



فرایند دگرگونی و سنگ‌های دگرگون شده

دگرگونی عبارت است از مجموعه فرایندهایی که تحت شرایط خاص باعث تغییر ساختمان و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها شده و یک سنگ را در حالت جامد به سنگ دیگر تبدیل می‌نمایند. این سنگ‌ها ممکن است از نوع آذرین، رسوبی و حتی دگرگونی باشند. اصولاً سنگ‌های دگرگون شده، در درون زمین و دور از چشم ما و در مدت زمان بسیار طولانی به وجود می‌آیند. طی این فرایند، کانی‌های سنگ ذوب نمی‌شوند بلکه با حفظ حالت جامد سنگ بر اثر دخالت عوامل دگرگون‌ساز تغییر می‌کنند.

حد دگرگونی

محدوده‌ای که سنگ‌ها دگرگون می‌شوند، از پایان دیاژنز شروع می‌شود و در ابتدای ذوب سنگ خاتمه می‌یابد (البته این مرز کاملاً نسبی است، (شکل ۱-۸) زیرا نمی‌توان درجات گرما و فشار وارد بر یک سنگ را در چنین محدوده‌هایی مشخص کرد).



دما حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد
فشار در حدود ۲ کیلو بار

دما حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد و در هر فشار

شکل ۱-۸ - حد قلمرو دگرگونی



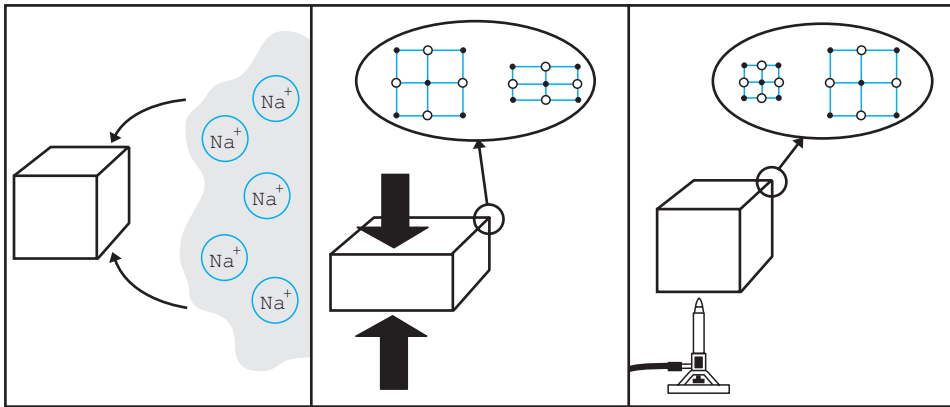
شکل ۲-۸ - تأثیر فشارهای جهت‌دار بر سنگ‌های دگرگون شده چنین مناظری را پدید می‌آورد.

گاهی، تغییرات سنگ اندک است و دگرگون شدگی ضعیفی اتفاق می‌افتد. ولی گاهی تغییرات چنان شدید است که تشخیص سنگ اولیه غیرممکن خواهد بود. در دگرگونی درجات شدید، سطح لایه بندی رسوبات، آثار موجود زنده (فسیل‌ها) و حفره‌های موجود در سنگ مادر به کلی از بین می‌رود و گاهی هم کانی‌های جدیدی در آن به وجود می‌آید که با شرایط جدید سازگارترند (شکل ۲-۸).

عوامل دگرگون‌ساز

عوامل دگرگون‌ساز شامل گرما، فشار و سیالاتی مانند آب است که از لحاظ شیمیایی فعالند

(شکل ۳-۸).



ج) با ورود محلول‌ها (در اینجا سدیم‌دار) به محیطی که کانی در آن وجود دارد، یون سدیم وارد ساختمان کانی می‌شود و در عوض بعضی از یون‌های کانی از محیط تبلور خارج می‌شود.

ب) از دیاد فشار در یک جهت (در اینجا به آن فشار جهت‌دار می‌گوییم)، موجب تغییر شکل شبکه تبلور و در نتیجه ظهور کانی مقاوم‌تر می‌شود. در اینجا فاصله اتم‌ها کمتر شده است.

