


Daly R.A., 1926: Our Mobile Earth.

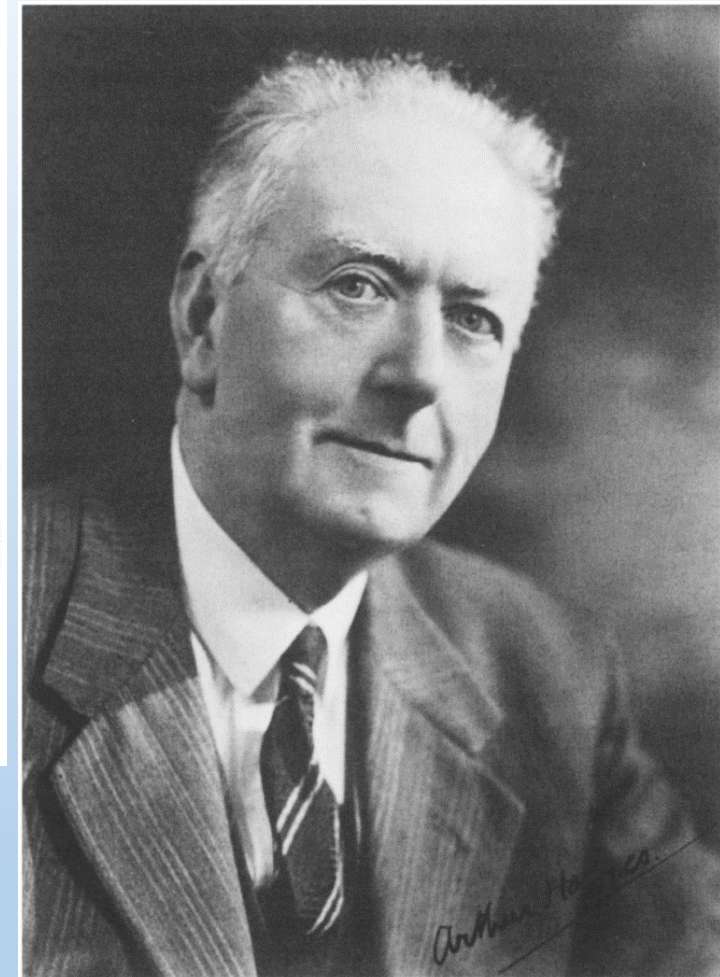


Reginald Aldworth Daly

Reginald Aldworth Daly (1871 ²¹1957)



Model kontinentálneho driftu spôsobeného konvekčnými prúdmi v plášti (Holmes A., 1929: Radioactivity and Earth movements. Transactions of the Geological Society of Glasgow 18, Part 3, 559–606).



Arthur Holmes (1890 – 1965)

Zamietnutie hypotézy kontinentálneho driftu

Tri hlavné faktory prispeli k zdržanlivému prístupu voči kontinentálnemu driftu:

- Američania boli vo veľkej miere oddaní metóde viacerých pracovných hypotéz - myšlienke, že vedecké dôkazy by sa mali zvažovať vo svetle konkurenčných (viacerých) teoretických vysvetlení, ktorých sa človek dočasne drží, kým váha dôkazov nie je dostatočná na to, aby si vynútila súhlas;
- Kontinentálny drift bol nezlučiteľný s verziou izostázy, ktorú Američania uznávali. Zatiaľ čo John Henry Pratt (1809–1871) navrhol, že izostatickú kompenzáciu možno dosiahnuť podpovrchovými zmenami hustoty, britský kráľovský astronóm George Biddell Airy (1801–1892) poukázal na to, že rovnaké povrchové účinky môžu byť spôsobené rozdielmi v hrúbke zemskej kôry;
- Američania odmietli kontinentálny drift kvôli dedičstvu uniformizmu. Uniformitarizmus bol princíp, ktorý sformuloval britský geológ Sir Charles Lyell (1797–1875), že najlepší spôsob, ako pochopiť geologický záznam, je odkaz na v súčasnosti pozorovateľné procesy.

Návrat hypotézy kontinentálneho driftu

Napriek tomu sa v Severnej Amerike diskusia o kontinentálnom drifte neskončila a nanovo rozprúdila vďaka alternatívnemu opisu dôkazov o faune. V roku 1933 geológovia Charles Schuchert (1858–1942) a Bailey Willis (1857–1949) navrhli, že kontinenty boli s prestávkami spojené úžinami, ako Panamský prieliv v súčasnosti spája Severnú a Južnú Ameriku a Beringov pevninský most nedávno spojil Severnú Ameriku a Áziu. Tieto úžiny boli vyzdvihnuté orogénnymi silami, a potom klesli pod vplyvom izostázy. Toto vysvetlenie bolo zjavne ad hoc - neexistovali žiadne iné dôkazy o úžinných spojeniach než paleontologické údaje.

Napriek tomu bola idea široko akceptovaná!

Dôkaz?



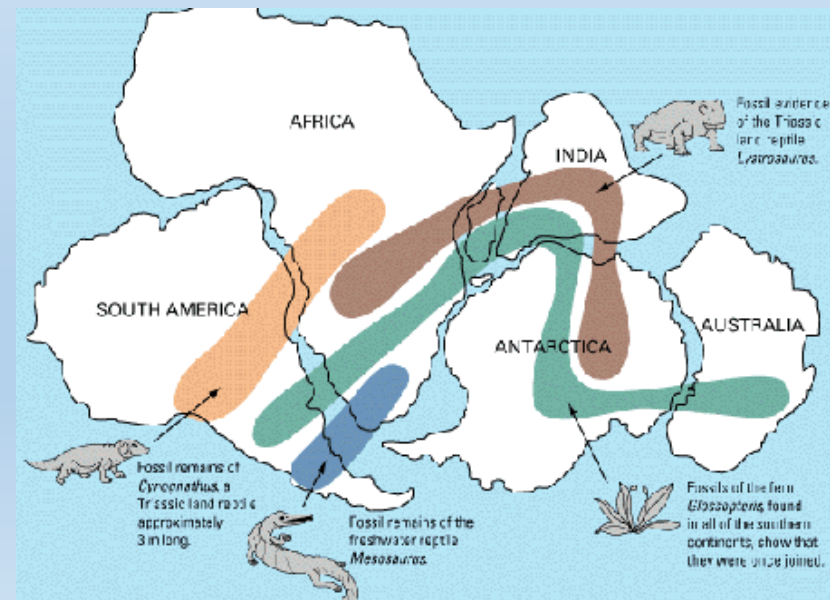
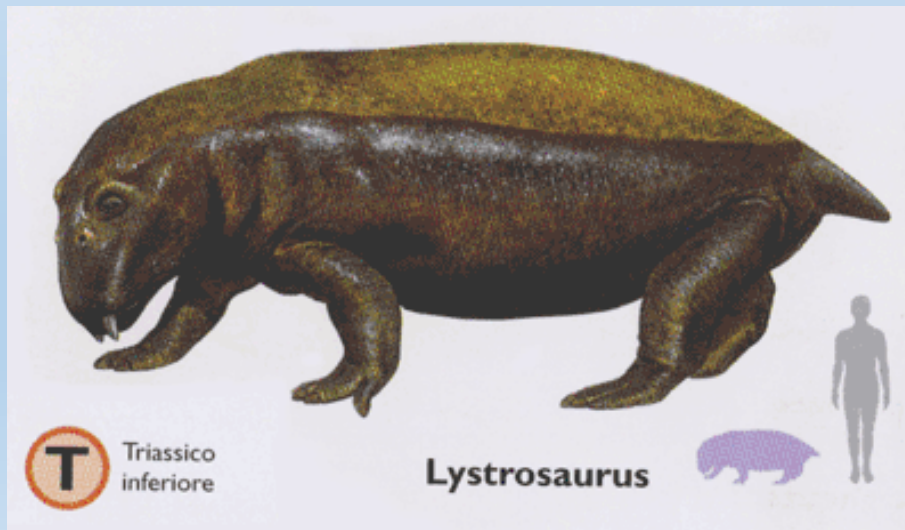
Nie len kontinentálne okraje zapadajú do seba veľmi dobre (ako boli prvýkrát pozorované v 16. storočí) ...



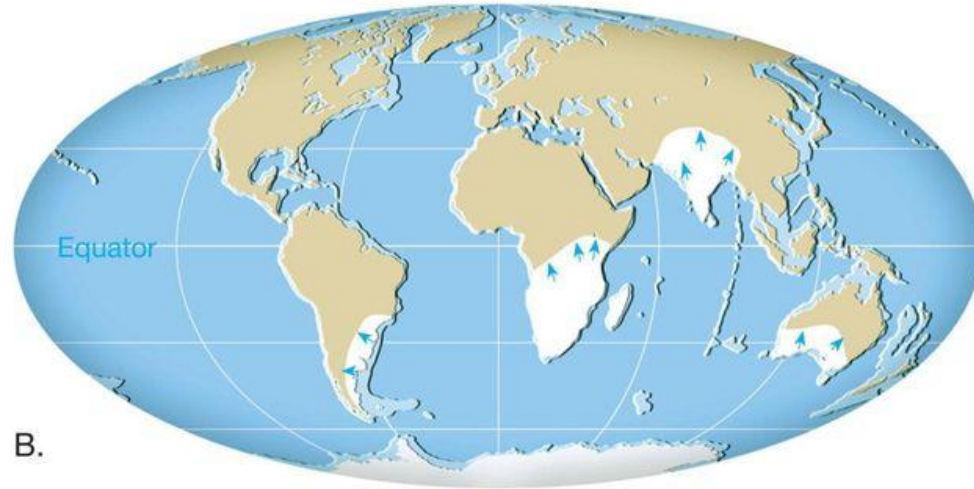
... ale aj geologická stavba naprieč kontinentami tiež veľmi dobre súhlasí!



