تغییرات آب و هوایی و فرگشت جانداران

دکترایرج مغفوری مقدم
مدرس گروه زمین‌شناسی دانشگاه لرستان
سیدعارف علوی
کارشناس آموزشی گروه زمین‌شناسی دانشگاه لرستان

چکیده

موجودات زنده در مقابل دو نیروی مختلف و متضاد یکی درونی (تغییرات ژنتیکی) و دیگری بیرونی (تغییرات محیطی) قرار می‌گیرند. برآیند این دو نیرو فرگشت (Evolution) جانداران در گذر زمان می‌باشد. تغییرات محیطی که منجر به فرگشت جانوران می‌شود را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد:

الف: تغییرات اکولوژی که منجر به فرگشتهای خرد (Microevolution) و انتخاب طبیعی (Natural selection) در اجتماعات کم و بیش پایدار می‌شود.

ب: تغییرات میلانکویچی که موجب تغییرات شدید آب و هوایی در چرخه‌های بیست تا صد هزار سال می‌گردد و نتیجه آن نابودی اجتماعات جانداران و از بین رفتن تغییرات جمع شده در تغییرات اکولوژی می‌باشد که به آن چرخه‌های میلانکویچی (Milankovitch cycles) گفته می‌شود.

ج: تغییرات زمین‌شناسی که موجب جداشدگی جمعیتهای مختلف یک گونه و ایجاد تغییرات فرگشتی بزرگ (Macroevolution) می‌شود.

د: افتهای توده‌ای (Mass extinctions) جانداران که بطور متوسط هر ۲۶ میلیون سال در روی زمین اتفاق می‌افتد و موجب از بین رفتن گروههای وسیعی از جانداران در مدت زمان بسیار کم می‌شود.

کلمات کلیدی: فرگشت - چرخه‌های میلانکویچی - انقراض توده‌ای - فرگشت خرد

سرآغاز

موجودات زنده مانند دیگر پدیده‌های کره زمین شدیداً درحال تغییر و دگرگونی می‌باشند. این دگرگونی که منجر به فرگشت (Evolution) جانوردان می‌شود، برآیند دو نیروی مخالف هم می‌باشد.

۱- نیروهای خارجی که حاصل تغییرات محیطی می‌باشند.

۲- نیروهای داخلی که حاصل تغییرات ژنتیکی می‌باشند. اگر تغییرات داخلی به موازات تغییرات خارجی باشد، موجود باقی مانده و تغییرات ریخت‌شناسی (morphology) اندکی را تحمل می‌کند که حاصل سازش (Adaptiation) موجود با شرایط جدید محیطی می‌باشد. ولی اگر این سازش اتفاق نیفتد، موجود محکوم به انقراض (Extinction) می‌گردد. به این روند انتخاب طبیعی (Natural selection) گفته می‌شود که ابتدا توسط Darwin (1959) مطرح گردید. برای اینکه حالت اول اتفاق بیفتد، یعنی تغییرات فرگشتی درگونه اتفاق بیفتد، می‌بایستی دوشرط اصلی وجود داشته باشد، تغییرات محیطی در مدت زمان طولانی باقی بماند و به حالت پایداری برسد و دوم اینکه گونه‌ها از نظر ژنی محدودیتی نداشته باشند. به عبارت دیگر دستورات ظهور یک صفت جدید در مخزن ژنتیکی موجود وجود داشته باشد. Gould-Eidrige (1977) به خوبی نشان دادند که در اغلب زمانها، گونه‌ها رفتار محافظه کارانه‌ای دارند (Conservatism) و در مقابل تغییرات محیطی مقابله می‌کنند ولی به سرعت در مدت زمان کمی آستانه تحمل آنها به اتمام رسیده و به سرعت گونه زایی در آنها اتفاق می‌افتد. در این حالت اکثر گونه‌ها به جمعیتهای مختلفی تقسیم می‌شوند و همانطور که Mayer (1944) نشان داده بود، به علت جدا افتادگی گونه‌ها، ذخیره ژنتیکی جداگشته و امکان بوجودآمدن گونه جدید مهیامی‌گردد.

