

پلیت تکتونیک و تغییرات اقلیمی

دکتر پوران طاحونی

دکترای جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)

مقدمه

اقلیم زمین ثابت نیست، دامنه تغییرات بسیار وسیع است و از دوره‌های گرم و مرطوب تا یخبچالی را شامل می‌شود. سنگها و رسوبات آثار بسیاری از تغییرات اقلیمی گذشته را در خود ذخیره کرده‌اند، رسوبات نمکی، خاکهای قرمز، کانولین، رسوبات آهکی و مرجانها شواهدی از اقلیم گرم و رسوبات و نهشته‌های یخبچالی و پادگانه‌های رودخانه‌ای شواهدی از اقلیم سرد هستند. سن‌یابی چنین شواهدی نشان می‌دهد برخی از این تغییرات دراز مدت و برخی دیگر کوتاه مدت بوده‌اند، گرمای مزروثنیک میلیونها سال دوام داشته و تناوب دوره‌های یخبچالی و بین یخبچالی پلیستوسن فقط هزاران سال طول کشیده است. چرا و چگونه چنین تغییرات وسیعی اتفاق می‌افتد؟ با یک نگرش سیستمی به زمین پاسخ این سؤال آسانتر خواهد بود. زمین سیستمی است که در آن مجموعه‌ای از فرایندهای متقابل و متصل بهم در یک مقیاس وسیع فضایی و زمانی عمل می‌کند، بنابراین علت منفرد نیست و الزاماً مجموعه‌ای از علتها پاسخگو خواهند بود.

به طور کلی شرایط اقلیمی نتیجه اثر متقابل و پیچیده دو منبع مهم انرژی، انرژی خورشیدی و انرژی زمین است. تابش ورودی خورشیدی اولین منبع انرژی زمین است که سیالات زمین (آب و اتمسفر) را به حرکت درمی‌آورد. انرژی درونی زمین عامل حرکت پلیت‌هاست، این حرکت باعث جابه‌جایی قاره‌ها، تشکیل آتشفشانها، برخاستن کوهها، تغییرات بزرگ مقیاس سطح دریاست. تاکنون نظریات متعددی در تبیین علل تغییرات اقلیمی وضع شده است و لیکن هیچیک از آنها به صورت قطعی پاسخگو نبوده‌اند، بلکه هر یک بخشی از پدیده را تشریح کرده‌اند.

با پیدایش تئوری پلیت تکتونیک این تئوری جایگاه ویژه‌ای در تشریح علل تغییرات بلندمدت اقلیمی یافت.

پلیت تکتونیک و سطح زمین

لیتوسفر مجموعه‌ای از صفحات سخت است که با سرعت فوق‌العاده کم ولی به طور دائم در حال حرکت هستند. تئوری پلیت تکتونیک به سادگی اثرات متقابل حرکات صفحات را تشریح می‌کند. در مرز صفحات سه حالت ممکن است اتفاق بیفتد.

۱- دو صفحه از یکدیگر دور شده و پوسته لیتوسفری جدید توسط سنگ مذاب داغ که از اعماق زمین به سطح می‌آیند، تشکیل می‌گردد. (مرزهای واگرا)

۲- صفحات به یکدیگر نزدیک شده و اجباراً یکی از صفحات بر اساس فرایند فرورانش^(۱) به زیر دیگری کشیده می‌شود. (مرزهای همگرا)

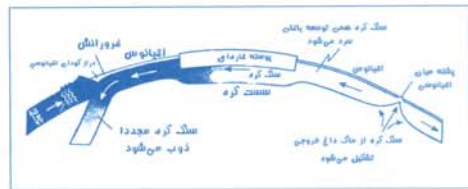
۳- دو صفحه در کنار یکدیگر می‌لغزند بدون آنکه به هم نزدیک یا از هم دور شوند. (گسلهای تبدیلی).

نگاره (۱) به صورت شماتیک پوسته قاره‌ای و اقیانوسی را نشان می‌دهد. سمت راست تصویر در محل پشته‌های میان اقیانوسی^(۲) با انضمام مواد جدید صفحه رشد می‌کند، در سمت چپ تصویر پوسته اقیانوسی در اثر فرورانش در حال تخریب است، در این حال حوضه اقیانوسی سمت راست قاره در حال افزایش و همزمان حوضه اقیانوسی سمت چپ قاره در حال کوچک شدن است.

بر اثر زمین ساخت صفحه‌ای پراکندگی و توزیع قاره‌ها به طور دائم در حال تغییر است، مثلاً در گذشته زمین می‌توان به ایامی اشاره داشت که

گرینلند در استوا و بیابان صحرا در قطب جنوب قرار داشته است.