Fosílie *Glossopteris* (flóra) a *Lystrosaurus* (fauna) boli nájdené naprieč všetkými kontinentami južnej hemisféry Zeme. Napríklad *Glossopteris* fosília (hore) je z Austrálie (vľavo) a z južnej Afriky (vpravo).



Znaky zaľadnenia: Charakter zaľadnenia na južnej pologuli okolo 255–360 Ma (karbón-perm) vytvára nelogický vzor pokiaľ kontinenty nespojíme do jedného.



Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Late Paleozoic Glaciation

Znovu: treba POZNAMENAŤ, že moderné bioty v týchto oblastiach sú odlišné!



Napríklad rozdiely medzi modernou biotou na rôznych kontinentoch. Veľké opice obývajú len Starý svet, opice s dlhými chvostami a kaktusy sú zase len v Novom svete. Eucalyptus je endemit Austrálie, hrochy sú len v Afrike atď.



Postupný návrat hypotézy kontinentálneho driftu

V roku 1937 publikoval juhoafrický geológ Alexander du Toit (1878–1948) publikáciu *„Our Wandering Continents“*, ktorá bola komplexnou syntézou geologických dôkazov kontinentálneho driftu, ale v Severnej Amerike mala len malý vplyv. Inde, najmä v Južnej Afrike a Austrálii, niektorí geológovia naďalej obhajovali drift a používali ho pri interpretácii geologických údajov, ale títo jednotlivci boli väčšinou izolovaní. Konsenzus vedeckej mienky bol proti kontinentálnemu driftu. Táto otázka sa na dve desaťročia odložila, kým sa diskusia znovu neotvorila na základe úplne nových dôkazov.

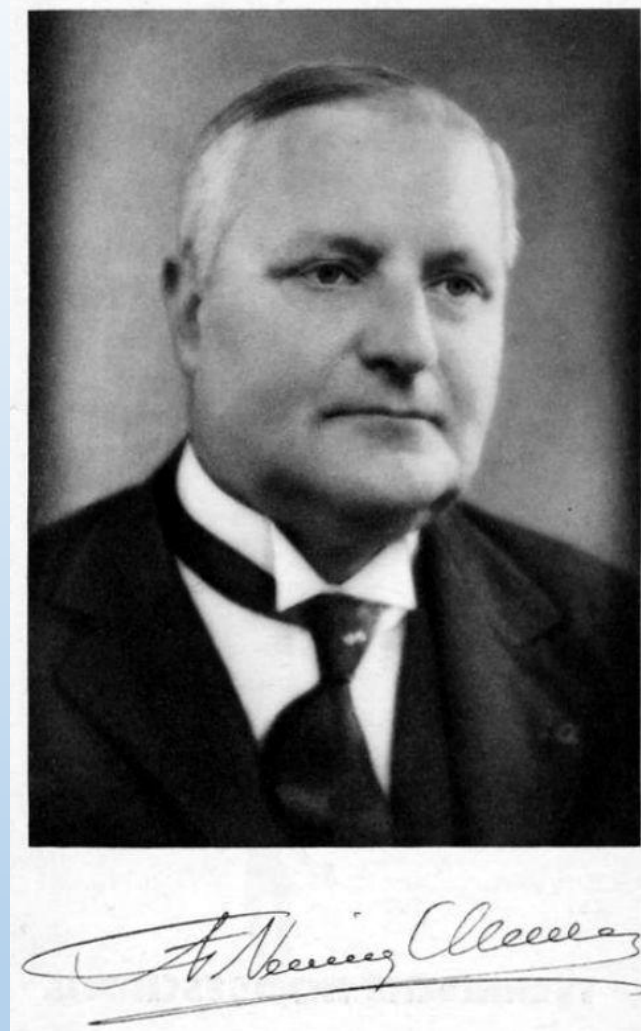
Výskum oceánskeho dna

Alternatívna teória Schucherta a Willisa uspokojila väčšinu severoamerických geológov, že kontinentálneho driftu sa už nemusia obávať, ale problém sa tým celkom nezastavil. V 20. rokoch 20. storočia skupina amerických vedcov pod vedením Williama Bowieho začala v spolupráci s americkým námorníctvom program merania gravitácie na mori.

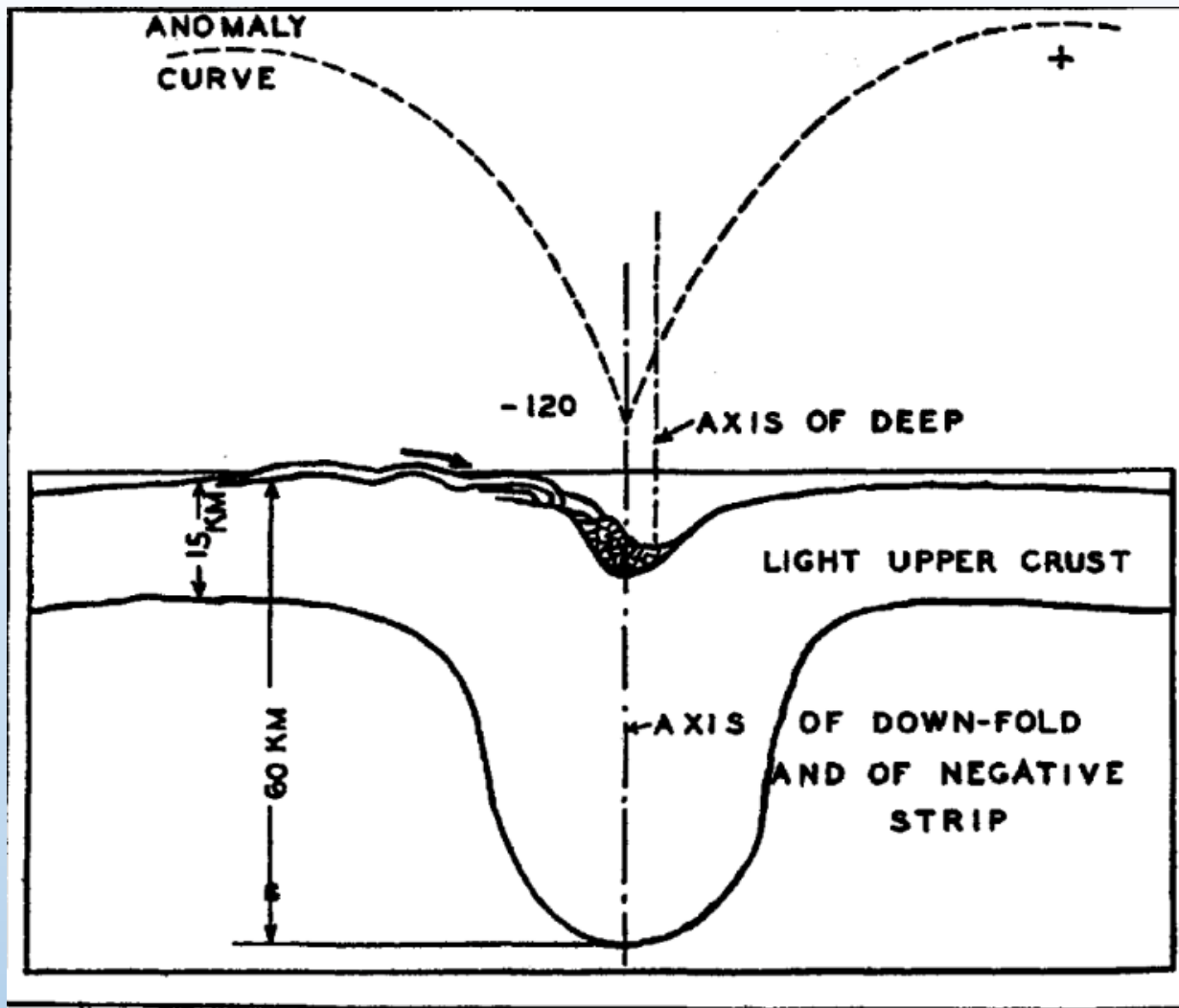
- Bowie a Hayford dokázali, že izostáza platí na kontinentoch, ale platí aj na oceánoch?
- Aká je štruktúra zemskej kôry pod oceánskymi panvami?
- Z čoho sa skladá oceánske dno?