تغییرات محیطی

بدون شک زمین پویاترین سیاره منظومه خورشیدی بوده و به طور مستمر شرایط فیزیکی- شیمیایی و زیستی مؤثر در حیات زیست کره (Biosphere) دائماً در حال تغییر می‌باشد. به نظرمی‌رسد می‌توان این تغییرات را برحسب مدت زمانی که طی می‌کنند (Bennett 1990) به چهار گروه تقسیم کرد. درک تأثیراین فرآیندها بر فرگشت جانداران بسیارمفید

می‌باشد. این گروهها به شرح زیر می‌باشند:

اول تغییرات اکولوژی که در مدت زمان حداکثر چندهزارسال حادث می‌شود. تغییرات یک دریاچه و تبدیل آن به تالاب مثال روشنی از این تغییر می‌باشد. این تغییرات منجر به فرگشتهای خرد (Microevolution) در جمعیتهای موجود در اجتماعات کم و بیش پایدار می‌گردد. به عبارت دیگر صفات ریخت‌شناسی جدیدی به تدریج درجمعیتها ظاهر می‌شود.

دوم تغییرات آب وهوایی که به آنها تغییرات میلانکویچی نیز گفته می‌شود. مدت زمان این تغییرات ۲۰ تا ۱۰۰ هزارسال می‌باشد.این مدت بین طول عمرگونه(حدود یک میلیون سال) و تشکیل یک جمعیت(چند هزارسال) می‌باشد. بنابراین تغییرات بوجود آمده در حالت یکم توسط تغییرات میلانکویچی از بین رفته و در نتیجه کمتر تغییرات تدریجی در گونه حفظ می‌شود و همانطورکه Gould-Eldrige (1977) مطرح کردند، اغلب طرحهای تکاملی به صورت ناگهانی می‌باشد و در مدت زمان زیادی دربین این تغییرات، گونه حالت ثابت و پایداری دارد. در بخشهای دیگر این مقاله به شرح این تغییرات خواهیم پرداخت.

سوم تغییرات زمین‌شناسی می‌باشد که در مدت زمان میلیونها سال اتفاق می‌افتد و موجب فرگشتهای کلان (Macroevolution) می‌شود. به عنوان مثال می‌توان به جداشدن استرالیا از گندوانا (آفریقا و امریکای جنوبی) در ۸۰ میلیون سال قبل اشاره کرد. به علت جداشدن کامل جانداران این قاره با نواحی دیگر و به عبارت دیگر ایزوله شدن جانداران استرالیا از بقیه نقاط جهان روند تکاملی این جانداران حالت ویژه‌ای یافته است بطوری که پستانداران کیسه دار تنها در این قاره یافت می‌شود.(مغفوری مقدم و همکار ۱۳۸۰،الف وب)

چهارم انقراضهای توده‌ای(mass extinction) که در مدت زمان ۲۶ میلیون سال اتفاق می‌افتد(Raup-sepkoski 1984,1986,1989) در انقراضهای توده‌ای تغییرات محیطی چنان شدید و سریع می‌باشد که اغلب موجودات قادر به سازش با آنها نمی‌باشند و درنتیجه به طور توده‌ای منقرض می‌شوند.(Jablonski 1986,prothero 1998)

تغییرات آب وهوایی

آب هوای کره زمین پدیده‌ای متغیر و شدیداً درحال دگرگونی می‌باشد. مطالعه پیشینه سنگهای رسوبی نشان می‌دهد که هر از گاهی شرایط اقلیمی کره زمین با آنچه امروز وجوددارد تفاوتهای شگرفی داشته است. بطوری که گسترش کلاهکهای جنوبگان و شمالگان در طول زمانهای زمین‌شناسی بسیار متفاوت بوده است. به دوره‌هایی که کلاهکهای یخی به اوج گسترش خود می‌رسیدند عصر یخبندان و به زمانهایی که این کلاهکها تحلیل می‌رفتند عصر بین یخبندان گفته می‌شود.