زمین ساخت صفحه‌های همچنین بر ارتفاع یا توپوگرافی قاره‌ها نیز اثر می‌گذارد، با حرکات دائمی صفحات تصادم بین آنها اجتناب‌ناپذیر است. در این حال عموماً پوسته اقیانوسی نازک ولی سنگین به زیرپوسته قاره‌ای ضخیم‌تر ولی سبک کشیده می‌شود و منجر به بالآمدن پوسته قاره‌ای می‌شود، برای مثال کوه‌های آند در آمریکای جنوبی از فرورانش پوسته اقیانوسی به زیرپوسته قاره‌ای به وجود آمده است و همچنین فلات تبت که هم‌اکنون مرتفع‌ترین قله دنیا را دربردارد محصول تصادم هند و آسیا در حدود ۵۰ میلیون سال قبل است.



نگاره (۱): نمایش شماتیک پوسته قاره‌ای و اقیانوسی و نحوه تشکیل و تخریب پوسته

زمین ساخت صفحه‌ای بر سطح دریاها نیز مؤثر است، در مرزهای واگرا جایی که پوسته جدید ساخته می‌شود، ماگمای داغ به حواشی مرزهای واگرا اضافه می‌شود. سرد و منقبض شدن این موارد دهها میلیون سال به طول می‌کشد، در نتیجه هم‌زمان که پوسته جدید ساخته می‌شود به دلیل افزایش حجم در مرزهای واگرا حجم اقیانوسها کاهش یافته و آب دریا بر روی قاره‌ها پیشروی می‌کند. بیشتر محققین اعتقاد دارند که سرعت ساخت پوسته جدید در کر تاسه میانی دوبرابر سرعت فعلی بوده است، با توجه به کندی انقباض و سرد شدن سنگ گز و سرعت ساخته شدن پوسته در کر تاسه میانی حدس زده می‌شود که سطح دریا به میزان ۳۰۰-۲۰۰ متر افزایش یافته است (باید توجه داشت در صورتی که کلاهک‌های یخی عصر حاضر ذوب شوند این میزان ۶۵ متر خواهد بود). در واقع ۲۰ درصد سطح قاره‌ها در طی کر تاسه میانی توسط آب اقیانوسها اشغال شد.

به طور خلاصه زمین ساخت صفحه‌ای نه تنها بر توزیع و ارتفاع قاره‌ها، بلکه بر میزان مساحت، آنها که بالاتر از سطح دریا قرار گرفته نیز اثر می‌گذارد. تأثیر چنین تغییراتی در اقلیم چیست؟

چگونگی اثر زمین ساخت صفحه‌ای بر اقلیم

زمین ساخت صفحه‌ای با تغییر در پراکندگی، ارتفاع و مساحت قاره‌ها و همچنین با تغییر غلظت دی اکسیدکربن اتمسفر اقلیم را تغییر می‌دهد. پراکندگی قاره‌ها- برای ارزیابی اثرات توزیع قاره‌ها بر اقلیم جهانی باید پنج عامل اساسی را پیگیری کرد، اختلاف در آلودگی^(۳) سطحی، وسعت اراضی واقع در عرضهای بالا، جابه جایی گرمای نهان، موانع

جریانهای اقیانوسی، ظرفیت گرمایی اقیانوسها و قاره‌ها.

سطوح مختلف مقادیر متفاوتی از تابش ورودی خورشید را باز می‌تاباند. یک منطقه پوشیده از برف نسبت به یک خاک سیاه بازتاب بیشتری دارد، میزان انرژی بازتابیده از سطح را آلودگی می‌نامند. اختلاف بسیاری میان آلودگی سطح زمین و اقیانوس وجود دارد، میانگین آلودگی اقیانوسها در منطقه حاره حدود ۷٪ است (۷ درصد بازتاب و ۹۳ درصد جذب) در همان حال یک منطقه خشک تا ۲۵٪ بازتاب دارد. نظر به اینکه انرژی ورودی خورشید با توجه به عرض جغرافیایی تغییر می‌کند بنابراین پراکندگی خشکیها و دریاها در عرضهای مختلف جغرافیایی بر کل بیلان انرژی زمین مؤثر هستند.