Negatívne gravitačné anomálie v trenčoch

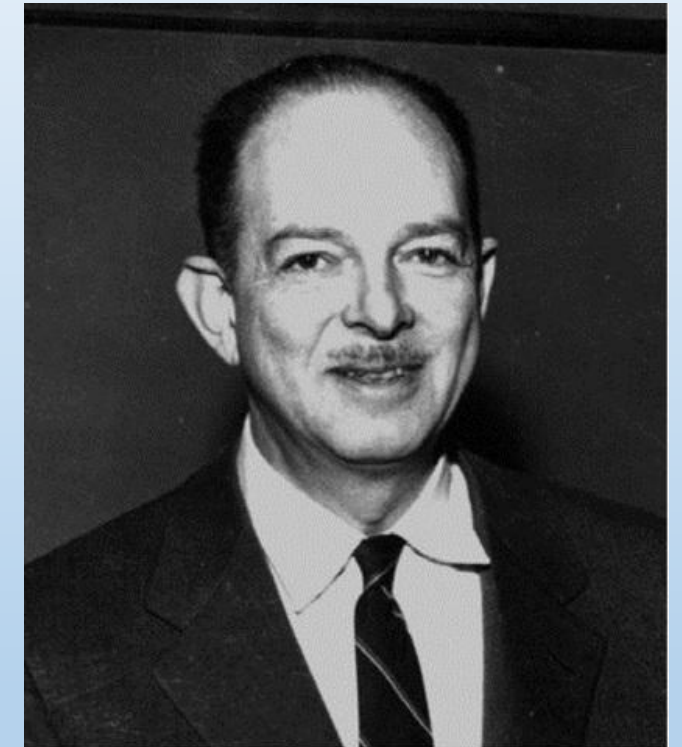
Meranie gravitácie na mori bolo mimoriadne náročné, pretože vietor a vlny rušili citlivé prístroje, ktoré sa používali. Svetovým odborníkom v tejto oblasti bol holandský geodet Felix Vening Meinesz (1887 - 1966), ktorý vynášiel nový gravimeter odolný voči vonkajším rušivým vplyvom. V roku 1923 preukázal jeho účinnosť počas série holandských podmorských expedícií do Indonézie, kde objavil veľké gravitačné anomálie spojené s Jávskou priekopou. Stúpenci Wegenera navrhli, že Jávská priekopa je miestom konvergencie dvoch obrovských dosiek zemskej kôry, a Vening Meinesz sa začal zaujímať o možnú súvislosť medzi gravitačnými anomáliami, oceánskymi priekopami a pohybmi zemskej kôry.



Felix Andries Vening Meinesz (1887 – 1966)



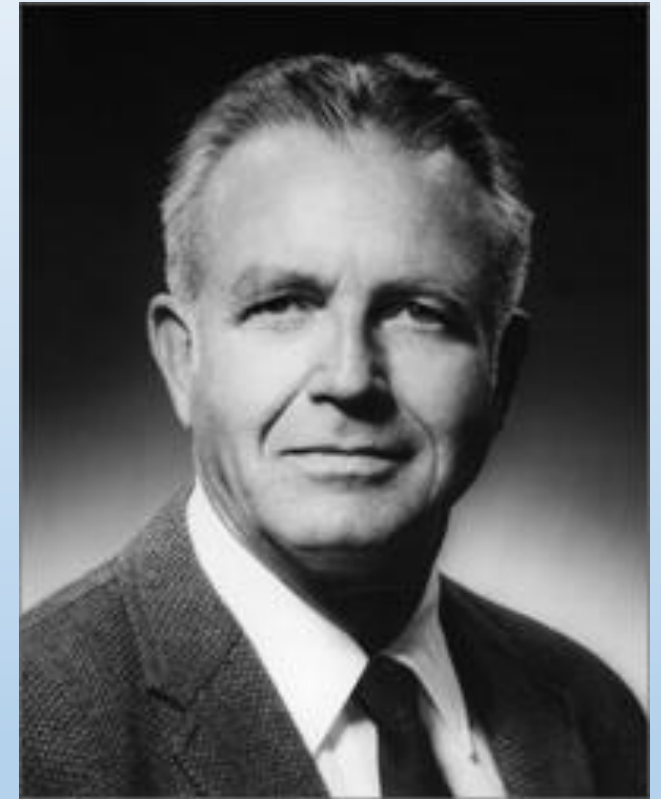
Tektogénna koncepcia Harryho Hessa vysvetľujúca vznik oceánskych hlbín spojených s negatívnymi gravitačnými anomáliami (Hess, 1933: Interpretation of geological and geophysical observations, in The Navy-Princeton Gravity Expedition to the West Indies in 1932, edited by R. M. Field. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, p. 30.



Harry Hammond Hess (1906 – 1969)

Konvekčné prúdy

V 30. rokoch sa objavila dôležitá koncepcia týkajúca sa pôvodu negatívneho pásu [gravitačných anomálií] predložil David Griggs. Vychádza z modelových experimentov, pri ktorých sa pomocou horizontálne rotujúcich valcov vytvorili konvekčné prúdy vo vrstve kvapaliny pod "kôrou" a vznikla konvekčná bunka. V kôre sa vytvoril zostupný prúd, podobný tomu, ktorý vznikol v Kuenenových experimentoch, kde sa stretávajú dva protichodné prúdy a ponárajú sa smerom nadol. Pokiaľ sú prúdy v činnosti, zostupná klenba sa udržiava. Prúdy, ktoré Griggs navrhol, by mali rýchlosť [v prírode] jeden až desať centimetrov [1/2 až 4 palce] za rok.

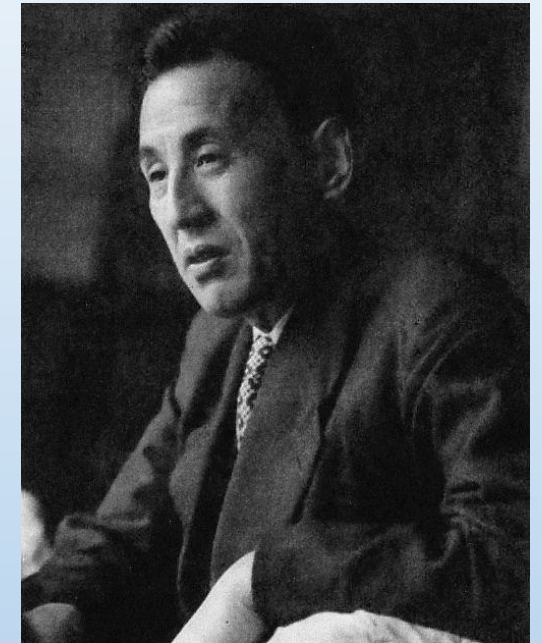
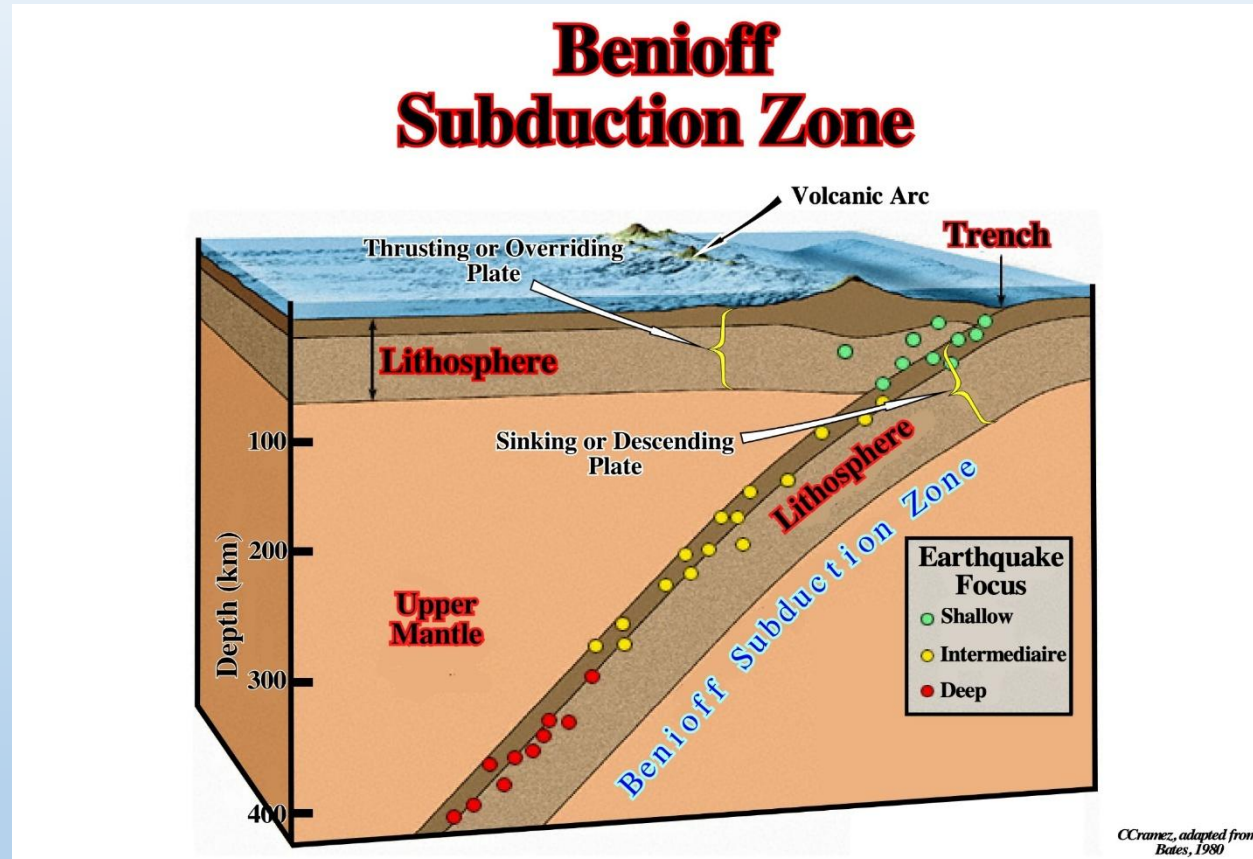


David Tressel Griggs (1911 – 1974)

Seizmické zóny pod okrajmi kontinentov



Victor Hugo Benioff
(1899 – 1968)



Kiyoo Wadati (1902 – 1995)

Benioff, Hugo (1949). Seismic evidence for the fault origin of oceanic deeps. *Bulletin of the Geological Society of America*. **60** (12): 1837–1866.

