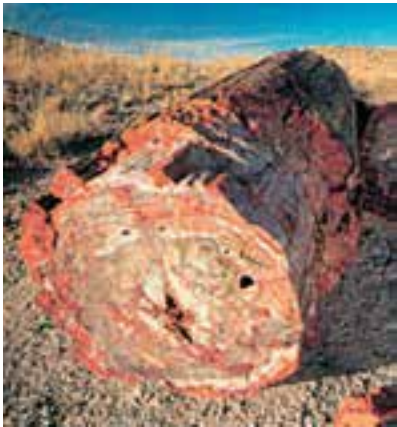


شواهدی در سنگ‌ها



شکل ۱-۷- درخت فسیل شده

به این درخت فسیل شده نگاه کنید. امروزه، جنس این درخت از سنگ است اما بدیهی است که در گذشته، همین قطعه فسیل، قسمتی از تنه یک درخت بوده است. در این صورت، چه حوادثی باعث تبدیل چوب به سنگ شده است؟

زمین‌شناسان نیز مانند کارآگاهان، با مشاهده دقیق شواهد موجود، به حوادث گذشته پی می‌برند. اما شواهد و مدارک زمین‌شناسان کدام‌اند؟
بیشترین شواهد و مدارک برای مطالعه گذشته زمین، در سنگ‌های رسوبی یافت می‌شود. علت این امر چیست؟
سنگ‌های رسوبی به دلیل داشتن فسیل، می‌توانند در تشخیص سن لایه‌ها و محیط تشکیل آنها مورد استفاده قرار گیرند.

زمین‌شناسان از شواهدی که در حال حاضر وجود دارد به عنوان مدارکی برای پی بردن به شرایط گذشته استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، وقتی در یک لایه رسوبی، فسیل مرجان‌ها یافت می‌شود، نشان‌دهنده آن است که این لایه در محیط دریایی گرم و کم عمق تشکیل شده است.

تفسیر کنید



(الف)



(ب)

منشأ احتمالی هر کدام از این سنگ‌ها کدام است؟

لایه لایه بودن سنگ‌ها

مهم‌ترین خاصه سنگ‌های رسوبی، لایه لایه بودن آنهاست. هر لایه از این سنگ‌ها نشانه‌ای از شرایط زمان رسوب گذاری خود را داراست. در بسیاری از لایه‌ها شواهدی از چگونگی و گاهی زمان رسوب گذاری یافت می‌شود.

فکر کنید

سطوح حدفاصل میان لایه‌ها ممکن است دقیق و واضح و یا نامشخص باشند. سطوح حدفاصل

در چه شرایطی تشکیل می‌شود؟

(الف)



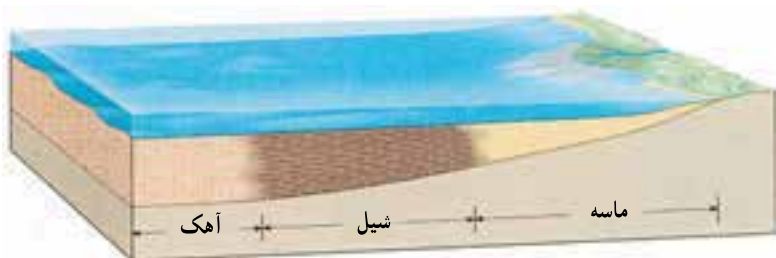
(ب)



طرز رسوب گذاری ذرات را در این دو حالت مقایسه کنید. در کدام حالت، آب حرکت داشته است؟ دلیل بیاورید.

یک لایه رسوبی که ممکن است مساحت هزاران کیلومتر مربع را بپوشاند، در نقاط مختلف به صورت‌های متفاوتی دیده می‌شود. مثلاً همین لایه ممکن است در یک محل ماسه‌ای و در محل دیگر

دارای قلوه سنگ‌های درشت و ریز و یارسی باشد. هنگامی که رسوبات در دریا ته‌نشین می‌شوند، مسلماً دانه‌های درشت در نزدیکی ساحل بر جای می‌مانند، اما ذرات رُس به علت سبکی زیاد، تا مسافتات زیاد از ساحل فاصله می‌گیرند (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷- جنس رسوبات در اعماق مختلف دریا، متفاوت است.

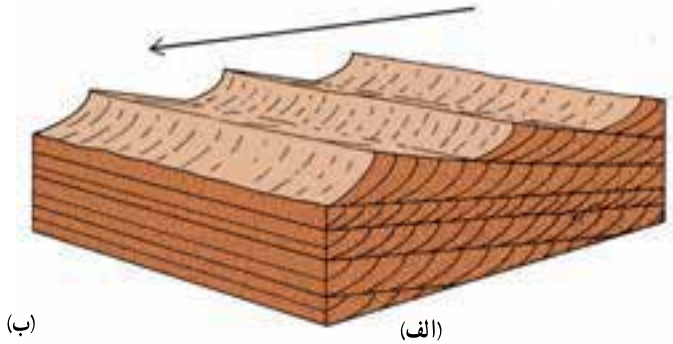
همه سنگ‌های لایه‌لایه، رسوبی نیستند، همچنان که گاهی گدازه‌های آتشفشانی هم که از کوه سرازیر می‌شوند، پس از انجماد به صورت لایه‌لایه درمی‌آیند. مانند خاکسترهایی که از دهانه آتشفشان خارج می‌شوند، ممکن است به صورت لایه‌لایه بر زمین بنشینند و سخت شوند (توف‌ها). البته تشخیص این قبیل سنگ‌ها از روی جنس و نحوه تشکیل آنها آسان خواهد بود.

گدازه‌های روان آتشفشانی ممکن است لایه‌هایی به رنگ‌های مختلف را شامل شوند که مانند یک رومیزی چروک خورده، چین دارند. بلورهای سوزنی‌شکل موجود در گدازه هم مانند الوارهایی که در روی آب در حرکت‌اند، در یک امتداد قرار می‌گیرند و جهت جریان را نشان می‌دهند.

تشخیص بالا و پایین لایه‌ها

قبل از آنکه بتوانید تاریخچه بیشتر سنگ‌های لایه‌دار را تشخیص بدهید، باید قادر باشید سطح بالا و پایین هر لایه را مشخص کنید. در بسیاری از موارد، لایه‌ها چین خوردگی یافته و ممکن است برگشته باشند. اما در غالب این لایه‌ها، شواهدی وجود دارد که سطح فوقانی آنها را نشان می‌دهد.

۱- **چینه‌بندی متقاطع**: در برخی از رسوبات حالت چینه‌بندی متقاطع مشاهده می‌شود، بدین معنا که در درون یک لایه قطور، لایه‌های نازکی وجود دارند که سطوح جداکننده آنها نسبت به سطح رسوب‌گذاری عمومی لایه اصلی، زاویه‌دار است. یکی از راه‌های تشکیل چینه‌بندی متقاطع در شکل ۳-۷ نشان داده شده است. آیا با توجه به این شکل، می‌توانید قسمت فوقانی لایه را از قسمت تحتانی آن مشخص کنید و آیا جهت جریان اولیه هم در حین رسوب‌گذاری در آنها پدیدار است یا نه؟



شکل ۳-۷- در هر کجا که سطح شیب‌داری بر اثر رسوب‌گذاری سریع تشکیل شود (دلتاها) یا عمل رسوب‌گذاری و تخریب به نوبت انجام گیرند، چینه‌بندی متقاطع پدید می‌آید (الف). چینه‌بندی متقاطع در رسوبات بادی قدیمی (ب).

۲- ریپل مارک‌ها (Ripple marks): شما ممکن است چین‌های کوچکی را در روی ماسه‌های ساحلی دریا، تهرودخانه، یا روی تپه‌های ماسه‌ای و حتی توده‌های برف دیده باشید که بی‌شباهت به چین‌های سطح آب استخر یا دریا به هنگام وزش باد نیستند. به این چین‌های کوچک ریپل مارک گویند. ریپل مارک‌هایی که عامل به وجود آورنده آنها همیشه در یک جهت حرکت می‌کند، شکلی ویژه

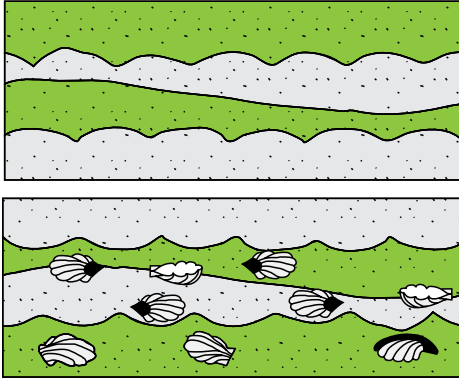


مسیر حرکت آب در این دو حالت، چگونه بوده است؟



شکل ۴-۷- ریپل مارک‌هایی که روی ماسه‌ها پدید آمده‌اند.

