

# پوسته‌ی قاره‌ای رشد آن

سهلا بودری

## مقدمه

منشأ پوسته‌ی زمین چیست؟ رشد آن چگونه بوده است؟ در این مورد سؤال‌های بسیاری از قرن نوزدهم مطرح بوده که تاکنون جواب قاطعی برای آن‌ها یافت نشده است. البته، برای حل این معما، بشر تاکنون از هیچ تلاشی فروگذار نکرده است. علاوه بر پرداختن به کلیشه‌ی شواهد زمینی، اعم از سنگ‌های رخنمون یافته‌ی قدیمی، شهاب‌سنگ‌ها و ... به دیگر سیارات نیز سفر کرده است تا شاید نشانه‌هایی از نحوه‌ی تشکیل و تکوین این کره‌ی خالی بیابد. برای دستیابی به این حقیقت، حتی به تعقیب ستاره‌های دنباله‌دار نیز پرداخته است. اما واقعاً نحوه‌ی تشکیل پوسته و به ویژه پوسته‌ی قاره‌ای چگونه بوده است؟ آیا پوسته‌ی قاره‌ای رشد می‌کند یا از بدو تشکیل تاکنون اندازه‌ی آن ثابت باقی مانده است؟

با این مقدمه بر آن شدیم تا با استناد به دستاوردهای علمی موجود، اطلاعاتی را ارائه کنیم.

## کره‌ی زمین و پوسته‌ی آن

در میان سیارات منظومه‌ی شمسی، زمین تنها سیاره‌ای است که پوسته‌ی قاره‌ای و اقیانوسی دارد. مواد تشکیل دهنده‌ی سیاره‌ی زمین براساس چگالی آن، به لایه‌هایی تفکیک شده است. مواد چگال‌تر در نزدیکی هسته و مواد کم چگال نزدیک سطح تمرکز یافته‌اند. بدین ترتیب، زمین از لایه‌هایی تشکیل شده است که براساس ترکیب شیمیایی به انواع پوسته، گوشته، هسته، و

براساس خواص فیزیکی، به انواع لیتوسفر، آستنوسفر و هسته تقسیم می‌شوند.

زمین‌شناسان ابتدا، زمین را توده‌ای مذاب تصور می‌کردند که خارجی‌ترین بخش آن، بر اثر سردشدن به پوسته تبدیل شده است و مواد مذاب، باقیمانده‌ی هسته را تشکیل داده‌اند. اگرچه این نظریه امروزه مقبولیت کمی دارد، اما می‌دانیم که پوسته ناحیه‌ای سخت و شکننده از زمین است و روی ناپیوستگی موهو قرار گرفته است، همچنین، پوسته از نظر زمین‌ساختی محل مناسبی برای تشکیل بسیاری از ساخته‌های شکننده و شکل‌پذیر، مانند گسل‌ها، چین‌ها و ... است.

براساس داده‌های حاصل از نیم‌رخ لرزه‌نگاری انکساری، ضخامت پوسته در مناطق قاره‌ای و اقیانوسی متغیر است و بنابراین، دو نوع پوسته‌ی اقیانوسی و قاره‌ای شناسایی شده‌اند.

به‌طور خلاصه برای تشکیل پوسته سه الگو ارائه شده است:

- ❖ الگوی به هم پیوستگی ناهمگن: پوسته‌ی اولیه از به هم پیوستن سنگ‌های آکالن با سنگ‌های چگال و متنوع منظومه‌ی شمسی پدید آمده است.

- ❖ الگوی تریق و فشردگی: پوسته در پی تریق توده‌های گرم و مذاب گرانیته و ذوب بخشی سنگ‌های اطراف ایجاد شده است، بدین ترتیب، پوسته‌ی قاره‌ای از ماگمای گرانیته‌ی و پوسته‌ی اقیانوسی از ماگمای مافیک ساخته شده است.

- ❖ الگوی انجماد و سردشدگی: بافت و شیمی سنگ‌های تشکیل دهنده‌ی ماه نمایانگر این واقعیت است که پوسته‌ی ماه

محصول فرایند ماگمایی است و این مشابه چیزی است که در پوسته ی زمین انتظار می رود، وجود داشته باشد. گرمای باقیمانده در زمین، نمایانگر ماگمای اولیه است که در پی سرد شدن، پوسته را ایجاد کرده است.