Financovanie vedy námorníctvom

V 20. rokoch 20. storočia bolo námorníctvo opatrné pri financovaní základného vedeckého výskumu, obávalo sa o vhodné vynakladanie finančných prostriedkov námorníctva a pochybovalo o tom, že práca, ako napríklad meranie gravitácie, bude pravdepodobne užitočná v prevádzke.

- Druhá svetová vojna situáciu zmenila, najmä kvôli vojne s ponorkami. Veľké straty spojeneckých síl v dôsledku útokov nemeckých ponoriek;
- Americké námorníctvo si uvedomilo, že geofyzika a oceánografia by mohli poskytnúť dôležité informácie magnetika a fyzická oceánografia

Mapa totálnej magnetickej intenzity

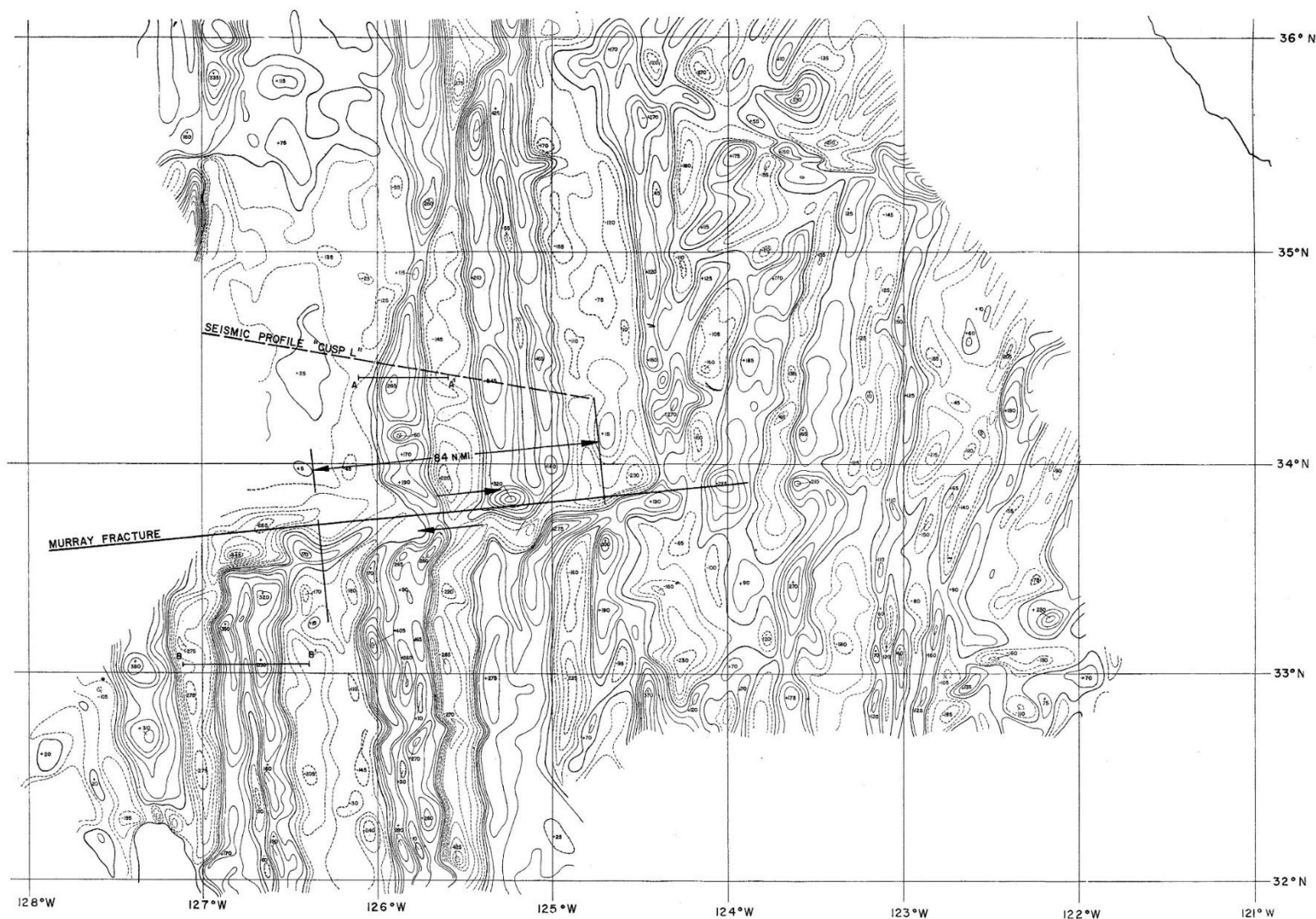
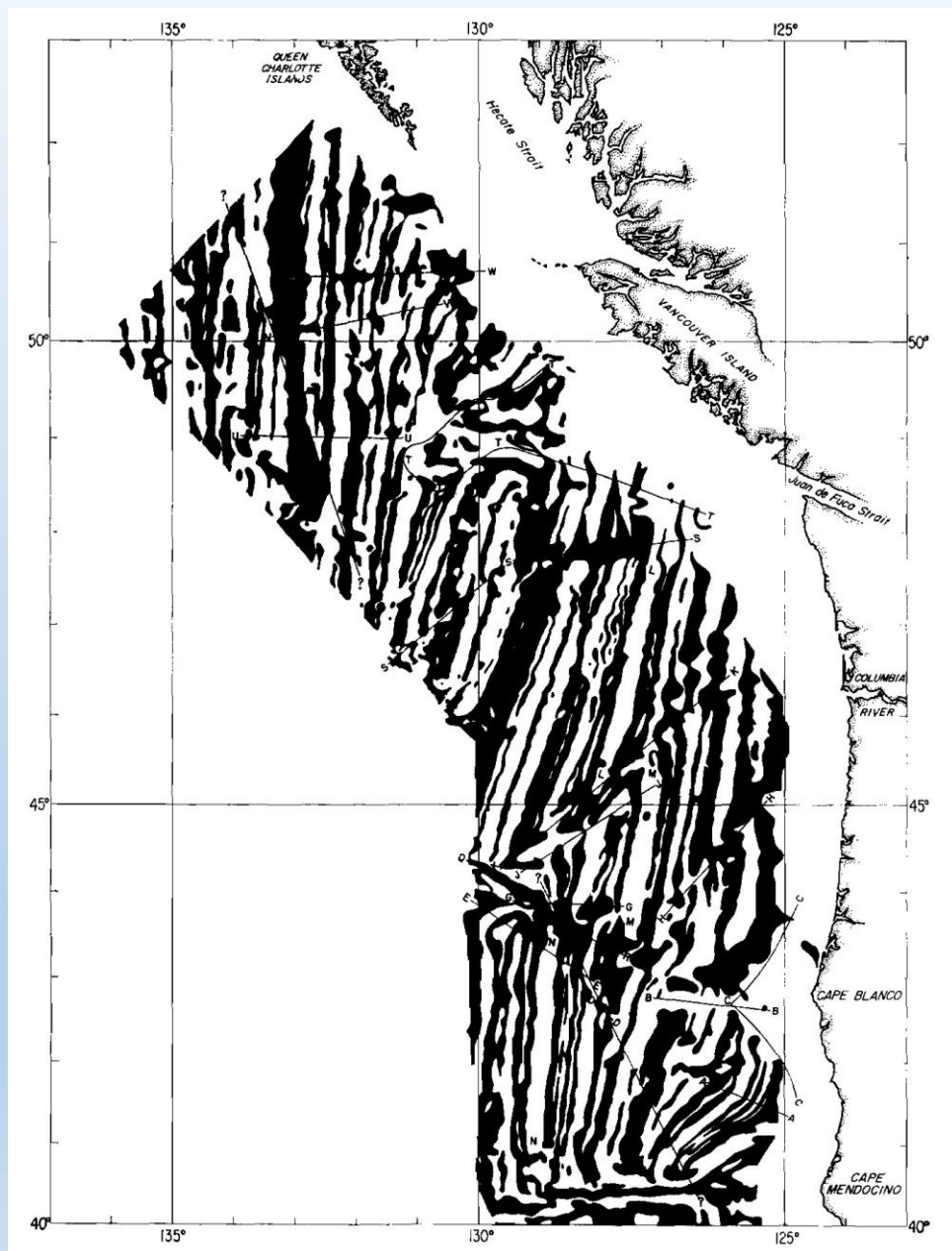


FIG. 2.—Map of the total magnetic intensity after removal of the Earth's normal field. The contour interval is 50 γ . Lines A-A' and B-B' locate the magnetic profiles of Figures 4 and 6 respectively and the dashed line indicates the position of the seismic profile interpreted in Figure 3. A horizontal displacement of 84 nautical miles along the Murray fracture is indicated.