در دوره کواترنری تناوب دوره‌های یخچالی و بین یخچالی از هر زمان چشمگیرتر می‌باشد. تقسیمات کرونوستراتیگرافی کواترنر براساس تناوب دوره‌های سرد و گرم بنا شده است، در مناطق گرمسیری مانند آفریقا و جنوب آسیا(البته بجز مناطق بسیار مرتفع) آثار یخچالی سیستم / پریودکواترنری مشاهده نشده است، ولی در عوض شواهدی وجوددارد که این مناطق حالت مرطوبتری داشته‌اند. اصطلاحاً در این مناطق، معادل دوره‌های یخچالی را دوره مرطوب (Pluvial) می‌گویند.

بسیاری از زمین شناسان و جغرافی‌دانان، شواهدی از دوره‌های مرطوبتر بخشهای خشک فعلی ایران در زمان کواترنری گزارش کرده‌اندکه از آن می‌توان به وجود پادگانه‌های وسیع آبرفتی در جنوب نیک شهر و بقایای فسیل شده پوسته تخم پرندگانی از خانواده شترمرغ بر روی سطوح مطبق حفره‌های آبی - بادی لوت مرکزی اشاره کرد.(محمودی ۱۳۶۷)

روشهای شناسایی دمای دیرینه زمین

بطور کلی از روشهای زیر در تعیین دمای گذشته زمین استفاده می‌شود:

۱-استفاده‌ازرسوبات: برخی از رسوبات شاخص آب وهوای دیرینه هستند که می‌توان به لایه‌های گچ و نمک و ماسه‌های سرخ رنگ اشاره کردکه نشان دهنده محیطهای گرم و خشک می‌باشند.

۲-استفاده‌ازآثارجانداران‌وگیاهان‌فسیل‌شده: بسیاری از فسیلها نشان دهنده آب وهوای خاصی می‌باشند. به عنوان مثال برگهای فسیل شده با حواشی ممتد شاخص مناطق گرمسیری و برگهای مضرس نشان دهنده مناطق معتدله می‌باشند.

۳-استفاده‌ازایزوتوپهای‌اکسیژن: یکی از دقیقترین روشهای تعیین کمی دمای گذشته زمین می‌باشد. ابتدا بعد از جنگ جهانی دوم سزاریوری(Cesare Urey) متوجه شد که ایزوتوپهای مختلف اکسیژن به یک اندازه تبخیر نمی‌شوند. در یک لیوان پر از آب بعد از مقداری تبخیر، اغلب ایزوتوپهای سنگین باقی می‌ماند. بنابراین نسبت به ابرها در اقیانوسها ایزوتوپ سنگین‌تری از اکسیژن (O^{18}) وجوددارد. حال آنکه در ابرها و در نتیجه در برفها ایزوتوپ سبکتر یعنی(O^{16}) بیشتر می‌باشد. در دوره‌های یخبندان هنگامی که اغلب برفها به صورت یخچالها به تله افتاده بودند، مقدار ایزوتوپ سنگین‌تر اکسیژن آب اقیانوسها بیشتر بوده است و درنتیجه در صدفهای آهکی که در آن زمان ساخته شده بود، مقدار این ایزوتوپ بیشتر بوده است.

یکی از مطالعات دمای دیرینه توسط ایزوتوپهای اکسیژن در ایران توسط آدابی با کمک فنی دانشگاه تاسمانی استرالیا در مورد آهکهای سازند مزدوران انجام گرفته است. براساس این مطالعات دمای دریای سازند مزدوران (در ۱۷۵ میلیون سال قبل) ۲۴ تا ۲۹ درجه سانتیگراد بوده است.(آدابی ۱۳۶۹)

عوامل تغییردهنده دمای سطح زمین

بطورکلی عوامل مؤثر در تغییر دمای کره زمین را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