پهنه‌های واقع در عرضهای بالا محل انباشت برف و یخ سالیانه است و بدلیل آنکه آلودگی یخ و برف بسیار بالاست (آلودگی برف تازه ۸۰٪ تا ۶۵٪) بنابراین چنین سرزمینهایی تأثیر فوق‌العاده بر بیلان انرژی اتمسفر خواهند داشت

آلودگی تنها مکانیسم مؤثر بر بیلان انرژی و در نتیجه تغییر در اقلیم نیست. رطوبت مقادیر قابل توجهی از انرژی را به صورت گرمای نهان جابه جایی می‌کند، بنابراین پراکندگی قاره‌ها و دریاها در اثر زمین ساخت صفحه‌ای بر میزان بارش و تبخیر و در نتیجه بر بیلان انرژی اتمسفر اثر خواهد گذاشت.

قاره‌ها در مقابل جریانات اقیانوسی که مقادیر معتدلی انرژی را به سمت قطب حمل می‌کنند، چون سد عمل می‌کنند، جابه جایی قاره‌ها امکان بلوکه شدن انرژی جریانات اقیانوسی را فراهم می‌آورد، بنابراین پراکندگی و وسعت قاره‌ها و اقیانوسها عامل کنترلی بر اقلیم جهانی خواهند بود.

سطوح قاره‌ها به دلیل پایین بودن ظرفیت گرمایی به سرعت به جریان انرژی خورشیدی پاسخ می‌دهند، برعکس قاره‌ها، اقیانوسها ظرفیت گرمایی بالایی دارند. اقیانوسها در تابستان انرژی خورشیدی را در خود ذخیره می‌کنند و در زمستان آنرا آزاد می‌کنند، ظرفیت گرمایی اقیانوسها منجر به تعدیل نقش چرخه‌های فصلی تابش خورشیدی می‌شود. بنابراین توزیع خشکی و دریا به عنوان عامل کنترل اقلیم به حساب می‌آید.

ناهموارها- اقلیم به طرق مختلف تحت تأثیر ناهمواریها قرار می‌گیرد. تغییر دما و رطوبت در اثر تغییرات ارتفاع، اثر بر چرخه‌های بزرگ مقیاس اتمسفری، اثر بر اقلیم محلی.

حدود ۱۳۰ میلیون سال پیش خشکی هند از قاره قطب جنوب جدا شد و به سوی شمال رانده شد و تقریباً ۵۰ میلیون سال پیش به قاره آسیا برخورد کرد. فشارهای حاصل از برخورد این دو صفحه سبب شد که سرزمین تبت ارتفاع بگیرد. چنین حوادثی مکرراً در اثر زمین ساخت صفحه‌ای در زمین به وقوع پیوسته است. از سویی دمای اتمسفر با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد، میانگین افت‌آهنگ ۶/۵ درجه سانتیگراد برای هر کیلومتر ارتفاع است. هوای سردتر از ارتفاعات ذخیره برف را افزایش می‌دهد و امکان ایجاد یخچالها را فراهم می‌آورد و بدلیل بالابودن آلودگی برف و یخ میزان تراکم برف افزایش می‌یابد و در نتیجه ناهمواریها با برهم زدن تعادل



انرژی اقلیم را متأثر می‌کند.

مستقیم و غیرمستقیم بر اقلیم اثر می‌گذارد، مستقیماً با تأثیر بر ترکیب و غلظت گازهای اتمسفر، حجم اقیانوسها، پراکندگی، ارتفاع و وسعت قاره‌ها و به صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر چرخه‌های ژئوشیمیایی سیلیکات - کربنات، باعث تغییر اقلیم می‌شود. چنین تغییراتی به دلیل سرعت بسیار کم حرکت صفحات زمین بسیار بطئی است و در طی میلیونها سال اتفاق می‌افتد و منجر به تغییرات بلندمدت اقلیمی می‌شود. در بررسی علل تغییرات اقلیمی کوتاه مدت همچون تناوب دوره‌های یخبندان و بین یخبندان پلیستوسن که در طی هزاران سال اتفاق افتاد، تئوری زمین ساخت صفحه‌ای پاسخگو نیست، در این موارد توجه دانشمندان به سوی انرژی خورشید و تغییرات آن معطوف می‌شود.