Prvé výsledky prieskumu magnetizmu hornín Pioneer pri západnom pobreží Severnej Ameriky po troch mesiacoch prevádzky. Výrazne lineárny vzor v juhozápadnom rohu oblasti mapy, bol veľkým prekvapením.

Mason, R. G., 1958: A Magnetic Survey off the West Coast of the United States between Latitudes 32° and 36°N, Longitudes 121° and 128°W. *Geophysical Journal International*, Volume 1, Issue 4, December 1958, Pages 320–329³⁶

Map polarity magnetického poľa



Súhrnná mapa magnetického modelu v oblasti severne od mendocinského zlomu pri severozápadnom pobreží Severnej Ameriky. Oblasti s pozitívnou magnetickou anomáliou sú znázornené čiernou farbou.

Raff A.D. & Mason, R. G., 1961: Magnetic survey off the west coast of North America, 40°N. latitude to 52°N. Latitude. *Geological Society of America, Bulletin* 72, 1267–1270.

Map polarity magnetického póla

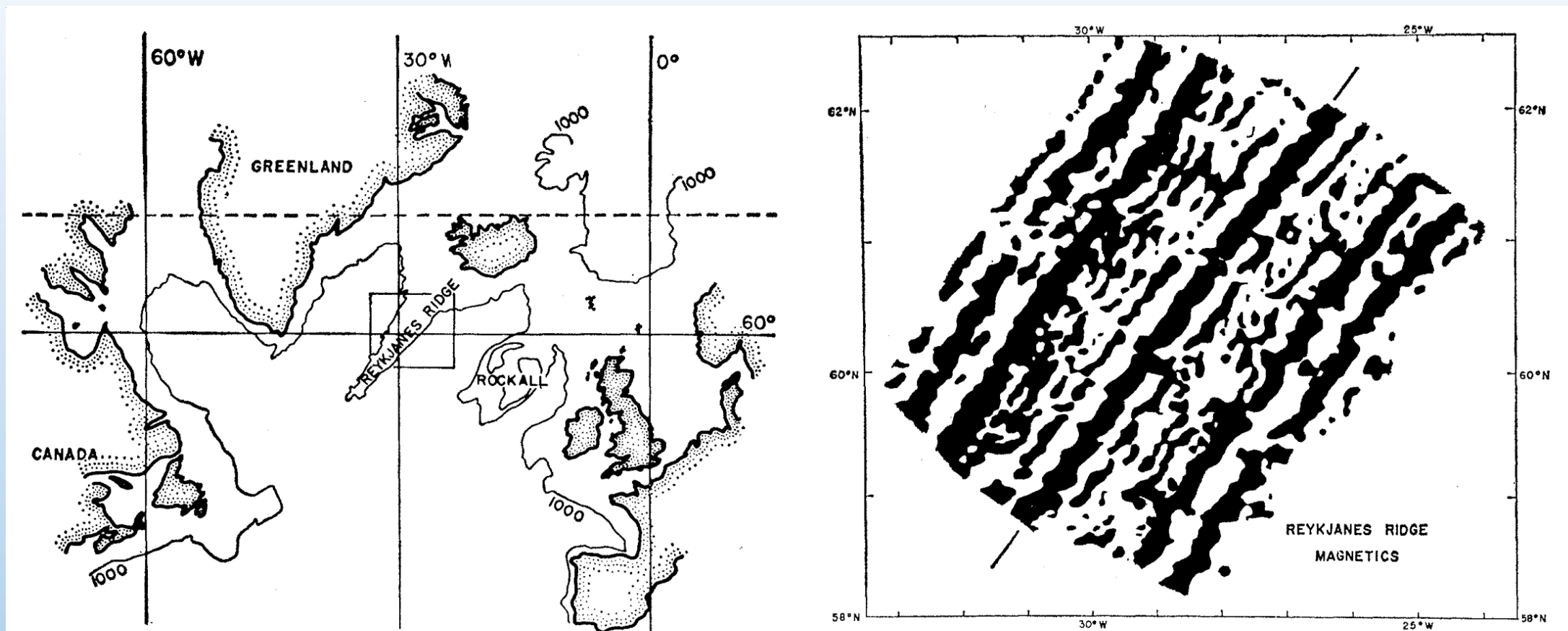
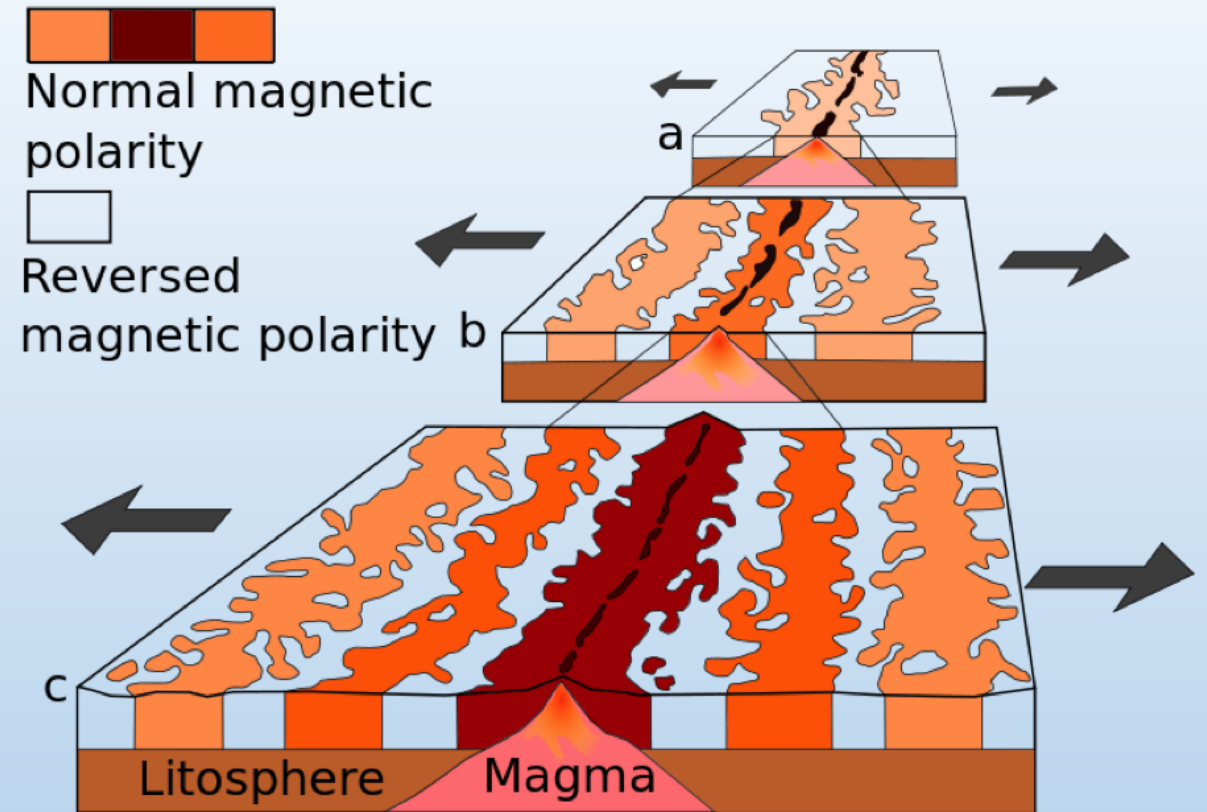
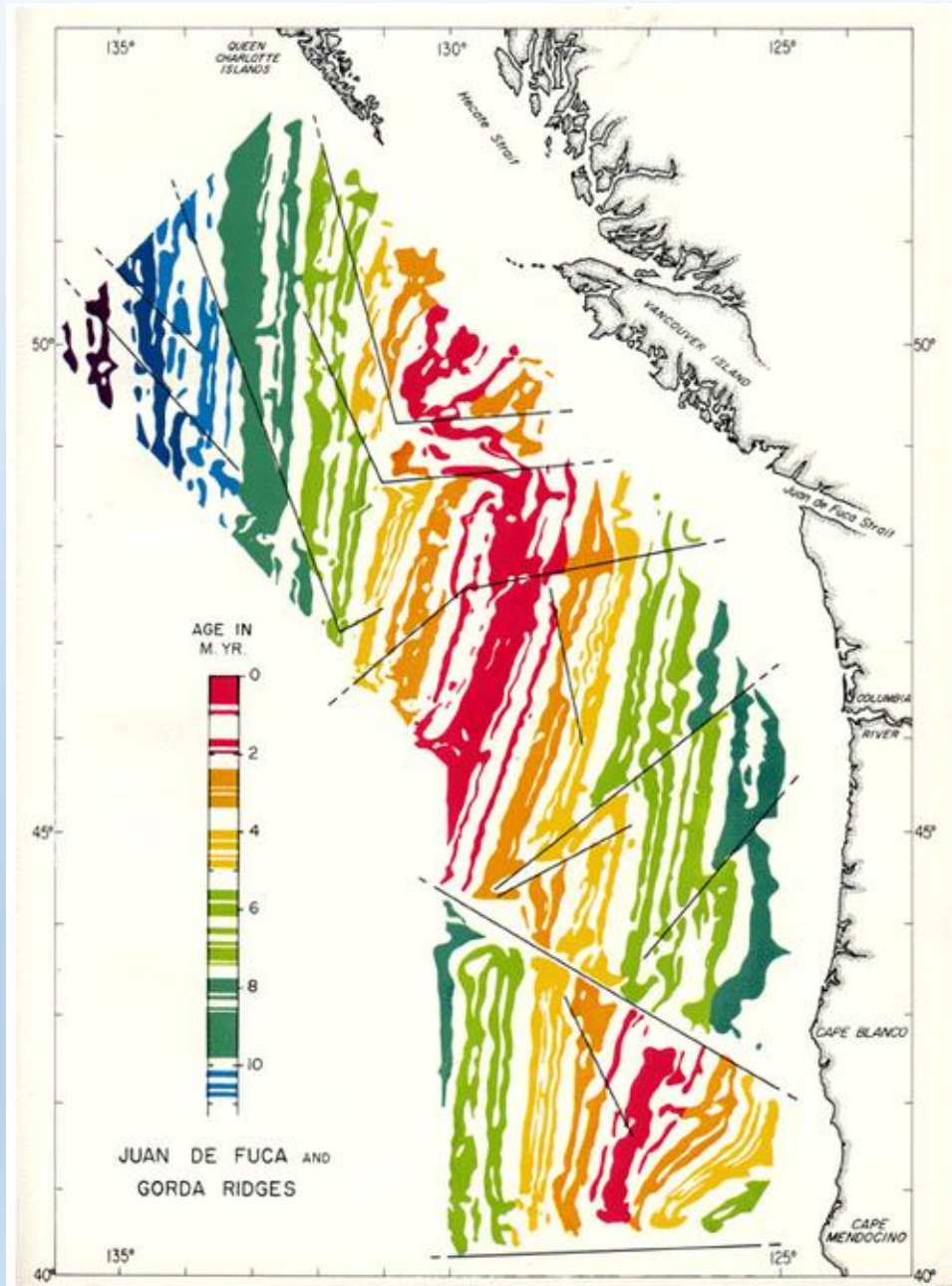