الف - عوامل نجومی یا عوامل میلانکویچی

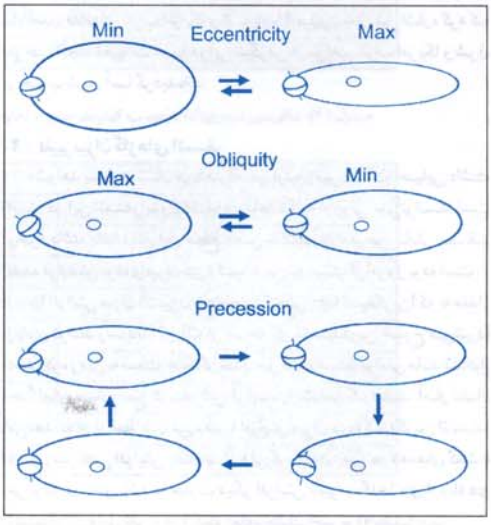
ب - عوامل سطح کره زمین

پدیده‌های نجومی به صورت چرخه‌ای اثر می‌گذارند. در حالی که

پدیده‌های سطح زمین تقریباً از هیچ نظم دوره‌ای پیروی نمی‌کنند و حالت تصادفی (chaotic) دارند.

الف) عوامل نجومی

امروزه زاویه میل زمین (Obliquity) حدود ۲۳/۵ درجه می‌باشد، ولی مقدار آن در هر ۴۱ هزار سال ۳/۵ درجه تغییر می‌کند. (نگاره(۱)) اگر محور زمین حالت کج شدگی نمی‌داشت، خورشید دائماً روی استوا تابیده و درحقیقت فصلی بوجود نمی‌آمد و در مقابل اگر زاویه میل زمین ۹۰ درجه بود، خورشید روی قطبها تابیده و درنتیجه فصول برای جانداران غیرقابل تحمل می‌گشت.



نگاره(۱): تغییرات مدارزمین

صفحه‌ای راکه از مدار زمین می‌گذرد، دایره البروج می‌نامند، زاویه محور زمین با این صفحه ۲۳ درجه و ۶۶ دقیقه می‌باشد. فاصله زمین تا خورشید درنقطه حضیض ۱۴۹/۶۹۹/۳۰۰ و در دورترین نقطه اوج ۱۵۱/۹۹۶/۰۰۰ کیلومتر می‌باشد. زمین در ۱۲ تا ۱۳ دی ماه از نقطه حضیض و در ۱۴ تیرماه از نقطه اوج می‌گذرد. بعلت فاصله متغیر خورشید و زمین میزان حرارت رسیده از خورشید به زمین در اوایل تابستان ۷٪ بیشتر از تابستان است، ولی خورشید درحالت اوج نسبت به حضیض انرژی بیشتری به زمین می‌تاباند.

امروزه در نیمکره شمالی در حالت اوج تابستان و درحضیض زمستان می‌باشد، درحالی که درنیمکره جنوبی درحالت اوج زمستان و درحضیض تابستان است. البته زمین دوره‌های ۱۰۰ هزار تغییرات حضیض و اوج دارد، که حرکت Eccentricity نامیده می‌شود.

زمین تحت تأثیر اعمال زوج نیروی خورشید برروی محور حرکت وضعی آن مخروطی را در فضا طی می‌کند، این حرکت راکه می‌توان به حرت زیروسکوپی یک قرقره تشبیه کرد، Precession می‌گویند که مدت یک دور آن ۲۵۶۰۰ سال می‌باشد. البته مدت یک دور این تغییرات بستگی به حالت حضیض و اوج داردکه امروزه بین ۱۹ و ۲۳ هزارسال متغیر می‌باشد. این حرکت شدیداً متأثر از جاذبه کره ماه است، بنابراین زاویه میل زمین دچار نوسانات دیگری بنام Nutation می‌شودکه طول مدت هرکدام حدود ۱۸/۶ سال می‌باشد. در حدود هر ۱۰ هزار سال جهت حرکت Precession معکوس می‌شود و شدت آن ارتباط نزدیکی با موقعیت مدار زمین دارد و مدت آن بین ۱۴ تا ۲۸ هزار سال تغییر می‌کند این حرکات در زمین موجب تغییرات زیادی در جهت باد، نزولات جوی، بادهای موسمی، جریانهای اقیانوسها و... می‌شوند.