الف) از دیاد گرما، موجب انبساط جسم و افزایش فاصله اتم‌های سازنده می‌شود و ممکن است نوع کانی تغییر کند.

شکل ۳-۸ - چگونگی تأثیر عوامل دگرگون‌ساز بر ساختمان تبلور کانی‌ها

طی دگرگونی، سنگ‌ها ممکن است تحت تأثیر هر یک از سه عامل و یا مجموعه‌ای از آنها قرار گیرند. در بعضی از دگرگونی‌ها، تأثیرات گرما زیادتر و فشار ناچیز و یا بالعکس است. گاهی نیز فقط سیالات داغ وارد عمل می‌شوند.

نقش گرما: برای ساختن آجر و ظرف‌های سفالی گل رس را (که خود از کانی‌های رسی تشکیل می‌شود) با آب خمیر می‌کنند در این صورت می‌توان خمیر را به هر شکل درآورد. سپس خمیر را در کوره می‌گذارند تا گل رس پخته شود و جسم سختی مانند آجر حاصل آید. در این فرایند، کانی‌های رسی قسمتی از آب ساختمانی خود را از دست می‌دهند و به کانی‌های بی‌آب مبدل می‌شوند.

وقتی سنگ‌ها در معرض گرمای زیاد قرار گیرند تغییراتی در آنها بروز می‌کند و به سنگ‌های دگرگون شده مبدل می‌شوند. اصولاً افزایش دما موجب:

الف) تحرک مواد سیال سنگ می‌شود.

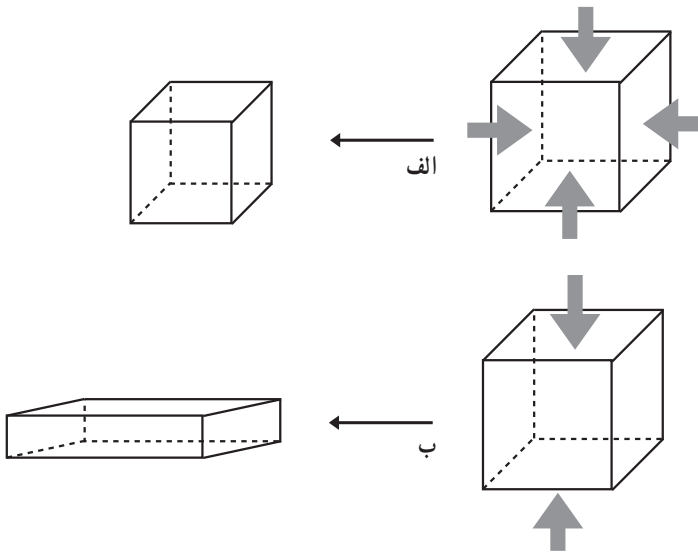
ب) بروز واکنش‌های دگرگونی (همانند واکنش‌های شیمیایی) می‌شود که بسیاری از آنها در دمای بالا اتفاق می‌افتند.

سنگ‌ها در درون زمین به علت گرمایی که دریافت می‌کنند انبساط حاصل کرده، انعطاف‌پذیر می‌شوند و حالتی شبیه خمیر به خود می‌گیرند و حتی ممکن است به آرامی جریان پیدا کنند. اصولاً دگرگونی در درجات شدید بیشتر نتیجه افزایش دما است تا فشار.

نقش فشار: فشار نیز مانند گرما با افزایش عمق زمین زیاد می‌شود. سنگ‌های درون زمین، تحت فشار وزن طبقات رویی خود قرار دارند. در این حالت سنگ تحت تأثیر فشار همه جانبه یا محصورکننده (مانند فشار هوا) قرار دارد و مطابق (شکل ۴-۸) نیروهای وارد بر آن، از تمام جهات یکسان است. نتیجه این عمل، متراکم شدن جسم و تبلور کانی‌هایی با وزن حجمی زیادتر است. گاهی فشارهای وارد بر سنگ، در بعضی جهات بیشتر از جهات دیگر است. این قبیل فشار را فشار جهت‌دار می‌گویند. در این حالت، برحسب مقدار فشار و دمای سنگ و مسلماً زمان، تغییراتی در سنگ بروز می‌کند که پیدایش چین خوردگی و شکستگی از مهم‌ترین آنها است، اما بروز این تغییرات، به میلیون‌ها سال زمان نیاز دارد. اصولاً چین خوردگی در اعماق زیادتر و شکستگی در اعماق کمتر و نزدیک به سطح زمین اتفاق می‌افتد (شکل ۲-۸).