دارند؛ بدین معنا که شیب یک طرف آنها بیشتر است (کدام طرف؟)، اما زمانی که آب یا باد حرکتی به جلو و عقب داشته باشد، ریبیل مارک‌ها هم حالتی متقارن به خود می‌گیرند. لبه‌های تیز ریبیل مارک‌های متقارن همیشه به سمت بالای لایه قرار می‌گیرند.



شکل ۷-۵- کدام یک از این دو شکل وارونه‌اند؟

۳- فسیل‌ها نیز گاهی طبیعی یا وارونه بودن لایه‌های رسوبی را نشان می‌دهند. وقتی که آب دریا تعدادی صدف خالی را بر روی ساحل می‌افکند، امواج و جریان‌ها معمولاً دهانه آنها را روبه طرف پایین برمی‌گردانند (شکل ۷-۵).

وجود بی‌نظمی در لایه‌ها

طبقات رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند، اما بعدها ممکن است بر اثر چین خوردگی یا ایجاد گسل، وضع آنها به هم بخورد و توالی و پیوستگی طبیعی لایه‌ها، جای خود را به نوعی ناپیوستگی بدهد.

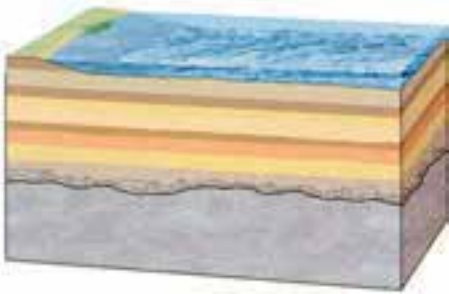


شکل ۷-۶- خارج شدن لایه‌های رسوبی از حالت افقی، نشانه تأثیر نیروهایی بر آنهاست.

نایبوستگی ها : گاهی حرکات پوسته زمین (کوهزایی و چین خوردگی) باعث بالا آمدن لایه‌هایی می‌شود که قبلاً در بستر دریا رسوب کرده و سخت شده‌اند. در این صورت، سنگ‌ها در معرض تأثیر عوامل فرسایشی قرار می‌گیرند. اگر بعدها دوباره به علت‌هایی آب دریا روی این طبقات فرسایشی را بپوشاند، رسوبات جدیدی در روی لایه‌های قبلی قرار می‌گیرند و سنگ‌های تازه‌ای را پدید می‌آورند. بدیهی است که در زمان تشکیل این دوسری رسوب، انقطاع حاصل می‌آید. به این وقفه ایجاد شده در توالی رسوبی، نایبوستگی می‌گویند. روی زمین نمی‌توان نقطه‌ای را یافت که در طول تاریخ زمین همواره در زیر دریا مانده و همچنان رسوبات لایه‌به‌لایه در آنجا ته‌نشین شده باشند. اصولاً نایبوستگی‌ها مشخص‌کننده زمان‌هایی هستند که عمل رسوب‌گذاری متوقف شده است.

انواع نایبوستگی‌ها عبارت‌اند از:

۱- نایبوستگی آذرین پی : در نقاطی که لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی مستقیماً در روی



شکل ۷-۷- نایبوستگی آذرین پی. چه حوادثی در اینجا اتفاق افتاده است؟

توده‌های آذرین قرار گرفته باشند، نوعی نایبوستگی پدید می‌آید که به آن آذرین پی گویند (شکل ۷-۷).

۲- نایبوستگی دگرشیب (زاویه دار) :

در این نوع نایبوستگی، سری رسوبات زیرین از حالت افقی خارج شده‌اند و روی آنها، سری رسوبات جوان‌تر و اغلب افقی، قرار گرفته است و تشخیص آن بسیار آسان است (شکل ۷-۸).



شکل ۸-۷- نایبوستگی زاویه دار - شهرستان خوسف بیرجند

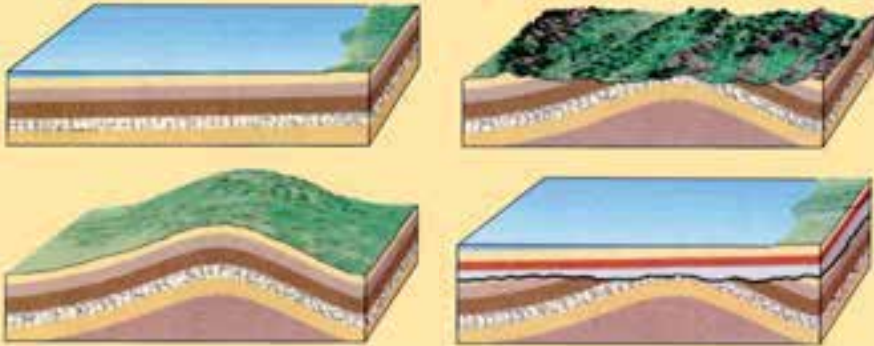


شکل ۹-۷- ناپیوستگی موازی (هم شیبی). چگونه تشکیل این نوع ناپیوستگی را شرح بدهید.

۳- ناپیوستگی هم شیب (موازی):
این نوع ناپیوستگی‌ها فراوان‌تر، اما نامشخص‌تر از بقیه‌اند؛ زیرا لایه‌های رسوبی واقع در بالا و پایین سطح ناپیوستگی، با همدیگر موازی‌اند و حتی شواهد وقوع فرسایش احتمالی هم وجود ندارد (شکل ۹-۷).

تفسیر کنید

شکل‌ها را مرتب کنید و حوادثی را که باعث تشکیل آنها شده است شرح دهید.



اصول قابل استفاده در تعیین سن نسبی

وقتی سن سنگ‌ها به صورت «مقایسه‌ای» بیان شود (مثلاً سنگ A قدیمی‌تر از B است)، سن نسبی آنها را مشخص می‌کنیم.

۱- اصل انطباق: نیکلاس استنو دانشمند قرن هفدهم دانمارکی، نخستین کسی است که گفته است:

(الف) لایه‌های رسوبی به‌طور افقی ته‌نشین می‌شوند.

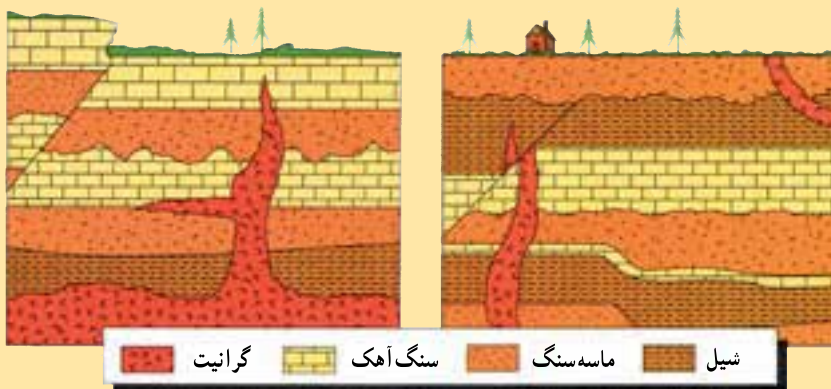
(ب) در یک سری از طبقات رسوبی که بدون تغییر مانده باشند، لایه‌های زیرین قدیمی‌تر از لایه‌های فوقانی‌اند. این اصل، برای تعیین سن نسبی، هنوز هم مهم شمرده می‌شود.

البته، خود استنو هم متوجه شده بود که قضاوت ما دربارهٔ سن نسبی لایه‌های رسوبی زمانی

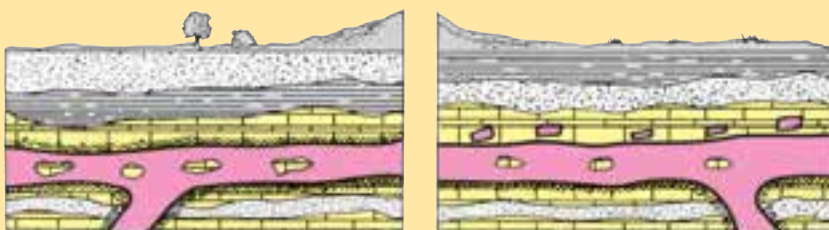
درست خواهد بود که طبقات رسوبی برگشته نباشند یا به عبارت دیگر توالی اولیه خود را حفظ کرده باشند. اگر طبقات چین خورده باشند، بدیهی است این حادثه، بعد از زمان تشکیل آنها رخ داده است. به همین ترتیب، وقوع هر نوع شکستگی و گسل در لایه‌ها نیز به زمان بعد از تشکیل آنها مربوط خواهد بود.

تفسیر کنید

۱- در دو شکل زیر، ترتیب بروز وقایع را مشخص کنید.