پراکندگی ناهمواریها بر چرخه‌های بزرگ مقیاس اتمسفر چون رودپادها اثر می‌گذارد. ناهمواریها چون سدی در مقابل جریانها عمل کرده و الگوی جریانها در اطراف و بعد از سد را تغییر می‌دهند و در نهایت الگوی هوایی را کنترل می‌کنند. بنابراین هر تغییری در توپوگرافی بر چرخه‌های اتمسفری اثرگذار خواهد بود. جهت روبه باد کوهها مرطوبتر است در حالی که در جهت پشت به باد در اثر پدیده سایه باران شرایط خشکی ایجاد خواهد شد. در این بخش بیابانها بدلیل نزول هوای خشک توسعه می‌یابند، بنابراین ارتفاع و جهت ناهمواریها، اقلیم محلی را در کنترل خود می‌گیرند. پلیت تکنیک و دی اکسیدکربن - فرایندهای زمین ساخت صفحه‌ای قادرند چرخه‌های ژئوشیمیایی کربنات - سیلیکات را تغییر دهند. ساخته شدن پوسته جدید در محل پشته‌های میان اقیانوسی منجر به تخریب حواشی صفحات در مرزهای فرورانش می‌شود، این تخریب آتشفشانها را فعال کرده و منجر به خروج دی اکسیدکربن از دهانه آنها می‌شود. در طی زمانهای طولانی دی اکسیدکربن تولید شده با دخالت در هوازگی سنگهای آذرین و دگرگونی متعادل می‌شود.

منابع

۱- منبع اصلی
Barron, Eric J. Climatic variation in earth history - university science books- 1996.

۲- منابع کمکی

- تارپورک، اداوردجی - لوتگن، فردریک ک. - مبانی زمین شناسی - مترجم اخروی، رسول - انتشارات مدرسه - ۱۳۷۹.
- رودمین، و.ف. کو ترپاخ، ج. - بالا آمدن فلاتها و تغییر اوضاع اقلیمی زمین - مترجم علمی غروی، حمیده - آموزش زمین شناسی (رشد) شماره مسلسل ۲۵ و ۲۶ - ۱۳۷۰
- علیجانی، بهلول - کاویانی، محمد رضا - مبانی آب و هواشناسی - انتشارات سمت - ۱۳۷۱.
- مر، فرید - مدبری، سروش - زمین ساخت صفحه‌ای و فرایندهای زمین شناختی - انتشارات کو شامد - ۱۳۸۰.

پانوش

بیشتر محققین اعتقاد دارند در طی کرتاسه میزان توسعه کف اقیانوسها تقریباً دو برابر زمان حاضر بوده است بنابراین میزان تولید دی اکسیدکربن به همان نسبت افزایش یافته است.^(۴)

برای ایجاد تعادل در میزان دی اکسیدکربن جو می‌بایستی هوازگی سیلیکاتها افزایش می‌یافت، در صورتی که در هنگام ساخته شدن پوسته جدید بدلیل انقباض آرام مواد ضمیمه شده همزمان حجم اقیانوسها کاهش یافته و آب دریا بر روی قاره‌ها پیشروی کرده است. و در نتیجه اساساً مساحت سنگهای در معرض هوازگی کاهش یافته است، بنابراین نه تنها هوازگی افزایش نیافته بلکه به دلیل کاهش مساحت سنگهای در معرض، میزان آن کاهش یافته است و نهایتاً با افزایش تولید دی اکسیدکربن و کاهش مصرف آن غلظت این گاز در اتمسفر افزایش یافته است.

از چنین مباحث ساده‌ای می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در میزان فرایند زمین ساخت صفحه‌ای می‌تواند عامل تغییر غلظت گاز مهم گلخانه‌ای اتمسفر یعنی دی اکسیدکربن شود، چنین تغییراتی ممکن است در طی دهها میلیون سال اتفاق بیفتد. جالب توجه آنکه عموماً بالایا بودن سطح دریاهای اقلیم گرم و پایین بودن سطح آن با اقلیم سرد همراه بوده است. چنین همراهی بیانگر این واقعیت است که غلظت دی اکسیدکربن اتمسفر به عنوان بخشی از چرخه سیلیکات - کربنات با زمین ساخت صفحه‌ای گره خورده است.

نتیجه

بدون شک در تشریح علل تغییرات بلند مدت اقلیمی، تئوری زمین ساخت صفحه‌ای قادر به پاسخگویی بسیاری از سوالها در این زمینه است. انرژی درونی زمین، نیروی محرکه صفحات زمین است که به صورت

- 1) Subduction
- 2) Mid-Oceanic ridge
- 3) Abedo

۱) آزمایشهای مکرر مدل‌های اقلیمی حاکی از آن است که در کرتاسه میانی دی اکسیدکربن اتمسفر چهار برابر بیشتر از حال بوده است، که با توجه به تفاوت‌های جغرافیایی می‌توانسته منجر به افزایش دما تا ۸ درجه سانتیگراد نسبت به عصر حاضر شود.