اغلب آثار چرخه‌های میلانکویچی با طول زمانی ۱۰ هزار تا یک میلیون ساله در رسوبات ثبت شده‌اند. مطالعه سنگهای رسوبی و نهشته‌های چرخه‌ای و تعیین سن دقیق آنها، موجب شده است که عوامل ایجادکننده چرخه‌های میلانکویچی با دقت زیادی مشخص شوند، ولی برای زمانهای قدیمی‌تر از پالئوزوئیک هنوز مشکلات عمده‌ای در مورد تعیین سن لایه‌ها وجوددارد.

یکی از مثالهای جالب در مورد شناخت عوامل میلانکویچی را می‌توان در سازند Green river متعلق به ائوسن وایومینگ امریکا بررسی کرد. این سازند دارای دو رخساره دریاچه‌ای و پلایایی می‌باشد. در رخساره دریاچه‌ای، چرخه‌های سالیانه به صورت وارو ثبت شده‌اند. تغییر در ضخامت واروها را می‌توان به فعالیت لکه‌های خورشیدی نسبت دارد.

نوسانات نشان دهنده چرخه‌های (Precession) (۲۰ هزارساله) بازگوکننده محیطهای خشک و مرطوب می‌باشند. در زمان تشکیل پاره سازند (Tipton) حالت دریاچه‌ای وجود داشته است و هر چرخه یک تغییر در مقدار کربنات را نشان می‌دهد، ولی در زمان پاره سازند Wilkins حالت پلایایی وجود داشته است که در بین آنها زمانهای کوتاه دریاچه‌ای به مدت متوسط ۸ هزار سال دیده می‌شود. (Fisher-Robert1997)

تغییرات میزان نور خورشید باعث ایجاد تغییرات شگرف میزان درجه حرارت زمین و اتمسفر می‌شود. ولی آیا چنین تغییراتی درگذشته صورت گرفته است؟ متأسفانه برای یک پاسخ دقیق دلیل قاطعی وجودندارد. بسیاری از ستاره شناسان میزان تابش نورخورشید در زمانهای بسیارطولانی را غیرقابل تغییر می‌دانند، ولی تغییرات کوتاه مدت در مقدار فعالیتهای نورانی خورشید و میزان گسترش لکه‌های خورشیدی وجوددارد که موجب تغییر میزان انرژی تابشی دریافتی زمین از خورشید می‌شود. ثابت خورشیدی (Solar-Constant) عبارت از مقدار تابش انرژی خورشیدی بر روی یک سطح واقع در بالای اتمسفر در مسیر عمود بر تابش خورشید می‌باشد که تغییرات کم و اغلب منظمی را نشان می‌دهد. محققی بنام ماندر پس از تحقیقاتی به این نتیجه رسید که در طول یک دوره هفتادساله بین سالهای ۱۷۱۵-۱۶۴۵ تعداد لکه‌های خورشیدی مشاهده شده، کم بوده

است، این مدت زمان طولانی که در آن ظاهراً فعالیت خورشید حداقل بوده است مصادف با یکی از سردترین ادوار عصر یخبندان کوچک یعنی اواسط قرن پانزدهم تا قرن نوزدهم بوده است .با وجود این ارتباط دقیق این تغییرات با آب و هوای زمین هنوز کاملاً مشخص نشده است .

ب) عوامل سطح کره زمین

۱ - فعالیتهای آتشفشانی

آتشفشانها در هر فوران خود میلیونها تن مواد معلق وارد اتمسفر زمین کرده و تغییرات کوتاه مدتی در میزان نفوذ نورخورشید به سطح زمین و درنتیجه دمای کره زمین ایجاد می‌کنند.

متأسفانه هنوز در مورد چگونگی تغییراتی که غبار آتشفشانی می‌تواند دردمای زمین ایفا کند، اتفاق نظری بین محققان وجودندارد، برخی اعتقاددارند که غبارهای آتشفشانی، نور مستقیم خورشید را جذب کرده و درنتیجه دمای سطح کره زمین را کاهش می‌دهند، گروه دیگر بعلت نفوذ اشعه مادون قرمز در قسمت بالای جو پایینی، غبارهای آتشفشانی را عامل سردتر شدن زمین می‌دانند. اما به نظر حالت اول منطقی‌تر می‌باشد. مشکل اساسی، برقراری ارتباط بین فعالیتهای آتشفشانی و تغییرات آب وهوایی شناخته شده در پیشینه زمین‌شناسی است. بعنوان مثال در پرکامبرین پیشین وجود یخچالها قطعی می‌باشد، اما در آن زمان فعالیتهای آتشفشانی به صورت پراکنده بوده است.(Bryson1974)

می‌توان چنین نتیجه گرفت که فعالیتهای آتشفشانی تا حدودی در تغییرات آب و هوایی سهیم هستند و تأثیر عاملهای دیگر را تشدید می‌کنند.