### بخش های تشکیل دهنده ی پوسته ی قاره ای

پوسته ی قاره ای عمدتاً از سه بخش تشکیل شده است:

۱. **بخش رسوبی** یا **حدود سه هزار متر ضخامت**؛  
۲. **بخش گرانیتی** یا **طبقه ی متبلور و بلورین با ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر ضخامت** که از بالا به سنگ های رسوبی بادگرگونی ضعیف و تکنونیزه محدود است؛

۳. **بخش بازالتی** با ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر ضخامت. این طبقه رخنمون سطحی ندارد و صرفاً براساس شباهت ویژگی های آن با بازالت، آن را بدین نام نامیده اند.

اطلاعات لرزه ای نمایانگر این واقعیت است که در پوسته ی قاره ای، انتقال تدریجی از مواد کم چگال در سطح تا ترکیب با چگالی بیش تر در پی وجود دارد. اگرچه هر قاره ویژگی منحصر به فردی دارد، اما همه ی آن ها به طور کلی از سه بخش اصلی سپر (شامل ناحیه ی بزرگی از مجموعه ی پی سنگی)، پلاتنوم یا سکوی قاره ای پایدار (شامل سنگ های آذرین و دگرگونی با پوششی از سنگ های رسوبی) و کمر بندهای چین خورده ی جوان کوهستانی (در طول حاشیه ی قاره ها) تشکیل شده اند. بدین ترتیب، آنچه از نظر زمین شناسی باعث تفاوت قاره ها با یکدیگر می شود، اندازه، شکل و خواص این سه بخش است.

روش قطعی و دقیقی که به کمک آن بتوان تعیین کرد، کدام قاره اولین بار از پوسته ی اولیه جدا شده و آغاز به رشد کرده است، وجود ندارد. اما بی شک جداسدگی نتیجه ی انتقال عظیم گرما از گوشته بوده است. فرایند هوازدگی، فرسایش و رسوب گذاری در تمرکز کانی های سبک، و تکامل پوسته ی قاره ای با ترکیب شیمیایی ویژه (میزان بالای کوارتز و فلدسپات) نقش مؤثری داشته است. شاید این مهم ترین و اولین اختلاف پوسته ی قاره ای با پوسته ی اقیانوسی باشد.

اواخر پرکامبرین، سیاره ی زمین تقریباً وضعیتی مشابه امروز را داشته است، اگرچه در آن زمان، سیاره ی زمین فاقد حیات بود،

اما رودخانه ها کانال هایی را روی سطح زمین حفر کرده بودند. احتمالاً سنگ های رخنمون یافته گویای وقایعی هستند که پوسته پشت سر گذاشته است. قدیمی ترین سنگ های پوسته ی زمین، از سپرهای گرینلند، آفریقای جنوبی و استرالیا با سنی حدود ۳/۸ میلیارد سال یافت شده اند این سنگ ها احتمالاً طی ریزش دهانه ها پدید آمده اند. بسیاری از سنگ های رسوبی دگرسان شده، نشانگر تشکیل آن ها طی فرایند فعال هوازدگی و فرسایش و ته نشینی در آب است. همچنین، شواهد موجود نشانگر این واقعیت است که در آن زمان، تمرکز بعضی گازهای باقیمانده ی آتشفشانی در اقیانوس ها بیشتر بوده است.

در زمان آرکئن، زمین خیلی گرم تر از امروز بوده است و احتمالاً، گوشته ی داغ با گرانی گرم، جریان سریع و فشار زیاد، به سطح انتقال یافته است و برای این منظور، تعداد بی شماری نقاط داغ به صورت اتفاقی و خطی در پشته های اقیانوسی و مجموعه ی کافی پراکنده بوده اند. با فعالیت آتشفشانی، گرمای اولیه ی زمین کاهش یافته و بدین ترتیب، پوسته ی قاره ای از به هم پیوستگی جزایر بزرگ آتشفشانی روی مناطق با جریان بالای حرارتی، تشکیل شده است. بالا بودن جریان حرارتی و انجام ذوب بخشی در گوشته، به تشکیل ماگمای بازالتی منجر شده است که با خروج و تجمع در کف اقیانوس های قدیمی، صفحه های کوچک را که عمر کوتاهی داشته اند، ایجاد کرده است. سپس با برگشت مجدد آن داخل گوشته، ضمن انجام ذوب بخشی، بخش زیرین پوسته، ماگمای سیلیسی کم چگال تولید شده است که از طریق جریان همرفتی به سطح انتقال یافته و داخل سنگ های بالایی تزریق شده است. بدین ترتیب، ذوب بخشی پوسته ی اولیه به سمت تشکیل ماگمای اسیدی با ترکیب سیلیسی (قاره ای) پیش رفته است، این قاره های نوس، درون قدیمی ترین سپرها به صورت کمر بندهای تغییر شکل یافته، نگهداری شده اند. به این ترتیب، پوسته ی تفریق یافته ی اولیه، بیش تر سیلیسی بوده و همچنان نیز باقی مانده است.

