



# زمین

## بی‌قرار

(قسمت دوم)

نویسندگان: KENNETH R. LANG,

CHARLES A. WHITNEY

برگردان: زلیخا باقری

کوارتز و فلذسیات و مقدار فراوانی از سلیسیوم و آلومینیم است. گرانیت قاره‌ای و بازالت اقبانوسی در شرایط آتشفشانی و تحت تاثیر حرارت بالا و آتشین شکل گرفته‌اند. (جدول ۱-۵)

جدول ۱-۵: فراوانترین فلزها در زمین

میزان فراوانی (جرم به درصد)	علامت اختصاری	فلز
۳۴/۶	Fe	آهن
۲۹/۵	O	اکسیژن
۱۵/۲	Si	سیلیکات
۱۲/۷	Mg	منیزیم
۲/۴	Ni	نیکل

حرارت در این مواد مذاب به وسیله رادیواکتیو موجود در پوسته بالایی تولید می‌شود. درجه حرارت موجود در این صخره‌ها با میزان عمق در لایه‌های پایین پوسته افزایش می‌یابد و به حدود ۱۷۶ درجه فارنهایت در ۱/۵ کیلومتری می‌رسد و این مستلزم جریان هوا در عمق متوسط می‌باشد.

### ۵-۲- سفر به مرکز زمین

لایه‌های موجود در بخش داخلی زمین همانند بخش‌های داخلی یک هلو است. لایه‌های عمیق‌تر آن دارای چگالی بیشتری بوده و اغلب به وسیله بخش‌های نوک تیزی از یکدیگر جدا شده‌اند. در آنجا سه نوع تقسیم‌بندی بزرگ دیده می‌شود. (۱ پوسته ۲ پوشش ۳ هسته‌ای متراکم که احتمال می‌رود از آهن و یا نیکل باشد. (نگاره ۳-۵). همانطور که قبلاً گفتیم در سطح زمین پوسته، مغز و حفره‌هایی وجود دارد.

### الف) پوسته و پوشش

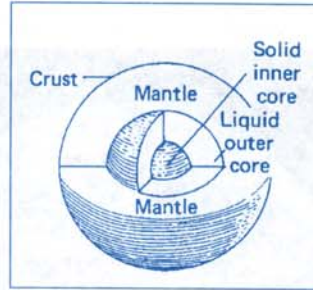
پوسته خارجی زمین یک پوسته صخره‌ای و نازک بوده که عمق آن بین ۱۰ تا ۶۵ کیلومتر متغیر می‌باشد. پوشش زیرین مسافتی در حدود ۲۹۰۰ کیلومتر به سمت پایین را دربرمی‌گیرد. بیشتر این صخره‌ها موجود در این پوشش و پوسته شامل مواد معدنی همانند سیلیسیوم و اکسیژن است که با دیگر آنها پیوند برقرار می‌کنند. (سیلیکات‌ها)

این پوشش‌ها به طور متوسط شامل مواد معدنی غنی همانند منیزیم و آهن است که به صورت صخره‌های جامد، به جزء مناطق مایع زیر پوسته، می‌باشد. هسته از جانب دیگر، شامل مواد معدنی با چگالی پایین همانند

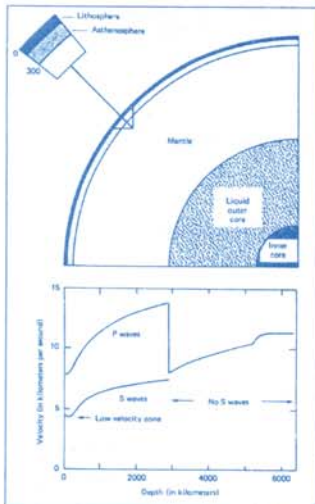


ناهمگون با عدسی چشم انسان دارد؛ لایه‌های متحدالمرکز نور را از شبکه چشم در عقب کره چشم در بیشتر مسیر متمرکز می‌کند در حالی که امواج زلزله به وسیله بخشهای داخلی زمین متمرکز می‌شوند. به وسیله یک الگوی دقیق از تعدادی زمین‌لرزه (از طریق تجزیه اشعه ایکس)، این امکان وجود دارد که بتوانیم به یک شکل اجمالی از لایه‌های درونی سیاره‌مان دست یابیم (به نگاره ۴-۵ رجوع شود).