۲ - تغییرات نسبت آلبدو

آلبدو(Albedo) از ریشه لاتین Albus یعنی سفید اقتباس شده است و عبارت از نسبتی از نورخورشید است که توسط یک سطح معین منعکس می‌شود. در مناطقی مانند کوهستانهای برفی که سطح روشن و شفافی دارند، مقدار آلبدو بسیارزیاد است، سلر (Seller) در سال ۱۹۷۵ عنوان کرد که اگر تمام یخهای قطبین ذوب شوند، میزان تغییر دما در مناطق استوایی و عرضهای بالاتر جغرافیایی ۲+ تا ۱۷+ خواهدبود. البته به نظرمی‌رسد که در عمل، تغییر دما با این شدت اتفاق نیفتد ولی به هرحال تأثیرات آن قابل توجه خواهدبود. این عامل نیز مانند غبارهای آتشفشانی می‌تواند عوامل دیگر را تشدیدکند و به یک مکانیسم خودگردان اقلیمی تبدیل شود.(Fairbridge1972)

۳ - حرکت قاره‌ها

گروهی از مؤلفان(Fairbridge1972) عنوان کرده‌اند که دوره‌های یخچالی هنگامی ظاهرمی‌شود که توده‌های عظیمی از قاره‌ها در محدوده کمربندهای قطبی قرارمی‌گیرند. هنگامی که قاره‌ها درحدود خط استوا و حتی در عرضهای بالاتر پخش شده باشند، برای تشکیل یخچالها دمای کره زمین باید بسیار کاهش یافته باشد که به نظر بعیدمی‌رسد چنین حالتی درگذشته زمین‌شناسی اتفاق افتاده باشد. قدیمی‌ترین بستر اقیانوسی ۲۰۰ میلیون سال سن دارد، درحالی که سنگهای قاره‌ای با قدمت بیش از ۳/۸ میلیاردسال و حتی بیش از ۴ میلیاردسال در بسیاری از مناطق جهان یافت شده‌اند، پس به نظرمی‌رسد که پوسته خارجی زمین به سمت سخت‌تر شدن پیش می‌رود. با توجه به اینکه ظرفیت گرمایی قاره‌ها کمتر از اقیانوسها می‌باشد، تشکیل قاره‌ها موجب افزایش تنوع آب وهوایی زمین می‌شود. از طرفی تشکیل فلاتها موجب سدکردن بادهای باران زا و درنتیجه تشکیل دو اقلیم متفاوت ولی مجاور هم می‌شود.(مانند دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز) ولی از طرف دیگر بالاآمدن فلاتها موجب افزایش هوازدگی شیمیایی و درنتیجه افزایش دی اکسیدکربن و افزایش اثر گلخانه‌ای می‌شوند. تشکیل فلاتها موجب تغییر جهت ابرهای بارانزا می‌شود به عنوان مثال می‌توان به بالاآمدن فلاتهای غرب امریکا و تبت در ۴۰ میلیون سال قبل اشاره کرد که موجب ایجاد تغییرات آب وهوایی شگرفی در نواحی غرب امریکا و شرق و جنوب شرق آسیا گردیده‌اند.

۴ - تغییرمیزان گازهای اتمسفر

شواهد بسیاری نشان می‌دهد که جو اولیه زمین حالت احیایی داشته است. در این اتمسفر بدون اکسیژن، قاعدتاً لایه اوزونی نمی‌توانسته است وجود داشته باشد، بنابراین سطح زمین مستقیماً در معرض تابش مستقیم اشعه فرابنفش بوده و میزان دی اکسیدکربن نیز بیشتر از امروز بوده است .