### الگوی ایجاد قاره ها کدام است؟

در چند سال گذشته این ایده قوت گرفته است که تکنونیک صفحه ای نقش روشنگری را از اواخر آرکئن بر عهده داشته است. بر همین اساس، بورک<sup>۱</sup> و همکارانش (۱۹۷۶)، تارنی<sup>۲</sup> و ویندلی<sup>۳</sup>

## سازوکار رشد پوسته‌ی قاره‌ای چگونه بوده است؟ (۱۹۷۷)

فقط در نرخ، اندازه‌ی صفحات و دیگر چشم اندازهای فرعی نسبت به امروز متفاوت بوده است. ویندلی و دوی (۱۹۸۱) نیز اظهار داشتند، در آرکئن بیش از ۸۵ درصد پوسته‌ی قاره‌ای تشکیل شده که این عمل با الحاق کمان‌های آتشفشانی انجام گرفته است. وقتی لیتوسفر اقیانوسی به زیر قاره‌های کوچک متشکل از سنگ‌های سیلیسی کم چگال فرو رفته است، هم‌گام با فرورانش، پوسته‌ی اقیانوسی آبدار متحمل ذوب بخشی شده و ماگمای غنی از سیلیس را تولید کرده که به صورت مواد آذرین خروجی آندزیتی و یا نفوذی‌های گرانیتی ظاهر شده است. این سنگ‌های کم‌چگال در هسته‌ی قاره‌ای تمرکز دارند و فرسایش آن‌ها، رسوباتی کم‌چگال (کم‌چگال‌تر از پوسته‌ی بازالتی اقیانوسی) را به وجود آورده است.

مواد آتشفشانی جدید، همراه با رسوباتی که از قبل در نوارهای کوهزایی موجود بوده‌اند، طی تصادم متوالی تغییر شکل یافته‌اند. در پی نفوذ توده‌های گرانیتی حاصل از ذوب بخشی پوسته‌ی زیرین، ریشه‌های کوهستانی دگرگون شده‌اند. بدین ترتیب، انجام عمل فرسایش و تعادل ایزوستازی به ظهور قطعات پایدار سپرها و سنگ‌های آذرین و دگرگونی ریشه‌ی کوه‌ها در سطح منجر شده است. ترکیب مواد حاصل از فرسایش کمربندهای کوهزایی با رسوبات ته‌نشین شده در حواشی قاره‌ها، قاره‌های کوچک را ایجاد کرده است. اضافه شدن مواد آذرین به رسوبات فوق در مناطق فرورانشی، رشد قاره‌ها را به دنبال داشته است. شاید حرکات قائم، دلیلی برای تغییر در میزان گسترش یافتگی، فرصتی برای برخاستگی، و علتی برای جابه‌جایی بخش‌هایی از صفحه و انتقال حرارت از گوشته باشد.

سازوکار رشد پوسته‌ی قاره‌ای چگونه بوده است؟ با حرکت ماگمای حاصل از ذوب بخشی به سطح زمین، پوسته‌ی اولیه ایجاد شده است. از آن جایی که پوسته‌ی قاره‌ای، چگالی کم‌تر از گوشته‌ی زیرین دارد، براساس خاصیت تعادل ایزوستازی برخاسته و در معرض هوازگی و فرسایش قرار گرفته است. مواد فرسایش یافته بعضاً به حواشی قاره‌ای افزوده شده‌اند و این خود دلیلی برای توسعه‌ی جانبی قاره‌هاست. با برگشت مواد به گوشته در چرخه‌ی بعدی، این فرایند دوباره تکرار شده است. برای رشد پوسته، سازوکارهای گوناگونی مطرح شده‌اند، اما اصلی‌ترین سازوکار شامل افزوده شدن ماگما، رانندگی، تجمع سنگ‌های پوسته‌ای، اجتماعی خرد قاره‌ها، تصادم کمان و منشورهای رسوبی و افزوده شدن آن‌ها به حاشیه‌ی قاره‌هاست. فرسایش سبب حرکت مواد از سطح قاره‌ها و تجمع آن‌ها در سکوی قاره‌ای، مناطق شیب قاره‌ای و حوضه‌های اقیانوسی نزدیکی حواشی قاره‌ای شده است. به این ترتیب، منشورهای رسوبی ضخیمی تشکیل شده که تدفین آن‌ها به سمت دگرگونی و یا ذوب بخشی پیش رفته است. نتیجه‌ی واقعی این شرایط رشد جانبی قاره‌هاست. ارزیابی این که چگونه سازوکار رشد قاره‌ها طی زمان زمین‌شناسی انجام شده مشکل است؛ زیرا حواشی قاره‌های قدیمی در گذر زمان به شدت تحت تأثیر تغییر شکل‌های بعدی قرار گرفته و ضمن جابه‌جایی، به سطح راه یافته و فرسایش یافته‌اند.