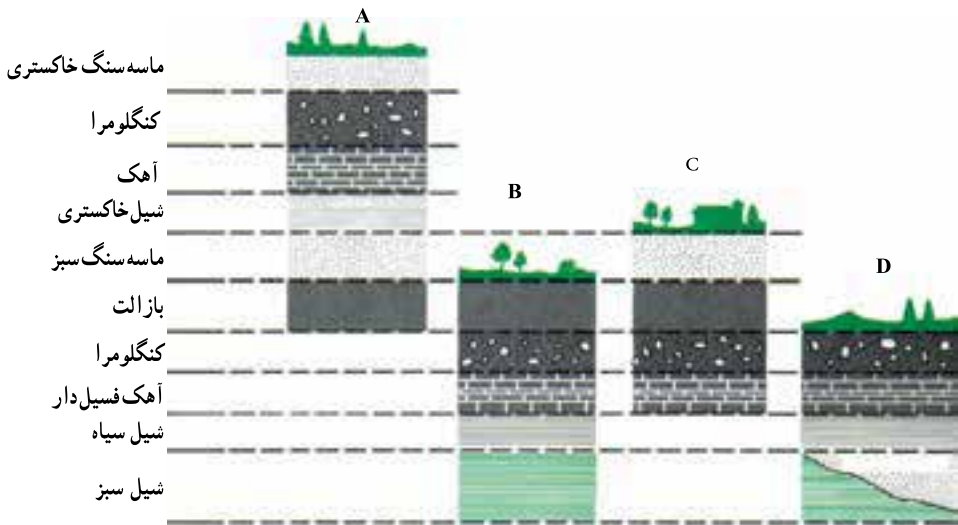


۲- در کدام یک از دو شکل، توده آذرین، نفوذی و در کدام یک، گدازه مدفون شده است؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.



۲- پیوستگی جانبی لایه‌ها: زمین‌شناسان، برای تعیین همزمانی، یا تقدم و تأخر رسوب گذاری لایه‌ها، به تطابق و ایجاد همبستگی میان آنها می‌پردازند.

طبقات رسوبی را که رنگ مشخص، بافت یا فسیل‌های معینی به همراه دارند، به آسانی می‌توان در فواصل نزدیک، با همدیگر مقایسه کرد، اما هر چه فاصله دوسری رسوب بیشتر شود، کار انطباق و مقایسه مشکل‌تر می‌شود، مثالی از مسئله پیوستگی جانبی لایه‌ها را در شکل ۱-۷ ملاحظه می‌کنید. این تصویر چهارسری رسوب را در چهار نقطه مختلف نشان می‌دهد. زمین‌شناسی که به این سری‌های



شکل ۱۰-۷- در مناطق A و D لایه‌های مشترکی دیده نمی‌شود، با این حال، راهی برای تطابق آنها وجود دارد.

رسوبی توجه کند، لایه‌های مختلفی را در آنها تشخیص می‌دهد. مثلاً، او می‌خواهد بداند که آیا سری رسوبات A با سری رسوبات D ارتباطی دارند یا نه؟ به نظر شما، او به چه نکاتی باید توجه کند؟ آیا سرانجام، وی ارتباطی را میان این دو سری، خواهد یافت یا نه؟

وقتی که کار تطابق به قاره‌های مختلف، یعنی نقاط دور از هم برسد، قضاوت کردن بسیار مشکل می‌شود. در گذشته نیز مانند امروز، شرایط محیطی در نقاط مختلف یکسان نبوده است، اگر در یک منطقه، عمل رسوب گذاری صورت می‌گرفته، در جای دیگر فرایندهای فرسایشی دست اندر کار بوده‌اند. هیچ لایه سنگی وجود ندارد که سطح همه قاره‌ها، یا سطح یک قاره را به طور کامل بپوشاند. با این حال، راه‌هایی دیگر برای تطابق لایه‌ها حتی در چنین مقیاس وسیعی نیز وجود دارد.

زمین‌شناسان از فسیل کمک‌های زیادی می‌گیرند. به عنوان مثال، گونه‌های فسیلی مشابهی در افریقا، اروپا و امریکای شمالی یافت می‌شوند و با آنکه فاصله مکانی این فسیل‌ها بسیار دور از هم است، می‌توان گفت که همه آنها در یک زمان می‌زیسته‌اند. زمین‌شناسان فرض می‌کنند که رسوبات محتوی چنین فسیل‌هایی نیز به طور هم‌زمان تشکیل شده‌اند.

فسیل‌ها اطلاعات دیگری را نیز در اختیار می‌گذارند. مثلاً به کمک آنها می‌توان از چگونگی و محل تشکیل رسوبات نیز آگاهی یافت. برخی از فسیل‌ها، مربوط به جانوران دریازی‌اند، پس سنگ‌های محتوی آثار آنها باید در محیط اقیانوس تشکیل شده باشند. رسوبات رودخانه‌ای یا دریاچه‌ای هم

به همین ترتیب قابل تشخیص اند.

با آنکه فسیل‌ها را از قرن‌ها قبل می‌شناخته‌اند، تنها در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم بود که اهمیت و ارزش آنها در علوم زمین معلوم شد. در این زمان، یک مهندس انگلیسی به نام ویلیام اسمیت در ضمن احداث کانال متوجه شد که در هر گروه از سنگ‌هایی که در ضمن حفر کانال به آنها برخورد می‌کند، فسیل‌های ویژه‌ای دارند که متفاوت با فسیل‌های لایه‌های بالایی و پایینی است. گذشته از آن، وی متوجه شد که لایه‌های رسوبی مناطق کاملاً دور از هم را می‌توان با استفاده از فسیل‌های موجود در آنها با هم مقایسه کرد.

فسیل‌ها نشان‌دهنده طرز تکامل حیات در روی زمین‌اند و چون جانداران ابتدایی تر و ساده‌تر، در مقایسه با جانداران پیچیده و پیشرفته، قدمتی زیادتر دارند، با مقایسه نوع فسیل‌های موجود در سنگ‌ها می‌توان ترتیب قدمت لایه‌های رسوبی را نیز معلوم داشت.

فکر کنید

۱- در صورتی که امروزه، جانداران ابتدایی مانند اسفنج‌ها، مرجان‌ها، جلبک‌ها و آغازیان مختلف را در کنار جانداران پیچیده، چون پستانداران، یا گیاهان گلدار تک‌لپه‌ای می‌یابیم، چگونه می‌توان ادعا کرد که جانداران ساده، قدمت بیشتری دارند؟

۲- فسیل‌شناسان، برای بعضی از فسیل‌ها در مقایسه با بقیه، ارزش زیادتری قائل‌اند و حتی نام آنها را سنگواره‌های راهنما می‌گذارند. به نظر شما کدام خصوصیات زیر می‌تواند یک سنگواره را جزء اقسام راهنما قرار بدهد:

- (در همه جا / جاهای محدود) پیدا می‌شود.

- دوره زندگی جاندار مربوط به آن کوتاه (طولانی) بوده است.

- نمونه‌های موجود آن محدود

(فراوان) است.

- متعلق به جانداران ساده (پیچیده)

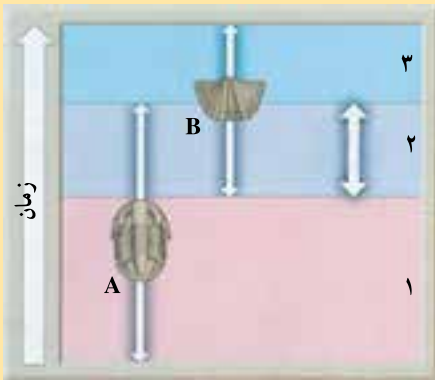
است.

- تشخیص آن آسان (مشکل)

است.

۳- تشخیص سن کدام لایه آسان‌تر

و دقیق‌تر است: ۱، ۲ یا ۳؟ دلیل بیاورید.



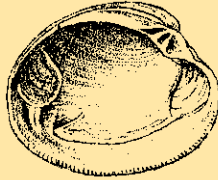
مشاهده و استنباط کنید

سنگواره‌ها، گذشته از کاربردی که در تشخیص قدمت لایه‌های سنگی و انطباق آنها با همدیگر دارند، در موارد زیر هم به کار می‌آیند.

۱- تشخیص حدود خشکی‌ها و دریا‌های قدیمی.

۲- تشخیص نوع آب و هوای گذشته

با مشاهده شکل هریک از فسیل‌های زیر، نوع آب و هوا و شرایط محیطی زمان زندگی آنها را مشخص کنید.



Venus (صدف نازک)



Ostrea (صدف قطور)

جمع آوری اطلاعات

امروزه فسیل‌ها، در تعیین محل منابع نفت نیز کاربرد وسیعی دارند. اطلاعاتی را در مورد نوع فسیل‌های مورد استفاده، طرز تشخیص آنها و همچنین، دلیل استفاده از آنها را در اکتشاف منابع نفتی تهیه کنید.

بیشتر بدانید

راه‌های تشکیل فسیل یا سنگواره: سنگواره‌ها عموماً به یکی از چهار طریق زیر تشکیل می‌شوند.