با افزایش میزان اکسیژن و همچنین کاهش دی اکسیدکربن(که به مقدار زیادی توسط رسوبات کربناته از چرخه دی اکسیدکربن خارج می‌شود) دمای کره زمین به سمت خنک‌تر شدن میل کرده است. عواملی مانند تشکیل جنگلهای بسیاروسیع کربنیفر این فرآیند را تشدید کرده‌اند. آمار نشان می‌دهد که از اواسط قرن نوزدهم با افزایش میزان دی اکسیدکربن اتمسفر دمای زمین کمی افزایش یافته است. ولی گرم شدن زمین در دهه‌های گذشته می‌تواند دوره‌ای باشد به عبارت دیگر افزایش تأثیرات گلخانه‌ای ازدیاد دی اکسیدکربن عامل ثانویه در ازدیاد دمای سالیان اخیر بوده باشد.

تغییرات میلانکویچی در پیشینه زمین‌شناسی

یکی از مهمترین عوامل مهم در تغییرات میلانکویچی، نوسانات محور میل زمین(Obliquity) می‌باشد(Satterley 1995). همانطورکه گفته شد این نوسانات حدوداً ۳/۵ می‌باشد. افزایش جزرومد این مقدار را افزایش می‌دهد و درمقابل تکمیل تفکیک بخشهای داخلی زمین این مقدار راکاهش می‌دهد.(همان منبع) مشاهدات مختلف نشان می‌دهد که به علت افزایش جزرومد مقدار زاویه میل محور زمین به تدریج کاهش یافته بطوری که در ابتدای خلقت زمین حدوداً ۹۰ بوده است.(Nighard 1982) بسیاری از سیارات دیگر این مقدارکج شدگی محوردوران را هنوز دارامی‌باشند.(Krimigis1992) به عنوان مثال در اورانوس و پلوتو میزان کج شدگی محل چرخش این سیارات بوده باشد. در سیارات میزان تغییرات زاویه میل متفاوت است به عنوان مثال در مریخ نوسانات زاویه میل تا ۱۸° می‌رسد. طبق محاسبه برخی از مؤلفان با تداوم جزرومد در کمتر از بیست

هزارسال میزان میل محور زمین نیز دچار تغییرات شدیدی خواهدشد.(Williams1993) با افزایش میزان Obliquity تغییرات فصلی افزایش خواهد یافت و اگر محور زمین تا°۶۰کج شود (که البته بعید به نظرمی‌رسد به این میزان برسد)مناطق استوایی تا°۶۰عرض جغرافیایی گسترش می‌یابند و درمقابل قطبین هم تا° ۳۰به سمت عرضهای پایینتر توسعه می‌یابند!!! به عبارت دیگر تفاوت دما در عرضهای مختلف و همچنین فصول مختلف چنان شدید می‌شود که همه جانداران به جز موجودات ذره بینی از بین می‌روند.برعکس کاهش کج شدگی محور زمین موجب شدت تفاوتهای مناطق قطبی و استوایی می‌شود.

مطالعات مختلفی نشان داده است که میزان محور زمین در گذشته واقعاً چنان تغییراتی را پشت سر گذاشته است. این تغییرات در زمان پرکامبرین بیشتر از فنروزوئیک بوده است(Williams1993) به نظرمی‌رسد در زمان یخبندان پرکامبرین پسین زاویه میل زمین حدوداً ۵۴ بوده است. به اعتقاد همین مؤلف احتمالاً بر اثر برخورد زمین با یک شهابخانه بزرگ در آغاز خلقت زمین که منجر به ایجاد کره ماه شده است، زاویه میل تا° ۹۰ می‌رسیده است. ولی به تدریج از این مقدار کاسته شد و در ۶۰۰ میلیون سال قبل (اواخر پرکامبرین) به علت جدایش کامل هسته و گوشته، سرعت کاهش زاویه میل بیشتر شده. و موجب تغییرات دمای شدید در پوسته زمین گشته است و تدریجاً تغییرات دما در طول فنروزوئیک به مقدار امروز می‌رسیده است. تغییرات ناگهانی زاویه میل در پرکامبرین پسین مصادف با رویدادبزرگ در گشت جانداران و همانا ظهور چندسلولیها می‌باشد که پیشینه بسیارخوبی از آن در ادیاکارا(Edicara) در استرالیا حفظ شده است.