پوسته زمین در زیر سطح اقیانوسها به نازکترین حالت خود می‌رسد. اما در قاره‌ها ضخامت پوسته کلفت‌تر شده و چون مواد پوسته‌ای دارای چگالی کمتری می‌باشند بنابراین به صورت شناور در پوسته درمی‌آیند. کوههای مرتفع دارای ریشه‌های پوسته‌ای عمیقی هستند که رانشی بوده و آنها را به صورت شناور قرار می‌دهند.



نگاره ۳-۵: پوسته، پوشش و هسته؛ پوسته صخره‌ای و به نسبت نازک، یک پوشش سیلیکات نازک را در بر گرفته است. آنها در بالای هسته مایع بیرونی قرار گرفته‌اند و شامل آهن ناخالص بوده و هسته سخت داخلی آن نیز شامل آهن خالص می‌باشد. این لایه‌ها نتیجه حرکات مرتعشی هستند که از طریق زمین عبور کرده و بر لایه‌های مرزی تاثیر می‌گذارند.



نگاره ۴-۵: ساختار لایه‌های زمین. ساختار درونی زمین به وسیله سرعت‌های متفاوتی که امواج زمین‌لرزه به دست آمده است، طرح‌ریزی شده است. یک منطقه با سرعت پایین نشان دهنده وجود سست‌کره‌های گرم و انعطاف‌پذیر است که در عمقی بین ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلومتری واقع شده است. سنگ‌کره سرد و سست در بالای سست

سخت در بالای سست کره قرار دارد. این لایه پایینی بین پوشش و پوسته به وسیله تفاوت شیب از امواج P در عمقی حدود ۲۹۰۰ کیلومتری نشان داده شده است. امواج S در بخش‌های تحتانی انتشار نمی‌یابد. هسته مایع بیرونی از هسته جامد درونی در شعاع ۱۲۱۶ کیلومتری، جایی که امواج P که دارای تفاوت چشمگیری است، متمایز شده است.

### ب) سنگ کره و سست‌کره (لیتوسفر و استنوسفر)

لیتوسفر و یا سنگ کره شامل مناطق سخت و جامد بیرونی است که در زیر اقیانوسها و کوهها قرار داشته و دارای عمقی بالغ بر ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. در زیر لیتوسفر، استنوسفر و یا سست‌کره واقع است که عمق آن به ۳۰۰ کیلومتر می‌رسد.

فرق بین پوسته و پوشش در ترکیبات شیمیایی است، در صورتی که فرق بین سنگ کره و سست‌کره میزان سختی است. ریشه کلمه لیتوسفر

اگر این میزان افزایش در تمام اعماق باشد، صخره‌ها در عمق ۵۰ کیلومتری ذوب خواهد شد. اما صخره‌ها تا عمق ۲۹۰۰ کیلومتری به طور آشکار به صورت سخت و جامد می‌باشند. بنابراین این افزایش درجه حرارت می‌بایست فروکش کرده و این مبتنی بر این است که حرارت ایجاد شده این فلزهای رادیواکتیو به لایه‌های بیرونی در زمین محدود شود. تنها لایه‌های بیرونی در زمین می‌تواند به طور مستقیم اندازه‌گیری شود. اما ساختار لایه‌های عمیق‌تر را نیز می‌توان به وسیله حرکت‌های زلزله طرح‌ریزی کرد.

کلمه یونانی زلزله، از seismos گرفته شده است. امروزه حرکت‌های زمین‌لرزه را اغلب حرکت‌های seismos می‌نامند و علم زلزله‌شناسی را ساینمولوژی می‌گویند.

بیشتر زمین‌لرزه‌ها در سطوح زیرین زمین ایجاد می‌شود و این زمانی است که بخش‌های بزرگی از صخره‌ها بر روی هم لغزیده و در برابر یکدیگر خرد می‌شوند. این زمین‌ها شبیه به امواجی هستند که در سطح ناآرام یک تالاب گسترش می‌یابند. این امواج در تمام جهات حرکت کرده و ورودشان را می‌توان در مناطقی مختلفی از سطح زمین به وسیله دستگاه‌های زلزله‌سنج کشف کرد. زمین‌شناسان با مقایسه زمانهای دریافت شده از چندین رصدخانه زلزله‌نگاری، توانسته‌اند بنیاد و ریشه این حرکتها را مورد بررسی قرار داده و حرکت‌های آن را در زمین ثبت نمایند. بخش بزرگی از این امواج در قسمتهای عمیق داخلی نفوذ کرده و سپس به طرف بالا در جانب دیگر حرکت می‌کنند.