از دیگر الگوهای مؤثر در ایجاد قاره‌ها، کافت‌ها هستند که امکان ایجاد آن‌ها در هر مرحله وجود دارد. کافت‌ها داخل قطعات قاره‌ای پایدار تشکیل و تداوم عملکرد آن علتی برای جابه‌جایی بخش‌هایی از صفحه و انتقال حرارت از گوشته باشد. با فاصله گرفتن قاره‌ها از یکدیگر، امکان تشکیل کافت روی قطعات حاصله به وجود می‌آید که هر یک به عنوان مرکز جداکننده‌ی مستقل، توسعه‌ی بعدی قاره‌ها را سبب می‌شوند.

### پوسته‌ی فلات ایران

پوسته‌ی فلات ایران قاره‌ای است، اما متجانس نیست. بیرون‌زدگی اقیولیت در راستای برخی از خطواره‌های گسله‌ی بزرگ، نمایانگر حوضه و پوسته‌ی اقیانوسی است که امروزه این

خوردگی‌ها بسته و در محل جوش خوردگی پوسته، انبساط‌ها رخنمون یافته‌اند. همچنین، حادث شدن وقایع متنوع ساختاری در گستره‌ی فلات ایران، گویای فرارگیری قطعات با جنس، سن، ضخامت و... گوناگون در کنار یکدیگر با مرز گسله است. از این رو، به این قطعات واژه‌ی «خرده قطعه‌ی گسله» نسبت داده شده است. مسلم است، رفتار این قطعات به شدت تحت تأثیر شرایط تکتونیکی حاکم بر آن‌ها و رفتار قطعات بزرگ‌تر است. با این تعبیر مشاهده می‌شود که پس از زمین لرزه‌ی بزرگ جنوب شرق آسیا، هم‌اکنون پوسته‌ی فلات ایران، هند، ژاپن و... ناپایدارند و زمین لرزه‌های بزرگی در هر یک از آن‌ها به وقوع پیوسته است. موقعیت فلات ایران در نوار کوهزایی آلپ - هیمالیا سبب شده است تا عمق موهو، ضخامت پوسته در زاگرس، ایران مرکزی، البرز، شرق ایران، مکران، و آذربایجان با یکدیگر متفاوت باشد. این تفاوت را از زمین لرزه‌های به وقوع پیوسته می‌توان دریافت.

#### منابع

1. Aktas, G. & Robertson, A.H.F. (1982). The maden complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan active margin, p:375-401.
2. Arthurton, R.S.; Farah, A. & Ahmad, W. The late Cretaceous-Cenozoic history of western Baluchistan Pakistan- the northern margin of the Makran subduction complex, p:373-385.
3. Condie, K.C. (1989). Plate Tectonic and Crustal Evolution, p:337-360.
4. Dixon, J.E. & Robertson, A.H.F. (1984). The geological evolution of the eastern Mediterranean.
5. Delaune, M. (1984). Evolution of a Mesozoic Passive Continental Margin: Baer-Bassit (NW Syria).
6. Melankholina, Y.N. (1993). Tectonic Setting of the Active Margins of the Western Pacific, Geotectonics, Vol. 27, N.1 p:73-86.
7. Masson, D.G.; Cartwright, J.A.; Pinheiro, L.M & Whit, R.B. (1994). Compressional deformation at the ocean-continent transition in the NE Atlantic. Journal of the Geological Society, vol. 151, p:607-613.
8. Smith, T.E. (1992). Early Proterozoic Greenstone belts.
9. Uyeda, s.(1982). The Earth, A new view.

#### نتیجه‌گیری

اگرچه هنوز به درستی معلوم نیست، منشأ پوسته‌ی زمین چیست و برای تشکیل و تکامل از چه الگویی تبعیت کرده است، اما از آنچه گذشت درمی‌یابیم که با الگوی تکتونیک صفحه‌ای صحیح‌شدگی، و با الگوی کافت قاره‌ای این موضوع را می‌توان توجیه کرد. این بدان معناست که تلفیق دو الگو، امکان‌آشنایی بیش‌تر با سرگذشت پوسته‌ی قاره‌ای را فراهم می‌آورد.

\* عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

زیرنویس

1. Burke
2. Tarney
3. Windley
4. Dewey