۱- فسیل شدن قسمت‌های نرم: این نوع فسیل شدن موقعی صورت می‌گیرد که جسد جاندار پس از مرگ در محیطی کاملاً دور از هوا قرار بگیرد. گرچه وجود چنین محیطی در طبیعت بسیار نادر است و موجودات اغلب تحت تأثیر عمل باکتری‌ها واقع می‌شوند، ولی محیط‌هایی نظیر یخ، خاک‌های اشباع شده از نفت، صمغ درختان و ... می‌توانند در شرایط خاصی حتی تمام بدن یک جاندار را از عوامل تجزیه‌کننده حفظ کنند. مثلاً اجساد فیل‌های ماموت که نسل آنها مدت‌ها قبل منقرض

شده، تا امروز در گسل‌های یخ‌زدهٔ سیبری باقی و حتی گوشت آن سالم مانده است و یا حشراتی که به صمغ‌ها چسبیده و در داخل آنها قرار گرفته‌اند در اثر گذشت زمان و سخت‌شدن صمغ‌ها بدون کوچک‌ترین تغییری حفظ شده‌اند. این نوع حشرات گاهی به قدری خوب حفظ شده‌اند که حتی بافت‌های مختلف آنها نیز زیر میکروسکوپ قابل ملاحظه است.



بدن این حشره قدیمی، به طور کامل در داخل کهر با محفوظ مانده است.

۲- فسیل‌شدن قسمت‌های سخت: بدن اغلب جانوران دارای قسمت‌هایی سخت مثل دندان، استخوان و صدف است؛ برخی گیاهان دارای اسکلت مقاوم‌اند و بعضی از جانداران تک‌سلولی نیز، پوستهٔ سیلیسی سختی دارند که آنها را در مقابل عوامل فساد و تخریب، مقاوم می‌سازد. از این رو، چنین موجوداتی برای تبدیل شدن به فسیل یا سنگواره مناسب‌ترند.

۳- فسیل‌های حاصل از تبدیل قسمت‌های سخت به مواد دیگر: این قبیل فسیل‌شدن را می‌توان جاننشینی مولکول به مولکول ماده نیز در نظر گرفت. مثلاً آب‌های زیرزمینی ضمن عبور از داخل رسوبات، بقایای جسد موجودات را حل می‌کنند و جای خالی آنها را با مواد محلول همراه مثل سیلیس، کلسیت، پیریت و اکسید آهن پر می‌سازند. در بعضی موارد، ساختمان بافت و سلول نیز به خوبی حفظ شده است، مثل چوب‌های سیلیسی شده.

۴- فسیل‌های حاصل از آثار موجودات زنده: فسیل منحصر به جسم سنگ‌شدهٔ جانوران و گیاهانی که از گذشته زندگی می‌کرده‌اند نیست؛ بلکه آثار باقی‌مانده از گیاهان و جانوران بر روی رسوبات را نیز فسیل به‌شمار می‌آورند. در چنین مواردی، شاهد هیچ‌یک از اعضای اصلی سنگ‌شدهٔ موجود زنده نخواهیم بود و فقط اثر بازمانده بر روی رسوب است که نشان از ساختاری گیاهی یا جانوری با خود

دارد. معروف‌ترین انواع این دسته از فسیل‌ها عبارت‌اند از:

● **قالب داخلی و خارجی:** ممکن است قالبی از صدف، استخوان و حتی برگ و یا تزیینات ساقه گیاهان به صورت فسیل درآید. مثلاً صدف‌هایی که در رسوبات نرم مدفون شده باشند می‌توانند اثری بر رسوبات برجا گذارند. اگر صدف تدریجاً حل شده و جای خالی آن به وسیله موادی پر شود، این مواد به شکل صدف بوده و تزیینات خارجی بر روی آن نقش بسته است که به آن **قالب خارجی** می‌گویند. در صورتی که تزیینات داخلی صدف از رسوبات نرم پر شود، سپس صدف حل شده و از بین برود **قالب داخلی** صدف به صورت فسیل بر جای می‌ماند.

● **ردپا و اثر موجودات بر روی رسوبات:** ردپا، دُم و سایر زواید یک جانور ممکن است بر روی رسوبات نرم باقی‌بماند و این اثر توسط رسوبات دانه‌ریز مانند رس یا ماسه پر شده و بعدها سخت شود. در این صورت اثر موجود بر روی سنگ‌ها به صورت فسیل درمی‌آید.

سن مطلق

برای تعیین «چه مدت قبل»، شما نیاز به مقیاس زمانی دارید. مثلاً می‌توانید وقایع را نسبت به زمان حال بسنجید. وقتی که شما سن پدیده‌ها و وقایع را با زمان حال می‌سنجید، **سن مطلق** را تعیین می‌کنید. پس سن مطلق هر چیزی، زمان پیدایش آن را تا امروز نشان می‌دهد. با این ترتیب، تعیین سن مطلق، دقیق‌تر از تعیین سن نسبی است، اما مشکل‌تر هم هست.

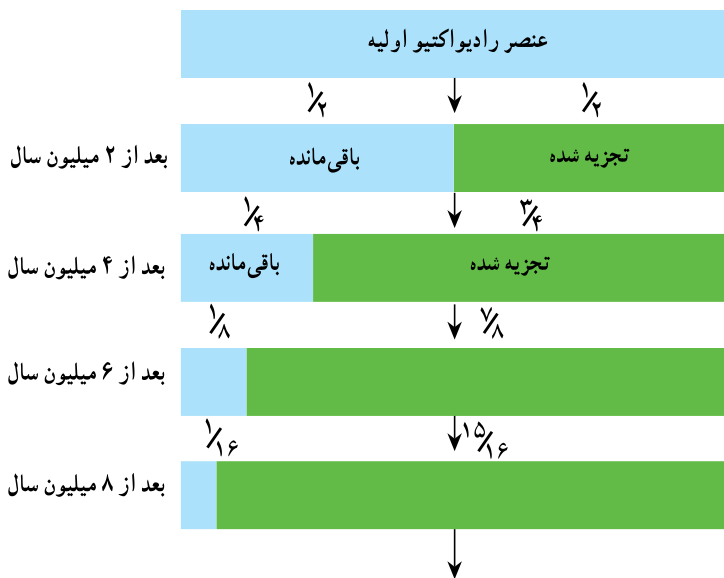
ساعت و تقویم، زاده تفکر آدمی است و از روی حرکات زمین ابداع شده‌اند تا بتوان زمان را به کمک آنها تعیین کرد. اما برای پی‌بردن به وقایعی که در میلیون‌ها سال قبل رخ داده‌اند و از حد روز، ماه و سال فراترند، ساعت و تقویم کاربردی ندارند و باید به دنبال یافتن معیارهای دیگری بود.

کشف خاصیت رادیواکتیویته، روش دقیقی را برای تعیین دقیق سن سنگ‌ها و اشیاء در اختیار دانشمندان گذاشت، چنان‌که می‌دانید، هسته بعضی از عناصر، ذرات و انرژی را با نسبتی ثابت از خود دفع می‌کند. این عناصر، **رادیواکتیو** نام دارند. وقتی یک عنصر رادیواکتیو ماده و انرژی از خود خارج کند، سرانجام مبدل به عنصری دیگر می‌شود که رادیواکتیو نیست. از آنجا که در مواد رادیواکتیو سرعت تخریب قابل محاسبه است و هیچ‌نوع عامل خارجی از قبیل گرما، فشار و ... بر آنها مؤثر نیست، مواد رادیواکتیو را به عنوان ساعت‌های طبیعی در نظر می‌گیرند. با تعیین مقدار عناصر رادیواکتیو و غیر رادیواکتیو، می‌توان مدتی را که از عمر سنگ حاوی آن مواد گذشته، محاسبه کرد.

اورانیم، عنصری رادیواکتیو است که در بعضی از سنگ‌ها وجود دارد. به ویژه، یک نوع این عنصر (به نام $U-238$) برای تعیین سن مطلق سنگ‌ها کاربرد زیادی دارد. اورانیم ۲۳۸، دارای

عدد جرمی ۲۳۸ و عدد اتمی ۹۲ است (یعنی ۹۲ پروتون در هسته دارد). این عنصر، پس از تخریب، یعنی خارج کردن مرتب دو پروتون و دو نوترون، کاهش جرم می‌یابد و طی یک سلسله واکنش و تولید مواد واسطه، سرانجام به سرب ۲۰۶ تبدیل می‌شود.

نیمه عمر: سرعت تخریب بیشتر مواد رادیواکتیو، بسیار کند است، اما دانستن این سرعت، اهمیت دارد. دانشمندان دریافته‌اند که مدت زمان لازم برای تخریب نیمی از هر مقدار اورانیم ۲۳۸ و تبدیل آن به سرب ۲۰۶، معادل ۴/۵ میلیارد سال است. برای هر عنصر چنین مدت زمانی را نیمه عمر آن عنصر می‌نامند.