تفاوت در میزان سختی لایه‌های صخره‌ای، سبب گسترش امواج را با سرعتهای متفاوت می‌شود. در نتیجه بخشهایی از امواج زلزله که به صورت خمیده هستند و به وسیله گذرگاه‌هایی از طریق بخش داخلی متمرکز می‌شوند و از میان یک عدسی بزرگی عبور داده شده‌اند. (البته یک شباهت

دربر گرفته است، همان توده‌ای است که یک هشتم از تمام زمین را شامل می‌شود. اگر چگالی زمین در همه جا یکسان باشد، پوسته نیز دارای سهم یکسانی، حدود یک هشتم جرم زمین خواهد بود. اما جرم واقعی آن نزدیک به سه برابر بزرگتر می‌باشد. بنابراین جرم هسته بسیار بالا است و این نقاط بیشترین شباهت را به آهن دارد. تجزیه امواج زلزله‌نگاری نشان می‌دهد که هسته از کره صاف دور بوده و شامل آب‌سختور و برجستگی‌هایی بر روی سطح آن می‌باشد که از نظر اندازه عمیق‌تر از تنگه گرانند و مرتفع‌تر از قله اورست است. این اطلاعات ممکن است با پیشرفت حرکت‌های انتقالی در زمین ارتباط داشته باشد.

اگرچه تعیین درجه حرارت در عمق هسته بسیار مشکل است اما میزان آن گاهی اوقات تا حدود ۶۹۰۰ درجه کلوین نیز ظاهر می‌شود. این میزان درجه حرارت گرم‌تر از درجه حرارت سطح خورشید می‌باشد. این میزان گرما در وهله اول به این مطلب اشاره دارد که مرکز زمین می‌بایست مایع باشد، اما وقوع زلزله که در یک منطقه سخت در بخش عمیق داخلی صورت می‌پذیرد، عکس آن را ثابت می‌کند. یک گلوله برای رها شدن به فشار نیاز دارد. دانشمندان فشار موجود در مرکز زمین (۳/۶ میلیون برابر فشار در سطح دریا است) در آزمایشگاه به طور مصنوعی ایجاد کرده‌اند و نتیجه آن نیز، پایان جالب توجهی داشته است. در این فشار، آهن را می‌توان یک ماده جامدی که به نسبت دارای سختی کمتری است، حتی در درجه حرارتی بالاتر از هزار درجه، برشمرد.

از حدود ۴/۶ بیلیون سال پیش، یعنی روزهای اولیه خلقت زمین، حرارت به طور آشکار در بخش عمیق داخلی قرار داشته است. زمانی که حرارت به طور تدریجی از هسته سرد به مناطقی که دارای فشار کمتری است به جریان درآمد، یک لایه مایع شکنی را حفظ می‌کند که همانند یک ظرفی پر از غلات که بر روی اجاق قرار دارد، به آرامی از داخل به بیرون پرتاب می‌شود. گردش در این صخره‌های مذاب با سرعت بسیار کمی (برابر بارش یک ناخن) حرکت می‌کند. این سرعت در حدود چند سانتیمتر در هر سال می‌باشد و به وسیله آن لایه‌های بی‌الایی قاره‌ها را نیز با خود حمل می‌نماید. فعالیت در جریانات موجود در استنوسفر و پایین لیتوسفر نیرویی را به وجود می‌آورد که سبب حرکت اجسام شناور موجود در آن می‌شود.

ساختار لایه‌بندی این منطقه از بخش‌های داخلی زمین هنوز هم یک راز در پهنه جغرافیایی است، اما دو پیشنهاد در این زمینه وجود دارد. براساس تئوری افزایش حرارت، زمین از یک سحابی گرم و گداخته و در زمانهای بسیار دور شکل گرفته است. این تئوری به این مطلب اشاره دارد که ابتدا هسته (که از آهن است) شکل گرفته و سپس مواد سیلیسی به بخش‌های بیرونی این سحابی سرد شده، اضافه گردیده است. اگر این تئوری درست باشد، می‌توان گفت که تشکیلات این لایه‌ها به نوعی کودکی زمین را نشان می‌دهد.