نتیجه

تغییرات محیطی که فرگشت جانداران را کنترل می‌کند تحت تأثیر چندین عامل مختلف قرارمی‌گیرد که یکی از آنها تغییرات آب وهوایی است که در چرخه‌های بیست، چهل وصد هزار تکرار می‌شود. محدوده‌های نوسان این متغیرها نیز خود درحال تغییر هستند، بطوری که به نظرمی‌رسد که از زمان خلقت زمین تاکنون مقدار زاویه میل تدریجاً کاهش یافته است. از اواخر پرکامبرین تاکنون چرخه‌های آب وهوایی نوسانات یکنواختی داشته‌اند. این تغییرات محدوده زمانی بین تشکیل یک گونه و یک جمعیت را دارامی‌باشند و درنتیجه موجب ناپدیدشدن بسیاری از تغییرات کوچک و ریز فرگشتی شده‌اند ولی به صورت ناگهانی تغییرات بزرگ را نشان می‌دهند.

منابع

۱- آدابی،م.ح (۱۳۶۹)،مطالعه ایزوتوپ کربن و اکسیژن و عناصر فرعی سنگهای آهکی سازند مزدوران واقع در شرقی ترین بخش حوضه کپه داغ- نهمین گردهمایی علوم زمین- تهران سازمان زمین شناسی کشور.

۲- محمودی،ف(۱۳۶۷) تحول ناهمواریهای ایران در کواترنری، پژوهشهای جغرافیایی ص ۱ تا ۱۴.

۳- مغفوری مقدم، و پازوکی، ۱۳۸۰، اصول چینه شناسی، فرهنگ زبان، ۲۵۴ رویه.

۴- مغفوری مقدم، وزارعی سهامیه، ۱۳۸۰، زمین شناسی تاریخی، عقیل، ۱۷۰ رویه.

5- Benneth, K., (1990) : Milankovitch cycles and their effects on species in ecological and evolutionary time, paleobiology, 16 (1) , pp 11-21.

6- Bryson, R.A (1974) : A prespectiv on climatic change scince Darwin, C., (1959): On the origin of species John Murvay, London

7- Fairbridge , R.W., (1972) Climatology of a glacial cycle , quaternary research (2) Fisher, A.G., and Robert, L.T., (1991) : cyclicity in the Green river Formation journal of sedimentary Petrology. Vol 61, N.T.pp1146-1154.

8- Gould.S.I., and N. Elderege (1997): Punctuated equilibiria: the tempo and mode of evolution reconsidered. Paleobiology: 115-1510

9- Jablonski, D., (1986): Background and mass extinctions the alternation of macroevolutionary regims, science, 237: 129 - 133.

10- Krimigis, S.M., (1992) : The magneto spher of neptune, Planet , Rep., 12 (2): 10-13 Mayre, E., (1945): Systematics and the origin of species, Columbia University presy cambridge.

11- Mignard, F., (1982): Long time integration of the Moon orbit. Inip. Brosche and j. sundermann (Editors), tidal friction and the earths rotation II, Springer , Berlin pp. 67-97.

12- Prthero, D.R., (1998) : Bringing fossil, An introduction to paleobiology , Mcgrew. Hill Raup, D.M., and I.I.sepkoski, JR., (1984): periodicity of extinction in the geologic past. proceedings of the national Academy of sciencies (usa), 81: 801-805.

13- Raup, D.M., and J.J sepkoski, JR.(1986): Periodic extinction of families and genera, science 231: 833-836.

14- Raup, D.M. and sepkoski, JR (1988): testing for periodcity of extintion, science, 241. 94-99.

15- Satterley. A,K., (1995): The inter pretation of cyclic successions of the middle and dpper triassic of northern a southern Alps, 40, pp/8/207.

16- Williams, G.E., (1993): History of the earth obliquity , earth sciences review , 34, pp 1-45.