Fig. 2 (left). The location of Reykjanes Ridge, southwest of Iceland, and the area of Fig. 3. The 1000-fathom submarine contour is shown, together with the 500-fathom contours for Rockall Bank. Fig. 3 (right). Summary diagram of the magnetic anomalies observed over Reykjanes Ridge (see Fig. 2). Straight lines indicate the axis of the ridge and the central positive anomaly (17).

Vine F.J., 1966: Spreading of the ocean floor: new evidence. *Science*, 154 (3755), 1405–1415.

Mapa polarity magnetického póla



Raff A.D. & Mason, R. G., 1961: Magnetic survey off the west coast of North America, 40°N. latitude to 52°N. Latitude. *Geological Society of America, Bulletin* 72, 1267–1270.

Vine F.J., 1966: Spreading of the ocean floor: new evidence. *Science*, 154 (3755), 1405–1415.

Glomar Challenger (1968 – 1981)

Glomar Challenger bolo hlbekomorské výskumné a vedecké vrtné plavidlo na oceánografické a morske geologické štúdie. Vrtnú loď navrhla spoločnosť Global Marine Inc. špeciálne pre dlhodobý kontrakt s americkou Národnou vedeckou nadáciou a Scripps Institution of Oceanography California University. Glomar Challenger dostal svoje meno ako poctu úspechom oceánografickej prieskumnej lode HMS Challenger. Glomar je skratkou názvu Global Marine. **Deep Sea Drilling Project**



Mapy oceánskeho dna

Spolupracovala s Bruceom Heezenom a na začiatku svojej práce spolu používali fotografické údaje na lokalizáciu zostrelených vojenských lietadiel z druhej svetovej vojny. Nakoniec pracovala výlučne pre Heezena, ktorý kreslil dno oceánov. Kvôli studenej vojne americká vláda zakázala publikovať mapy morského dna z obavy, že by ich mohli použiť sovietske ponorky.

Objavila riftové údolia v centre stredooceánskych chrbtov. pracovala v **Lamont–Doherty Earth Observatory (LDEO)**.



Marie Tharp (1920 - 2006)

Mapy oceánskeho dna

Ked' Heezenovi ukázala, že jej zakreslenie severného Atlantiku odhalilo zlomové údolie, Heezen to spočiatku odmietol. Nakoniec zistili, že existuje nielen severoatlantické riftové údolie, ale aj pohorie s centrálnym údolím, ktoré sa tiahne celou zemou. Uvedomili si tiež, že oceánske zemetrasenia, ktoré samostatne zakresľovali, spadajú do riftu, čo bola v tom čase revolučná teória.

Spracoval veľké množstvo údajom z dna oceánov spolu s M. Tharp. Od nich pochádza termín „**stredooceánsky chrbát**“.



Bruce Heezen (1924 - 1977)

JOIDES Resolution (1978 -)

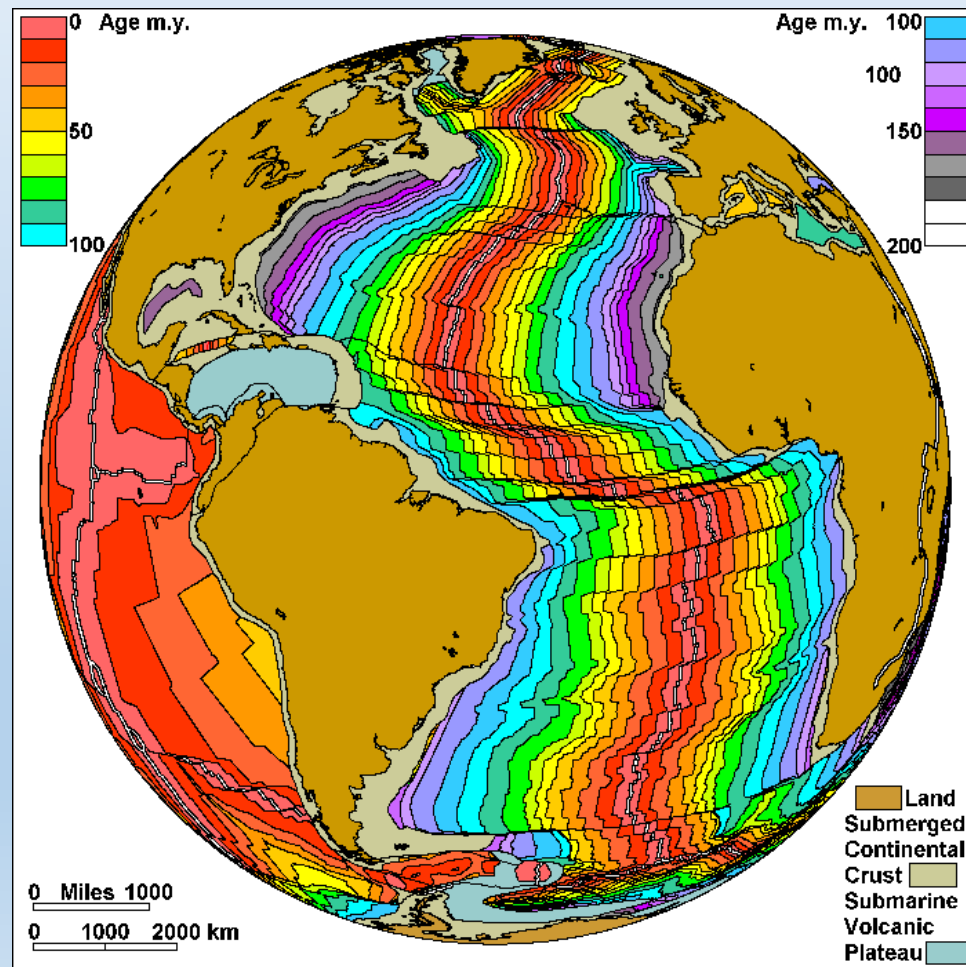
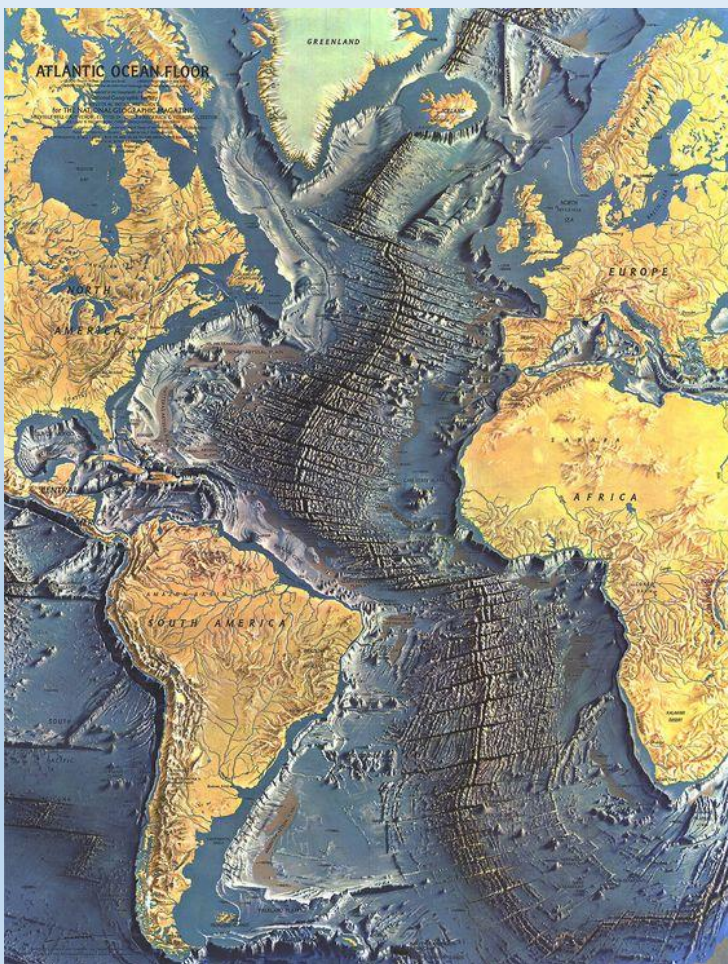
Súčasťou JOIDES Resolution sú aj podmorské plavidlá Alvin, Cyane a Archimedes.