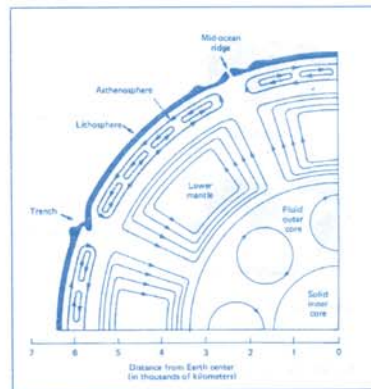
فشار بیشتر به وسیله تئوری افزایش سرما شرح داده شده است. این فشار هم‌راه با تشکیلات سخت و صخره‌ای زمین و ازدیاد آن آغاز گردید.

(سنگ‌کره) از کلمه یونانی lithos به معنای سنگ گرفته شده است. کلمه استنوسفر (سست‌کره) نیز از کلمه یونانی sthenos، به معنای استحکام گرفته شده است. مواد سست‌کره که گرم و انعطاف‌پذیر است، به آرامی به وسیله امواج زلزله‌نگاری گسترش می‌یابد.

فلزهای رادیواکتیو که عهده‌دار حرارت در استنوسفر هستند اغلب در مناطقی در طول شکل‌گیری هسته زمین تمرکز کرده‌اند. آنها همچنین بر روی صخره‌های مذاب تمرکز کمتری دارند، اما آنها به ندرت و آرامی رفتار می‌نمایند.

این صخره‌ها زمانی که در مدت زمان طولانی تحت فشار قرار می‌گیرند، در استنوسفر به آرامی طغیان کرده و جریان می‌یابند، اما زمانی که به وسیله زمین‌لرزه به آنها ضربه وارد می‌شود، همانند یک جسم سخت از خود واکنش نشان می‌دهند. (رفتار آنها را می‌توان به رفتار یک انسان ساده‌لوح تشبیه کرد).

قاره‌ها در بخش لیتوسفر قرار داده شده‌اند و در استنوسفر شناور می‌باشند و این سبب می‌گردد که آنها تحرک داشته باشند و به آنها اجازه می‌دهد که در بالا کره جمع شوند. این حرکتها به وسیله نشست‌های عمیق و به صورت رایج و بسیار آرام در صخره‌های قالب‌پذیر در هسته بیرونی و استنوسفر به پیش می‌رود. (به نگاره ۵-۵ مراجعه شود)



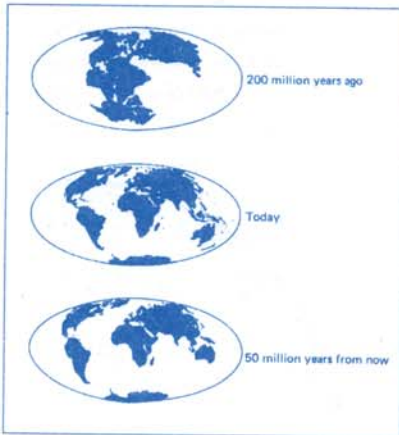
نگاره ۵-۵. سلولهای انتقال گرما. سلولهای انتقال گرما در استنوسفر که در همه جا نیز امتداد می‌یابند، ممکن است در استوانه‌های طولانی که در صفحات برجسته لیتوسفر که شبیه یک کرم‌بند حامل پیش می‌رود، ردیف شده باشند. یک چرخش با مقیاس بزرگتر سبب انتقال گرما از برآمدگی اقیانوس میانی آنتیشسانی به استحکامات اقیانوس عمیق می‌شود. انتقال حرارت در هسته مایع بیرونی احتمالاً سبب تولید و نگهداری میدان مغناطیسی زمین می‌گردد.