در سنگ‌های دگرگون شده، تأثیر فشار جهت‌دار، با جهت یافتگی در کانی‌های سنگ مشخص می‌شود. چنان‌که کانی‌های ورقه‌ای (میکاه)، موازی هم و عمود بر جهت فشار قرار می‌گیرند، سنگ منظره لایه لایه ظریفی پیدا می‌کند.

نقش سیالات : سیالات فعال و به‌ویژه آب که دارای یون‌های محلول باشند، در فرایندهای دگرگونی تأثیر مهمی دارند. آب، در منافذ و شکاف‌های ریز سنگ وجود دارد. ضمناً با افزایش دما، آب از کانی‌های آبدار خارج شده و می‌تواند به انجام واکنش‌های شیمیایی کمک کند. یکی از مهم‌ترین نقش‌های آب (یا سیالات)، جدا کردن بعضی از یون‌های فلزی از ساختمان کانی و برجا گذاشتن یون‌هایی است که به حالت محلول در ترکیب سیال وجود دارند (شکل ۳-۸-ج). به این ترتیب سیالات با نقش کاتالیزوری خود بدون آنکه حالت جامد سنگ دستخوش تغییر شود، ترکیب کانی‌ها را عوض می‌کنند. به جز آب، دی‌اکسید کربن، اکسیژن، گوگرد و اسیدها هم در دگرگون کردن سنگ‌ها نقش دارند.



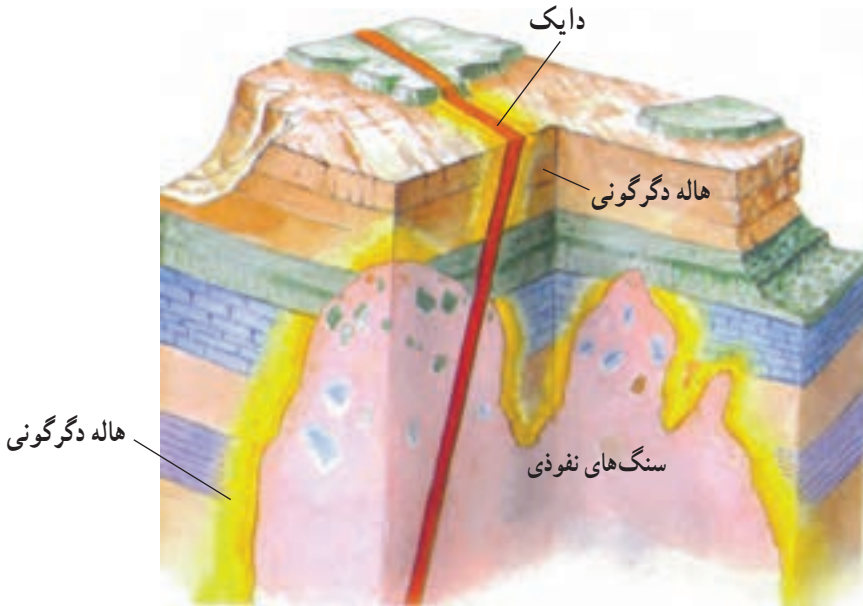
شکل ۴-۸- تغییر شکل جسم که تحت فشار همه جانبه (الف) و جهت دار (ب) قرار داشته باشد.
 الف) فشار مساوی یا فشار همه جانبه موجب تغییر حجم جسم شده است.
 ب) فشار نامساوی یا جهت دار موجب تغییر شکل و حجم شده است.

اقسام دگرگونی

دگرگونی را می‌توان بر حسب اهمیت هر یک از عوامل دگرگون‌ساز، شکل و پراکندگی آنها طبقه‌بندی کرد.