شکل ۱۱-۷- تخریب ماده رادیواکتیو؛ با نیمه عمر ۲ میلیون سال

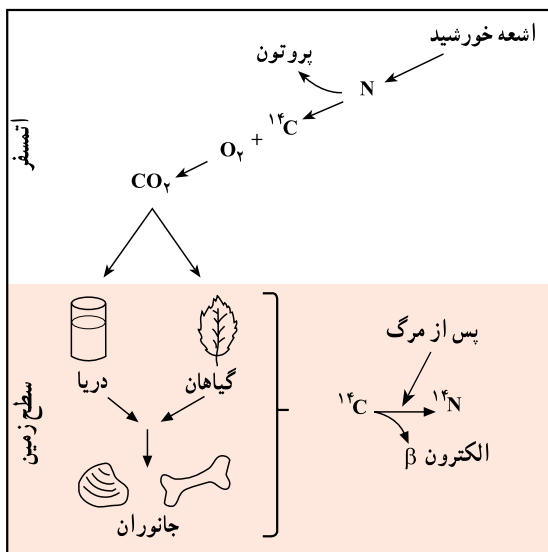
فکر کنید

۱- اگر در سنگی، مقدار اورانیم ۲۳۸، $\frac{1}{8}$ مقدار اولیه باشد، چه مدت از عمر آن سنگ گذشته است؟

۲- گفته می‌شود روش تعیین سن با استفاده از اورانیم ۲۳۸، برای نمونه‌هایی کاربرد دارد که بیشتر از ۱ میلیون سال قدمت داشته باشند. دلیل چیست؟

جدول ۱-۷- ایزوتوپ‌هایی که در عمرسنجی به روش رادیومتری کاربرد دارند.

ماده رادیواکتیو اولیه	ماده حاصل	نیمه عمر مورد قبول
اورانیم ۲۳۸	سرب ۲۰۶	۴/۵ میلیارد سال
اورانیم ۲۳۵	سرب ۲۰۷	۷۱۳ میلیون سال
توریم ۲۳۲	سرب ۲۰۸	۱۴/۱ میلیارد سال
روبیدیم ۸۷	استرونیسیم ۸۷	۴/۷ میلیارد سال
پتاسیم ۴۰	آرگون ۴۰	۱/۳ میلیارد سال



شکل ۱۲-۷- اتم‌های کربن رادیواکتیو در طبقات بالای اتمسفر تشکیل شده، وارد چرخه کربن می‌شوند.

کربن رادیواکتیو: در بعضی

از نمونه‌هایی که قدمت زیادی ندارند، مواد آلی یافت می‌شود که مربوط به بقایای بدن جانداران است. دانشمندان، برای تعیین سن این نمونه‌ها، از نوعی کربن رادیواکتیو (C-۱۴) استفاده می‌کنند. کربن ۱۴، بعد از تخریب مبدل به نیتروژن ۱۴ می‌شود.

کربن ۱۴، به طور طبیعی در اتمسفر وجود دارد که پس از ترکیب با اکسیژن CO₂، پدید می‌آورد. البته، بیشتر CO₂ اتمسفری، از کربن غیررادیواکتیو (C-۱۲) به وجود

می‌آید و مقدار کمی از این گاز، محصول C-۱۴ است. نسبت میان C-۱۴ به C-۱۲ در اتمسفر ثابت است. همه جانداران، هردونوع کربن را جذب می‌کنند و گیاهان، CO₂ حاصل از هردونوع را در فرایند فتوسنتز به کار می‌برند. سپس، هردونوع کربن از طریق زنجیره غذایی به بدن جانوران هم می‌رسند. تا زمانی که گیاهان و جانوران زنده‌اند، نسبت میان دونوع کربن در آنها ثابت است، اما بعد از مرگ، این نسبت تغییر می‌کند، چون عمل جذب آنها متوقف می‌شود و کربن ۱۴ به علت ناپایداری، شروع

به تجزیه می‌کند و نیتروژن ۱۴ را به وجود می‌آورد.

نیمه عمر کربن ۱۴، معادل ۵۷۳۰ سال است. دانشمندان، برای تعیین عمر نمونه کربن دار، ابتدا نسبت C-۱۴ به C-۱۲ را تعیین می‌کنند، سپس آن نسبت را با نسبتی که این دونوع کربن در بدن جانداران دارند، می‌سنجند.

C-۱۴، اغلب برای تعیین سن استخوان، چوب، صدف و بازمانده‌های آلی انسان کاربرد دارد. با این روش، نمونه‌هایی را که تا ۵۰ هزار سال قدمت دارند، می‌توان عمرسنجی کرد. بنابراین، باستان‌شناسان، انسان‌شناسان و زمین‌شناسان از آن استفاده‌های زیادی می‌کنند. درواقع، ابداع این روش چنان مهم بود که در سال ۱۹۶۰، شیمی دانی به نام لی بی جایزه نوبل را به همین خاطر دریافت کرد.

تحوّلات گذشته



سطح زمین در تغییر دائم است. کوه‌ها به وجود می‌آیند و فرسوده می‌شوند. اقیانوس‌ها پیشروی و پسروی می‌کنند و مناطقی سرسبز تبدیل به بیابان می‌شوند. با تغییراتی از این قبیل، جانداران مختلف نیز فراوان می‌شوند و سپس روبه نابودی می‌روند. شواهد بروز چنین تغییراتی در میان لایه‌های سنگی موجود در پوسته زمین باقی می‌ماند. دانشمندان، برای آنکه بتوانند ترتیب و نوع این تغییرات را دریابند، اقدام به تهیه یک جدول مقیاس زمانی کرده‌اند. در این جدول، تغییرات فیزیکی و زیستی در چهره زمین مشخص می‌شود.

چینه‌شناسی

چینه‌شناسی یکی از شاخه‌های زمین‌شناسی تاریخی است که در آن، توالی لایه‌های رسوبی و حوادثی را که در طی رسوب‌گذاری رخ داده است، به کمک شواهد موجود، تفسیر می‌کنند. در صفحات قبل گفته شد که براساس اصل انطباق و پیوستگی جانبی لایه‌ها می‌توان سن نسبی لایه‌های رسوبی را تعیین کرد و با تطابق لایه‌ها، به حوادث گذشته زمین پی برد. لایه‌های رسوبی، ضخامت‌های متفاوت دارند. این ضخامت، از حد میکروسکوپی، تا ده‌ها متر تغییر می‌کند. سطح تماس بین دو لایه مجاور هم را سطح لایه‌بندی می‌گویند.

واحدهای چینه‌شناسی

چینه‌شناسان برای بررسی زمان و همچنین، چینه‌ها و فسیل‌ها، از مقیاس‌هایی استفاده می‌کنند که عبارت‌اند از: واحدهای زمانی زمین‌شناسی، واحدهای زمانی چینه‌شناسی، واحدهای زیستی چینه‌شناسی و واحدهای سنگی چینه‌شناسی. در اینجا مقیاس‌های مربوط به زمان زمین‌شناسی و واحدهای سنگی چینه‌شناسی را مرور می‌کنیم.

واحدهای زمانی زمین‌شناسی: براساس بررسی‌هایی که بر روی فسیل‌ها، تعداد و تنوع

جانداران، انقراض آنها در مدتی کوتاه، حوادث کوه‌زایی و ناپیوستگی‌ها صورت گرفته عمر زمین را به بخش‌هایی که از نظر زمان نامساوی‌اند تقسیم می‌کنند. این بخش‌ها را واحدهای زمانی زمین‌شناسی گویند، که به ترتیب شامل ائون، دوران، دوره، دور یا عهد است. هر واحد، قسمتی از تاریخ عمر زمین است. نام دوره‌ها اغلب از روی نام یک ناحیه یا جنس رسوبات یا نام فسیل‌ها تعیین شده است.

واحدهای سنگی چینه‌شناسی: در واحدهای سنگی چینه‌شناسی، ویژگی‌های انواع سنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ چینه‌ها مورد تأکید است. بنابراین، هر واحد سنگی چینه‌شناسی مجموعه‌ای از چینه‌هاست که قسمت عمدهٔ آن از یک نوع سنگ معین یا مجموعه‌ای از سنگ‌های مشخص تشکیل شده باشد. هر واحد سنگی چینه‌شناسی ممکن است از یکی از گروه‌های سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی یا مجموعه‌ای از دو یا هر سه نوع از این گروه‌ها تشکیل شده باشد، این واحدها عبارت‌اند از:

لایه: کوچک‌ترین واحد سنگی چینه‌شناسی است و به واسطهٔ داشتن ویژگی‌های مشخص سنگ‌شناسی از لایه‌های بالا و پایین خود تمیز داده می‌شود.

بخش: شامل چند لایه است که از نظر ویژگی‌های سنگ‌شناسی مشخص است و در بین قسمت‌های دیگر به آسانی تمیز داده می‌شود.

سازند: واحد سنگی اصلی چینه‌شناسی و عبارت است از مجموعه لایه‌هایی که صفات سنگ‌شناسی مشخص داشته باشد. بالا و پایین یک سازند مشخص است، ولی ضخامت آن حد معینی ندارد. یک سازند ممکن است یک یا چند بخش داشته باشد.