JOIDES - Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling

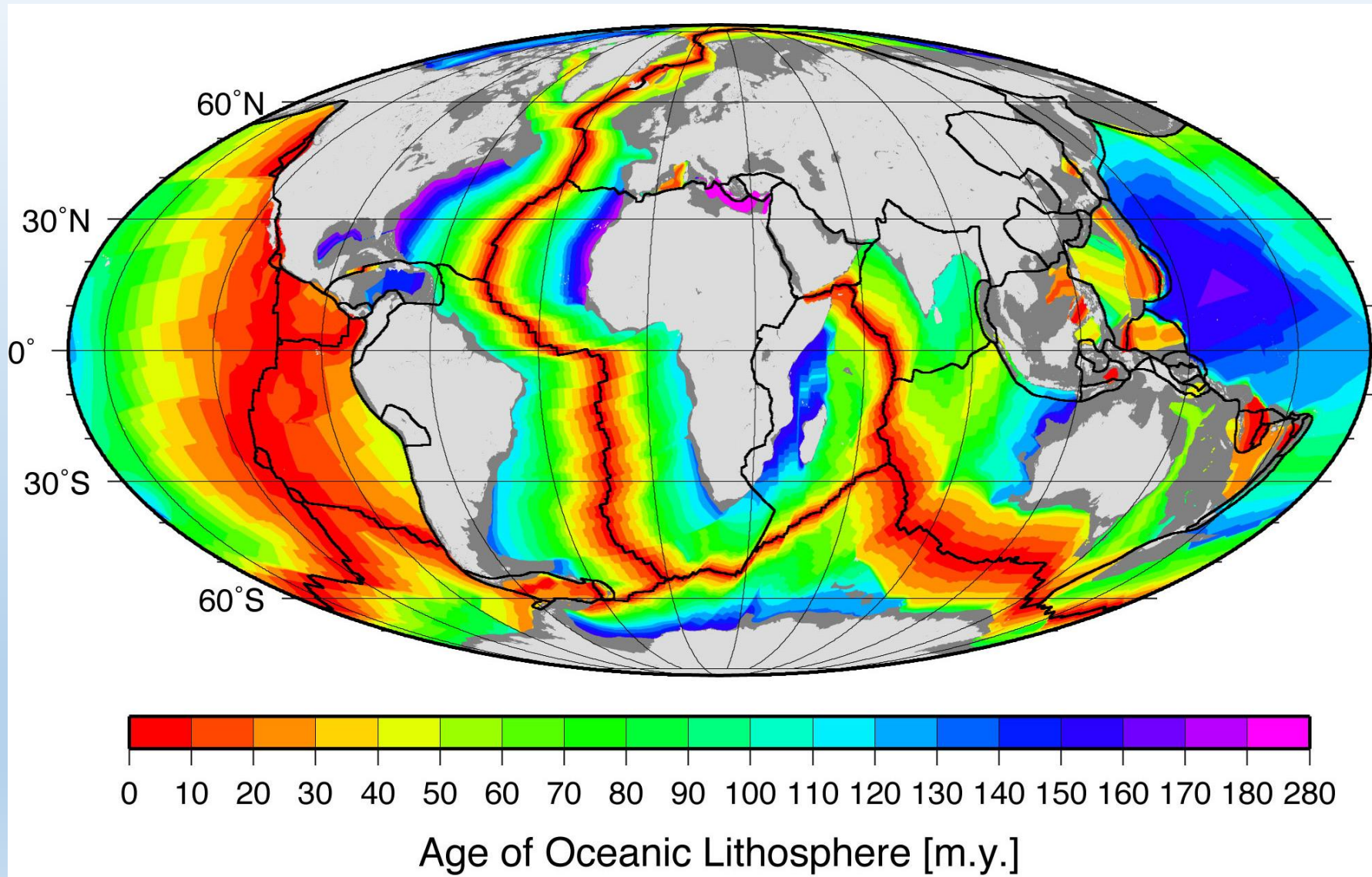
Lod' JR bola predtým hlavnou výskumnou loďou používanou počas programu Ocean Drilling Program (ODP) a používala sa spolu s japonskou vrtnou loďou Chikyu a ďalšími vrtnými plošinami pre jednotlivé misie počas Integrovaného programu vŕtania v oceáne. Je nástupcom lode **Glomar Challenger**.



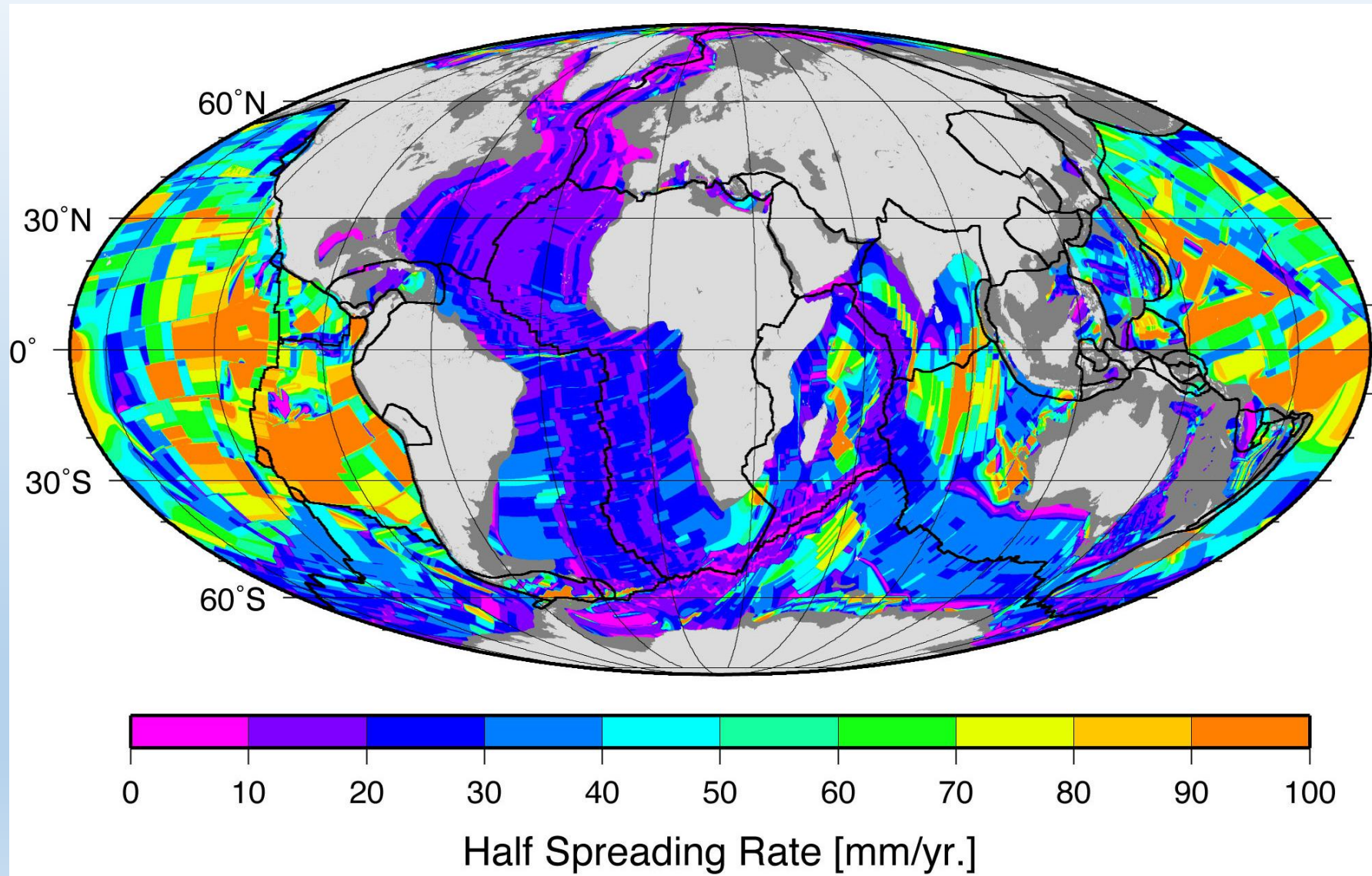
Paleomagnetické dôkazy a datovanie hornín oceánskeho dna indikujú tvorbu novej kôry na stredooceánskych chrbtoch a horských systémoch (mid-oceanic rise and ridge system - MORRS), ktorá sa posúva do strán od centrálnej oblasti. Rádiometrické datovanie týchto hornín poukazuje na to, že horniny sú postupne staršie smerom od centra stredooceánskeho chrbta. Aktívny vulkanizmus v súčasnosti prebieha pozdĺž hrebeňa tohto horského systému na viacerých miestach.