### ج) هسته

هسته زمین که حدود نیمی از مساحت خود به سوی سطح زمین را

در حال حاضر نشان داده شده است که قاره‌ها بخشی از یک سرزمین واحد بوده‌اند که به صورت جدا و قطعه قطعه به دور هم جمع شده‌اند. این قاره فرضی پانگا نامیده می‌شود (به معنی تمام سرزمین‌ها بوده و تلفظ آن به صورت pan-gee-ah بوده است) که در حدود ۲۵۰ میلیون سال پیش به بخشهایی تقسیم شده است. (نگاره ۷-۵)

تئوری حرکت قاره‌ای و یا توده قاره‌ای، در آغاز قرن بیستم توسط آلفرد وگنر مورد بحث و بررسی قرار گرفت. این تئوری در آغاز توسط بسیاری از جغرافیادانانی که تفکر درباره تطابق اقیانوسها از راس برایشان جالب‌تر از تطابق بخش‌های روبروی هم در یک رودخانه نبود، رد شد. جغرافیادانان نمی‌توانستند درک کنند که چطور قاره‌ها می‌توانند مسیرشان به طرف هسته را بشکافند، بخصوص سطح اقیانوس که به نظر سخت و محکم می‌آید. بدون یک مکانیزم باورنکردنی عقیده توده قاره‌ای بی‌اعتبار بوده و بعضی اوقات هم مورد استهزا قرار می‌گرفت.

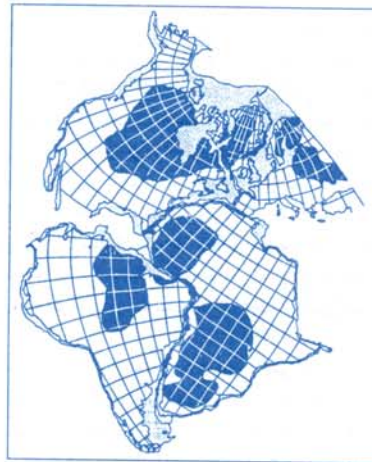


نگاره ۷-۵: توده قاره‌ای: دویست میلیون سال قبل همه قاره‌ها از یک قاره اصلی به پانگا منشاء گرفته‌اند. و جهان نیز تنها یک اقیانوس داشته است. این قاره‌ها سپس از پانگا جدا شده و به صورت توده‌ای درآمدند. این دیباگرام تغییرات جغرافیایی زمین را از گذشته تا ۵۰ میلیون سال آینده نشان می‌دهد.

سپس این کره به وسیله رادیواکتیوی که به طور متناوب شکل از طریق بخش‌های داخلی تقسیم شده‌اند، گرم شد. وقتی این سیاره ذوب شد، میدان مغناطیسی آن سبب ته‌نشین شدن فلزهای سخت در بخش مرکزی گردید و یک هسته چگالی را شکل داد. از طرفی فلزهای روشن‌تر به طرف سطح سیاره رفته و یک سری از لایه‌های شیمیایی را ایجاد کردند. بعد از این اختلاف فشار، زمین از داخل شروع به سرد شدن نمود. البته ابتدا پوسته و سپس پوشش شکل گرفت.

### تغییر شکل زمین الف) توده قاره‌ای

زمین یک چهره کمیاب و نامتعارف دارد. اقیانوسها را می‌توان در نیمکره جنوبی یافت در حالی که قاره‌ها در نیمکره شمالی قرار دارند. خط بیرونی در قاره‌ها تعداد قابل توجهی از تشابهات را نشان می‌دهند، به خصوص در طول ساحل اقیانوس اطلس. برای مثال کناره‌های شرقی آمریکای جنوبی به طرف آفریقا دارای تطابق است. در هر صورت تعدادی از سواحل شرق و غرب اقیانوس اطلس به خوبی با سواحل رودخانه‌ها تطبیق داده می‌شوند. (نگاره ۶-۵). البته این تطابق نه تنها در شکل ظاهری آنها وجود دارد، بلکه یک تطابق قابل توجهی نیز در تشکیلات جغرافیایی و فسیلهای موجود در آنجا در مقایسه با جانب دیگر اقیانوس، دیده می‌شود.



نگاره ۶-۵: تطابق قاره‌ای. تطابق قاره‌ای با یکدیگر همانند تکه‌هایی از یک پازل است. در این جا تطابق در طول شیب قاره‌ای در عمق ۹۱/۰ کیلومتر (۵۰۰ فوت) در زیر سطح دریا (مناطق خاکستری) می‌باشد. مناطق سفید بین قاره‌ای شامل درزها و لبه‌ها می‌شود، در حالی که مناطق سیاه کوچکتر بین قاره‌ای، مناطقی هستند که بر روی هم قرار دارند. مناطق مشکی بزرگتر در هر قاره شامل نواحی است که بین ۱/۷ تا ۳/۸ بیلیون سال قبل تشکیل شده‌اند.