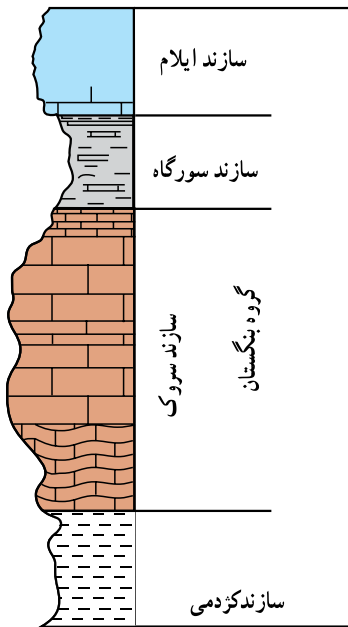
گروه: واحد بزرگ‌تر از سازند است و از دو یا چند سازند پیاپی تشکیل می‌شود. واحدهای سنگی چینه‌شناسی را به ترتیب بزرگی می‌توان به صورت زیر نوشت:

گروه → سازند → بخش → (طبقه) لایه

نام هر یک از واحدهای سنگی چینه‌شناسی، ترکیبی از نام جغرافیایی یک ناحیه و نام خود واحد است، مثل سازند آغاچاری یا گروه بنگستان.

ستون چینه‌شناسی

مجموعه‌ای از توالی لایه‌های سنگی (سازندها) یک منطقه را که براساس سنگواره‌های راهنما،



شکل ۱-۸- نمایش ستون چینه‌شناسی چند سازند زمین‌شناسی - کنگره بودن خط سمت چپ برای نشان دادن مقاومت مختلف سازندها نسبت به هوازدگی است.

از قدیم به جدید مرتب کرده باشند، ستون چینه‌شناسی گویند. زمین‌شناسان با توجه به مشاهدات و تحقیقات خود از ستون چینه‌شناسی در سراسر جهان، ستون چینه‌شناسی واحدی تشکیل داده‌اند که نمایانگر زمان در طی تاریخ گذشته زمین، از ابتدا تا به امروز است. ستون چینه‌شناسی یک مقیاس نسبی زمانی برای مقایسه لایه‌های سنگی است و همچنین گسترش و تغییر و تحول حیات را در طی عمر زمین نشان می‌دهد.

البته، توجه داشته باشید که در هیچ جای زمین، نمی‌توان رسوبات همه زمان‌ها را در کنار هم یافت. بنابراین، دانشمندان حاصل مشاهدات خود از نقاط مختلف را باهم تلفیق می‌کنند تا استاندارد برای آرایش لایه‌های سنگی یا همان ستون چینه‌شناسی پیدا کنند. درستون چینه‌شناسی، لایه‌های زیر، قدیمی‌ترین و لایه‌های بالا، جدیدترین خواهند بود.

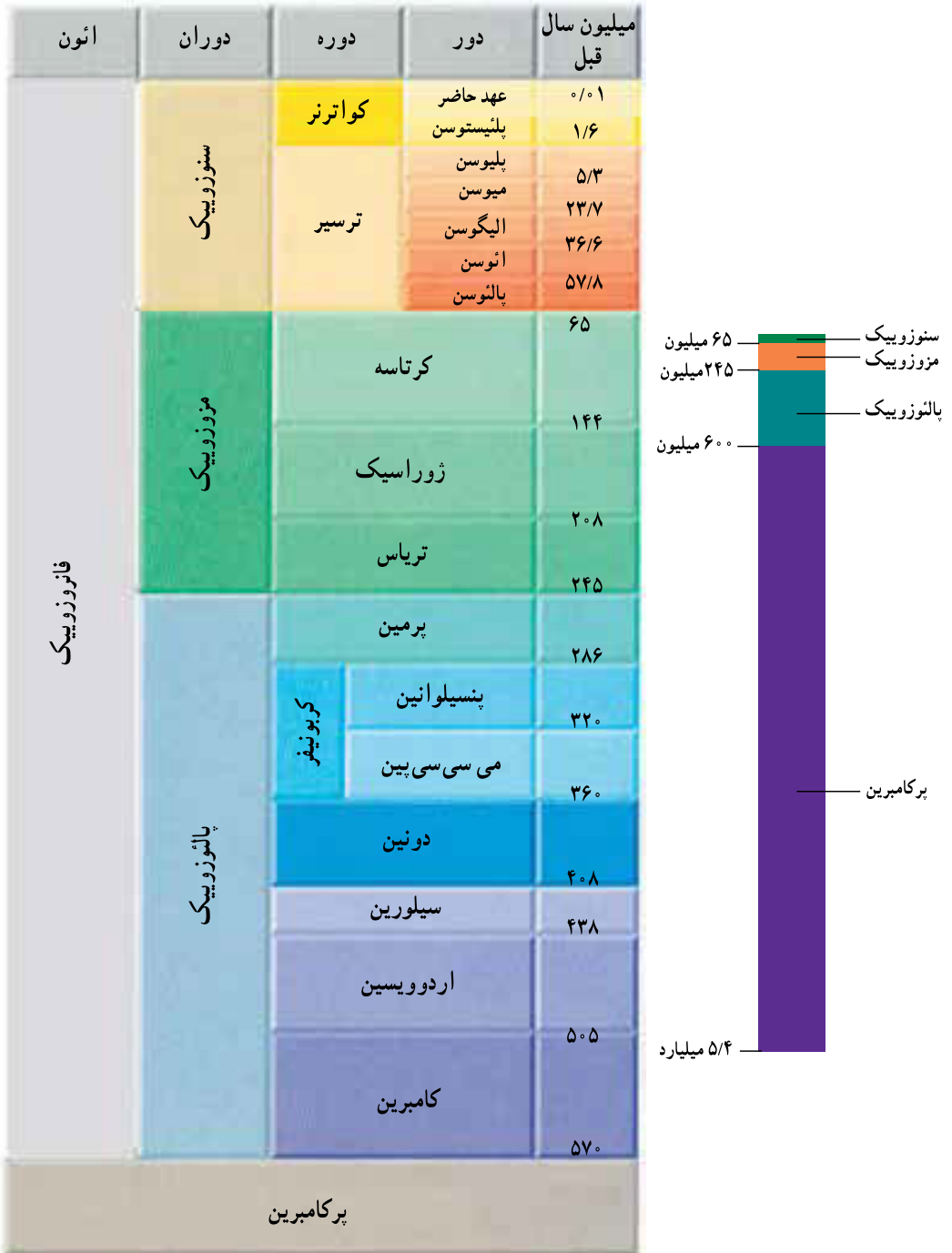
در تشخیص لایه‌های ستون چینه‌شناسی، از دو معیار،

یعنی نوع فسیل‌ها و جنس سنگ‌ها کمک می‌گیرند. فسیل‌های موجود در لایه‌های بالایی، به گیاهان و جانوران امروزی مشابه‌اند، حال آنکه آثار فسیلی لایه‌های زیرین، اغلب وضعی متفاوت دارند و چنان که می‌بینیم، نسل بیشتر آنها نابود شده است.

تقسیم بندی زمان زمین‌شناسی

همچنان که در تاریخ، وقوع حوادث مهم را مبنای پایان یک دوره و شروع یک دوره دیگر می‌شمارند، در زمین‌شناسی نیز حوادث مهمی چون پیدایش و تغییرات چشمگیر در نوع فسیل‌ها، تغییر در نوع و ضخامت سنگ‌ها، ناپیوستگی‌ها و تغییرات آب‌وهوایی را برای طبقه‌بندی کردن زمان به کار می‌برند.

جدول ۱-۸ - تقسیم بندی زمانی گذشته زمین. طول دوران های مختلف را با هم مقایسه کنید.



دوران	دوره	تقسیمات مهم زمان در زمین شناسی
سنوزویک (دوران غلبه پستانداران)	کواترن (چهارم) ترسیر (سوم)	در ابتدا، دوران‌های زمین‌شناسی را به نام اول، دوم، سوم و چهارم می‌نامیدند. امروزه، دوران اول و دوم دیگر کاربردی ندارد، اما نام‌های سوم و چهارم را هنوز هم برای دوره‌های سنوزویک به کار می‌برند.
مزوزویک (دوران غلبه خزندگان)	کرتاسه ژوراسیک تریاس	از نام لاتین کرتا به معنای گل سفید گرفته شده است. این نوع رسوبات به مقدار زیاد در انگلیس وجود دارند. از نام کوه‌های ژورا بین فرانسه و سویس گرفته شده که رسوبات این دوره نخستین بار در آنجا مطالعه شد. از نام تریاس به معنای سه‌گانه گرفته شده، زیرا رسوبات آن در سه لایه متمایز از بقیه‌اند.
پالئوزویک (دوران غلبه بی‌مهرگان)	پرمن کربونifer دوینین سیلورین اردووسین کامبرین	نخستین بار، سنگ‌های آن در ناحیه پرم روسیه مطالعه شد. مقدار زیادی ترکیبات زغالی و کربن‌دار در این دوره یافت شده است. سنگ‌های آن اولین بار در دون شایر انگلیس مطالعه شد. از نام قبایل سیلور گرفته شد، که در ناحیه ویلز انگلیس می‌زیسته‌اند. از نام مردمان ویلز به نام اردوویس گرفته شده است. نام قدیمی ویلز در انگلیس است.
پرکامبرین		به معنای ماقبل کامبرین است و آثار حیاتی مشخصی ندارد.