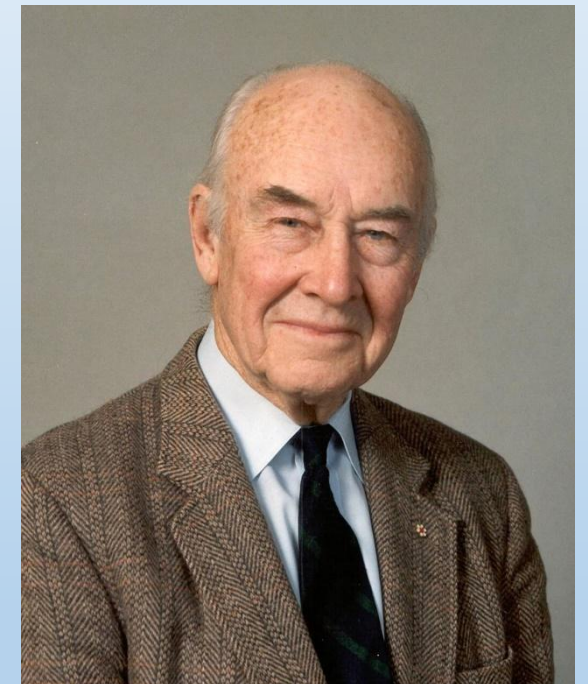
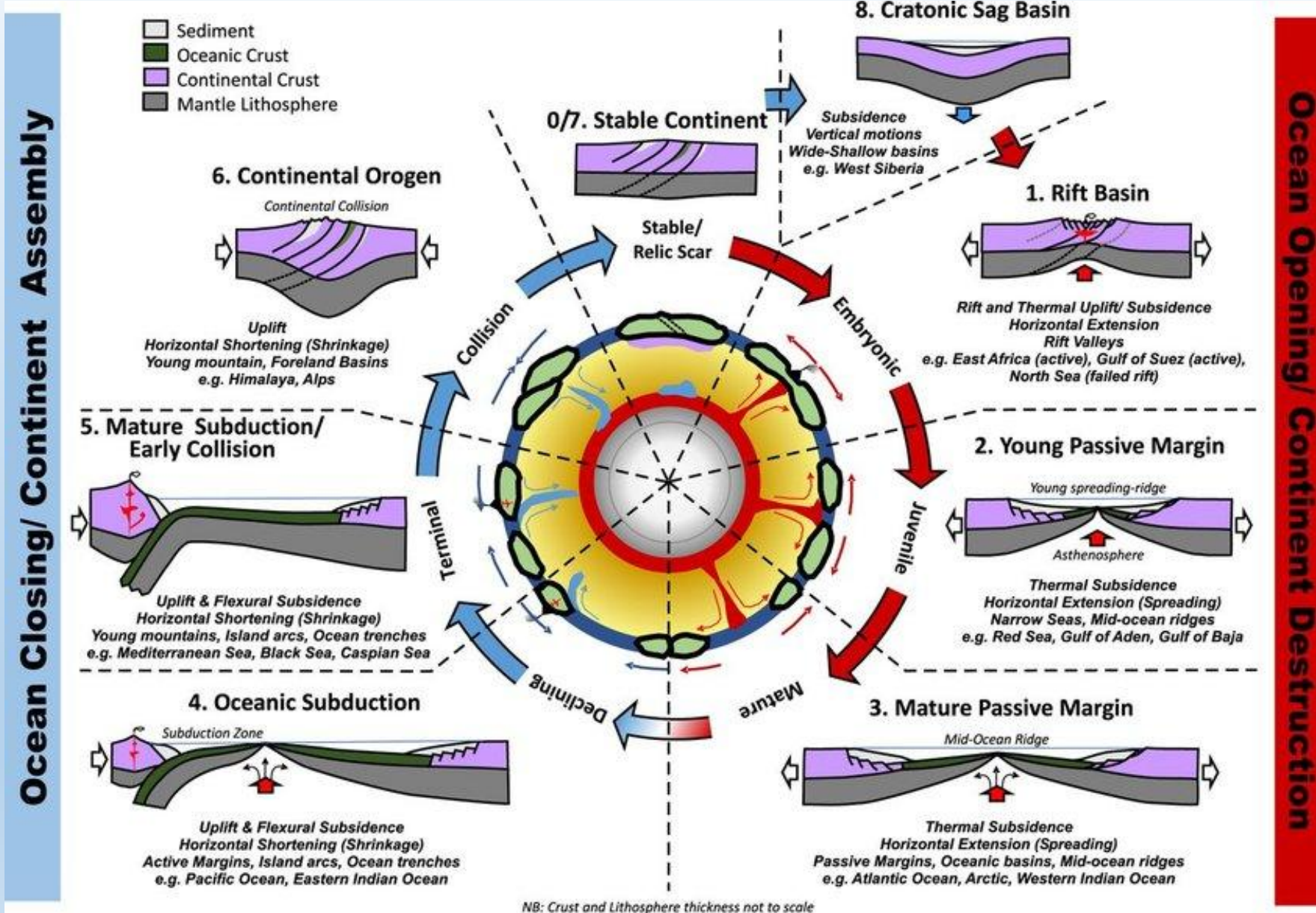
Vek oceánskej kôry



Rýchlosť rozširovania oceánskej kôry

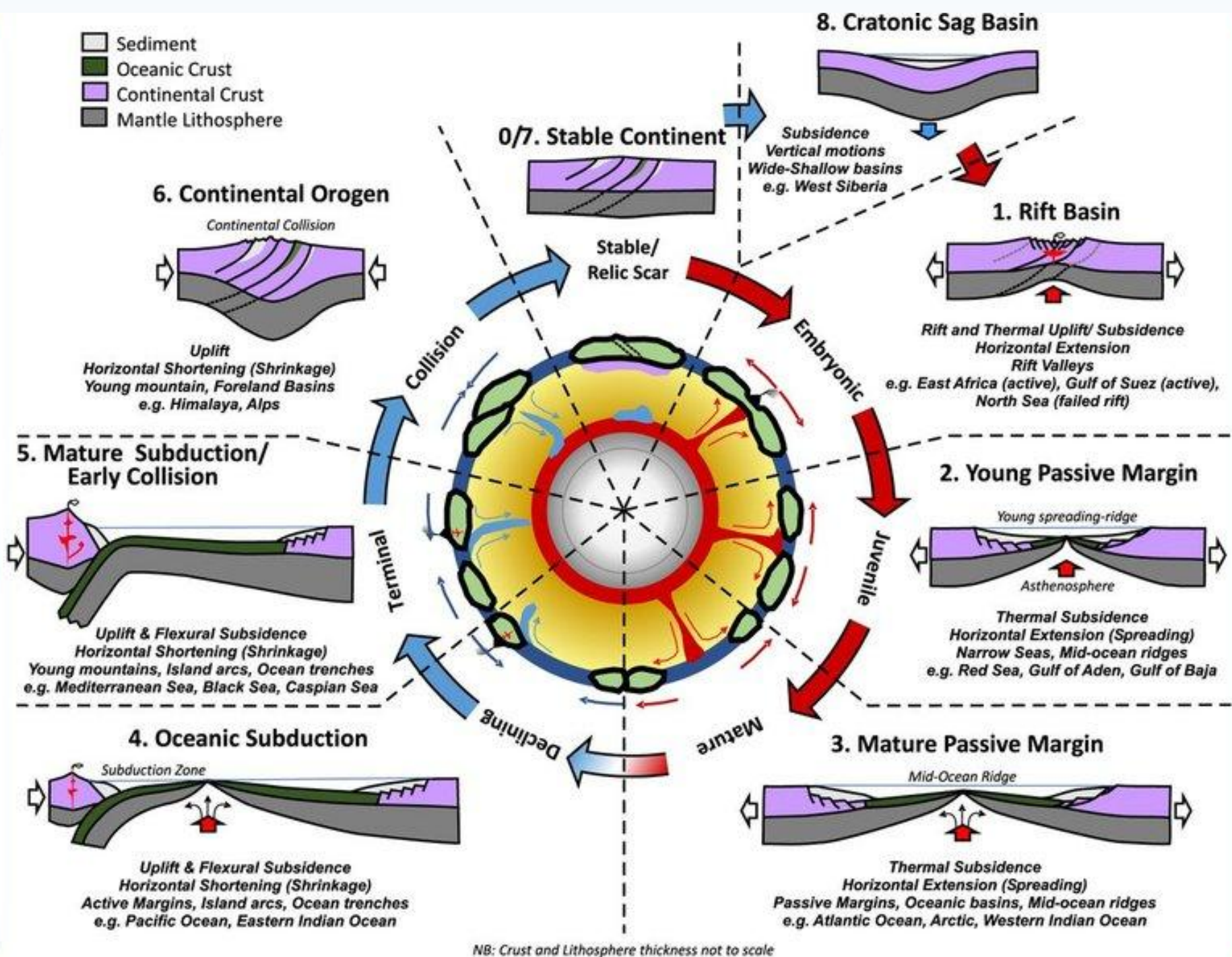


Wilsonov cyklus



John Tuzo Wilson (1908 - 1993)

Ocean Closing/Continent Assembly



Ocean Opening/Continent Destruction

Ďakujem za pozornosť