پرکامبرین

دوران پرکامبرین، با پیدایش زمین در حدود ۴/۶ میلیارد سال قبل شروع شده و در ۶۰۰ میلیون سال پیش پایان یافته است. تفسیر آنچه در سنگ‌های این دوران باقی مانده، دشوار است؛ زیرا بیشتر این سنگ‌ها، تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف صورت گرفته در پوسته چنان تغییر یافته‌اند که تشخیص ترتیب و لایه‌های اولیه آنها به ندرت امکان‌پذیر است.

مناطق وسیع بیرون‌زدگی‌های سنگ‌های پرکامبرین به نام سپر را در اغلب قاره‌ها می‌توان یافت. سپرهای پرکامبرین، حاصل چندین صد میلیون سال فعالیت آتشفشانی و کوه‌زایی، تشکیل رسوبات و دگرگونی‌اند. سنگ‌های پرکامبرین، اغلب تغییرشکل یافته و دگرگون شده‌اند. در نتیجه، مقدار زیادی از آنها ذوب شده‌اند و به همین علت، مواد معدنی مختلفی را به نزدیکی سطح زمین آورده‌اند. بیشتر از نصف کانی‌های

پرارزش جهان را در سپرهای پرکامبرین یافته‌اند، که در میان آنها، نیکل، آهن، طلا و اورانیم وجود دارد. فسیل مربوط به پرکامبرین، بسیار کمیاب است؛ زیرا بیشتر جانداران این دوران، فاقد قسمت‌های سخت مانند استخوان و صدف در بدن بوده‌اند. گذشته از آن، قدمت زیاد سنگ‌ها و تحمل تغییرات فراوان و مکرر، باعث از بین رفتن فسیل‌های آن زمان شده است.

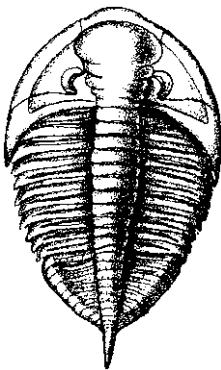
از جمله فسیل‌های معدود پرکامبرین، می‌توان به استروماتولیت‌ها، یا رسوبات ریف‌مانند (مشابه تشکیلات مرجانی) اشاره کرد، که محصول عمل باکتری‌ها و جلبک‌ها هستند. استروماتولیت‌ها، امروزه هم در بعضی از آب‌های کم عمق تشکیل می‌شوند. به همین علت هم تصور می‌رود در پرکامبرین، دریا‌های کم عمق بیشتر نقاط روی زمین را پوشانده بودند. بسیاری از فسیل‌های متعلق به پرکامبرین که آثاری مربوط به کرم‌ها، عروس دریایی و جانداران تک سلولی‌اند، در استرالیا یافت شده‌اند.



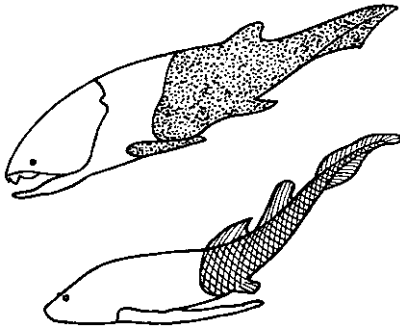
شکل ۲-۸- سیانوباکترها، امروزه هم این توده‌های متشکل از کربنات کلسیم را به نام استروماتولیت پدید می‌آورند. در ۲/۸ میلیارد سال قبل، استروماتولیت‌ها فراوان بوده‌اند.

پالئوزوییک : دوران بی‌مهرگان

مهم‌ترین جانور بی‌مهره‌ای که در پالئوزوییک می‌زیسته و سپس در اواخر این دوران نسلش از بین رفته، بی‌مهره‌ای وابسته به گروه بندپایان به نام تریلوبیت (قسمت = lobus سه = tri) است که بدنی متشکل از سر، سینه و دم داشته است. تریلوبیت‌ها از لحاظ شکل و اندازه اقسام بسیار گوناگونی داشته‌اند. به طوری که برخی از آنها را حتی به عنوان سنگواره راهنمای دوره‌های معینی در پالئوزوییک می‌شناسند. تریلوبیت‌ها بیشتر در آب‌های کم عمق و بر بستر دریا زندگی می‌کرده‌اند و احتمالاً محیط خود را از بقایای جانوران و مواد آلی پاکیزه نگه می‌داشته‌اند (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۸- نمونه‌ای از تریلوبیت‌های پالئوزوییک



شکل ۴-۸ - دو نوع ماهی زرده دار پالتوزویک

شواهد فسیلی، نشان می‌دهد که در پالتوزویک بی‌مهرگان فراوان دیگری هم علاوه بر تریلوبیت‌ها وجود داشته‌اند، به طوری که دوران پالتوزویک را دوران بی‌مهرگان لقب داده‌اند، در طی دوره اردووسین نخستین مهره‌داران ظاهر شده‌اند. این جانوران از گروه ماهی‌ها هستند که به علت دارا بودن صفحات سخت استخوانی در سطح بدن، به ماهی‌های زرده‌دار معروف‌اند (شکل ۴-۸).

در دوره‌های کامبرین و اردووسین، زندگی محدود به دریا بود، اما در سیلورین برای نخستین بار، زندگی در خشکی آغاز شد. از گیاهان آونددار (ساقه و برگ) مربوط به این دوره آثاری به دست آمده است. فسیل نخستین جانوران ساکن خشکی هم متعلق به موجوداتی عقرب مانند است. در کربونیفر نخستین خزندگان ظاهر شدند. این جانوران کوچک هم شبیه به دوزیستان بودند و باله حرکتی ضعیفی داشتند که از آنها برای خزیدن بر روی زمین استفاده می‌کردند. خزندگان نیازی به زیستن در کنار آب نداشتند؛ زیرا پوست غیر قابل نفوذ آنها، زیستن در محیط‌های بسیار خشک را برای آنان امکان‌پذیر می‌کرد. خزندگان در عین حال می‌توانستند در خشکی تخم‌گذاری کنند. در اواسط پالتوزویک، گروهی از بی‌مهرگان، به نام بازو پایان فراوان شدند. بازو پایان از جهتی مانند نرم‌تنانند؛ زیرا بدن آنها را دو صدف (بالایی و پایینی) می‌پوشاند (شکل ۵-۸). بقایای فسیلی بازو پایان را بیشتر در رسوباتی که در مناطق کم عمق دریا ته‌نشین شده‌اند می‌یابیم، اما در طول زمان، گونه‌هایی از آنها خود را به مناطق ساحلی، یا عمیق دریا کشانده و با محیط‌های مختلف سازش یافته‌اند. شاید هم همین قدرت سازگارشده سبب شده است که نسل چنین بی‌مهرگانی هنوز نیز بعد از این زمان دراز، باقی باشد. اسپیریفر از جمله مهم‌ترین بازو پایان پالتوزویک است.



اسپیریفر

شکل ۵-۸ - نمونه‌ای از بازو پایان پالتوزویک

در اواسط دوران پالئوزویک چین خوردگی‌های مهمی در زمین روی داد و کوه‌های مرتفعی پدید آمد، و پس از آن، فرایندهای فرسایشی قسمت‌های وسیعی را از قاره‌های آن زمان مسطح کردند. مرداب‌های بزرگی به همین سبب پدید آمد و بقایای گیاهان فراوان این زمان، که همگی از جمله گیاهان بی گل و به ویژه نهان‌زادان بودند، در آن مرداب‌ها و زیر گل‌ولای مدفون مانده، پس از تحمل مراحل تجزیه و فساد، آثار زغال‌سنگی بزرگی را پدید آوردند که هنوز هم به عنوان یک منبع انرژی از آنها بهره‌برداری می‌کنیم.



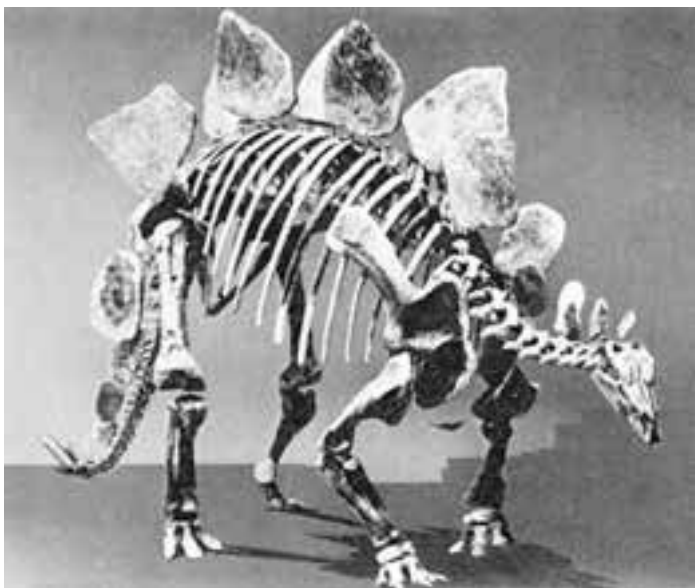
فسیل نوعی سرخس قدیمی

شکل ۶-۸- گیاهان پالئوزویک بیشتر از گروه نهان‌زادان آوندی و بازدانگان و به صورت درختان بزرگ بوده‌اند.

مزوزویک : دوران خزندگان

سنگ‌های فسیل‌دار مزوزویک را در نقاط مختلفی می‌توان یافت. بنابراین، اطلاع ما از وضع جانداران این دوران زیاد است. شرایط آب‌وهوایی، توسعه فراوان خزندگان را امکان‌پذیر کرد. آب‌وهوا در مزوزویک بسیار گرم‌تر از امروز بوده است. در تریاس، یعنی ابتدای مزوزویک خزندگان بسیار فراوان و گوناگون شده بودند. جثه این خزندگان بین یک تا سی متر درازا داشته است. علاوه بر خزندگان ساکن خشکی، خزندگانی در این هنگام وجود داشته‌اند که می‌توانستند در هوا پرواز کنند. انواع دریازی آنها کمیاب نبوده است. به همین سبب، به کار بردن «دوران خزندگان» برای مزوزویک، شگفت‌آور نیست. خزندگان درشت‌جثه مزوزویک را داینوسور (خزنده = Sourus مخوف = Deinos) می‌گویند (شکل ۷-۸).

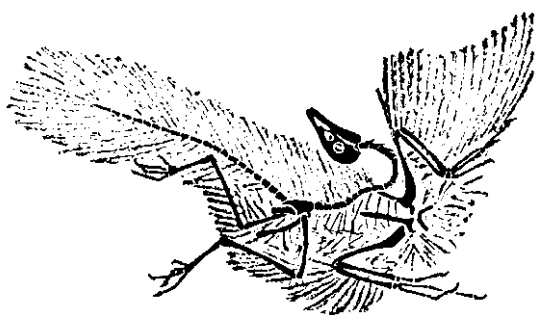
فسیل اسکلت قدیمی‌ترین پرنده شناخته شده، در میان سنگ‌آهک‌های معدنی واقع در جنوب آلمان



شکل ۷-۸- نمونه‌ای از داینوسورهای مزوزوییک

یافت شد. قدمت این فسیل که آن را آرکتوپتیریکس (بال = Pteron قدیمی = Archaios) نامیده‌اند، حدود ۱۴۰ میلیون سال است.

اگر آثار پَر در اطراف این فسیل یافت نمی‌شد، مشکل می‌توانستند آن را جزء پرندگان محسوب بدارند. آرکتوپتیریکس فسیلی بسیار مهم است؛ زیرا نه تنها اثری از قدیمی‌ترین پرنده را نشان می‌دهد، بلکه به سبب داشتن آثاری از صفات خزندگان (وجود سه انگشت در هر بال، دندان‌های کوچک و تیز در هر آرواره و دم طویل استخوانی) می‌توان به کمک آن چنین استنباط کرد که پرندگان از خزندگان مشتق شده‌اند. آرکتوپتیریکس در عین حال قدرت پرواز چندانی هم نداشته است (شکل ۸-۸).

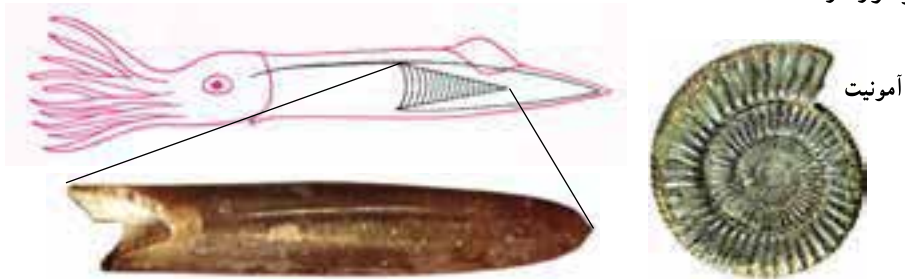


شکل ۸-۸- فسیل آرکتوپتیریکس و طرحی که از آن ترسیم شده است.

در همین حال که مهره‌داران در روی خشکی در حال ازدیاد بودند، بی‌مهرگانی ویژه در دریاها ظاهر شدند و توسعه یافتند که نظایر آنها را در دوران‌های قبل و بعد از مزوزویک نمی‌یابیم. از جمله مهم‌ترین این بی‌مهرگان، نرم‌تنانی از گروه سرپایان به نام آمونیت‌ها و بلمنیت‌ها (Belemnites) بودند. بلمنیت‌ها را می‌توان از وابستگی ماهی مرکب و اسکویدها محسوب داشت (شکل ۹-۸).

گیاهان نیز در دوران مزوزویک فراوان و گوناگون شدند، به طوری که علاوه بر انواع بی‌گل و نهانزا، در دوره کرتاسه گیاهان گل‌دار و درختان میوه و برگ‌ریز ظاهر شدند.

در اواخر عصر مزوزویک داینوسورها به‌طور اسرارآمیزی از میان رفتند. تاکنون دلایل زیادی در مورد نابودی نسل داینوسورها آورده شده است، (بالا آمدن زمین و کاسته شدن از وسعت مرداب‌ها، بزرگی جثه و عدم تکافوی غذا، شیوع بیماری و ... از این میان نظریه‌ای که مبنی بر سرد شدن هوا بر اثر گرد و غبار ناشی از برخورد شهاب‌سنگ‌های (شخانه) بزرگ به سطح زمین است از اعتبار بیشتری برخوردار است).

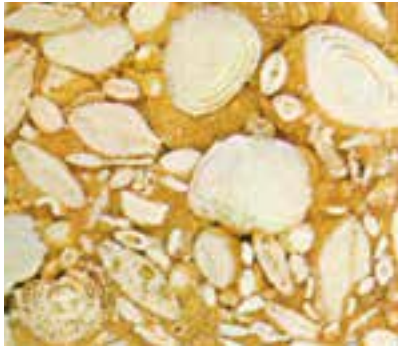


شکل ۹-۸ - نمونه‌هایی از آمونیت‌ها و بلمنیت‌های مزوزویک

سنوزویک : دوران پستانداران

نخستین آثار پستانداران را مربوط به مزوزویک می‌یابیم. این جانوران که به تدریج تا دوره کرتاسه تکامل حاصل کردند، بیشتر کوچک جثه و خزنده مانند بوده‌اند. تکامل اصلی و ازدیاد پستانداران، در سنوزویک رخ داده و این جانوران، جای داینوسورها را اشغال کردند. اصولاً پستانداران به علت خون گرم بودن و پوشیده شدن بدن از مو یا پشم قادر بوده‌اند که با تغییر شرایط محیط سازگار باشند و به همین علت توانسته‌اند در طول سال در نقاط سرد و گرم یک منطقه به فعالیت ادامه دهند.

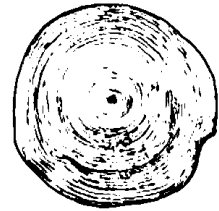
در سنوزویک، انواعی از آغازیان و گروه روزن‌داران می‌زیسته‌اند که از سنگواره‌های بسیار با ارزش این دوران محسوب می‌شوند. این روزن‌داران را نومولیت می‌نامند و وجود آنها در هر نوع رسوبی، مؤید ارتباط آن رسوبات با دوران سنوزویک است (شکل ۱۰-۸).



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۱۰-۸- نومولیت (الف) و مقطع (ب) تعدادی نومولیت در مقطع یک سنگ (ج)

علاوه بر روزن داران، خارتان هم در سنوزویک فراوان و گوناگون شدند به طوری که تاکنون متجاوز از ۶۵۰ گونه از آنها را تشخیص داده‌اند.

در سنوزویک بر تنوع گیاهان گل دار و درختان افزوده شد و انواع کنونی کمابیش پدیدار شدند.

اما، آیا زیاد شدن گیاهان، در ازدیاد پستانداران نقشی داشته است؟

سرانجام در اواخر سنوزویک، آدمی پا به عرصه وجود نهاد و به برکت عقل و درایتی که داشت، در اندک مدتی توانست بر این سیاره مسلط شود. رشد جمعیت آدمی، به ویژه در قرن های اخیر، چنان به سرعت صورت گرفت که وی ناچار شد گاه با اجرای برنامه های عجولانه، تغییراتی حساب نشده در کره زمین به وجود آورد و از این طریق، آسیب هایی جبران ناپذیر بر این سیاره وارد سازد که نتایج وخیم آن را به صورت کمبود انرژی و مواد اولیه، آلودگی محیط و ... دامن گیر خود کرده است. روی هم رفته، در طول میلیاردها سال هیچ گاه، هیچ موجودی تا بدین حد توازن طبیعی را در سیاره زمین برهم نزده است.