۱- **دگرگونی مجاورتی :** هر سنگی که در تماس با گرمای زیاد حاصل از توقف ماگما در زیر زمین قرار داشته باشد دگرگون می‌شود. این نوع دگرگونی، محصول مستقیم گرمای ماگما یا سیالات فعال در حال چرخش است. پس فشار، در پیدایش این نوع دگرگونی، نقش مهمی ندارد.

با توجه به اینکه سنگ‌ها گرما را به خوبی هدایت نمی‌کنند، هرچه سنگ‌ها از ماگما دورتر باشند، کمتر تحت تأثیر دمای آن قرار می‌گیرند. ضمناً مقدار آب موجود در ساختار سنگ‌های دگرگون شده از این طریق را گاهی به عنوان مقیاس میزان نزدیکی به ماگما در نظر می‌گیرند، زیرا هرچه سنگ به ماگما نزدیک‌تر باشد، مقدار آب زیادتری را از دست می‌دهد.



شکل ۵-۸- دگرگونی مجاورتی زمانی رخ می‌دهد که ماگما در لابه‌لای سنگ‌های قبلی نفوذ کند.

محدوده دگرگونی مجاورتی (هاله دگرگونی) ممکن است فقط چند سانتیمتر در اطراف دایک‌ها و سیل‌ها، تا چند صد متر در اطراف باتولیت‌های بزرگ باشد (مانند تأثیر توده گرانیتی کوه الوند در همدان، بر سنگ‌های اطراف خود).

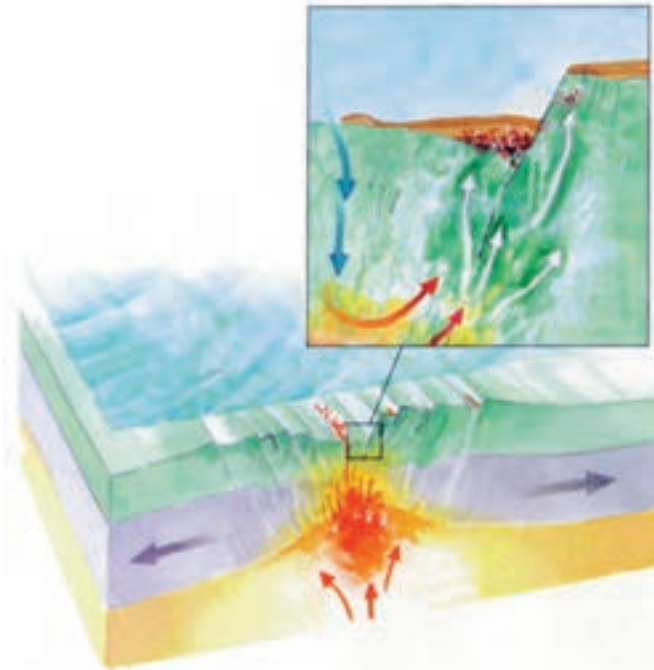
۲- دگرگونی ناحیه‌ای: این نوع دگرگونی، برخلاف دگرگونی مجاورتی که تأثیری محلی دارد، ممکن است بر سنگ‌های منطقه‌ای به وسعت چندین هزار کیلومتر مربع اثر بگذارد. مناطق دگرگونی مهم زمین در روی قاره‌ها، حاصل این نوع است. دگرگونی ناحیه‌ای به دو صورت دفنی و حرکتی - حرارتی اتفاق می‌افتد.

الف) دگرگونی دفنی: زمانی رخ می‌دهد که سنگ‌ها در زیر لایه‌ای به قطر بیشتر از ۱۰ کیلومتر رسوب یا سنگ قرار بگیرند. در این اعماق، تأثیر توأم فشار و گرمای درونی زمین باعث تبلور مجدد کانی‌های موجود در سنگ می‌شود. به سبب آنکه در این میان هیچ‌گونه فشار جهت‌داری در کار نیست،

سنگ‌های حاصل از دگرگونی دفنی، بدون لایه‌اند.

ب) دگرگونی حرکتی - حرارتی، مربوط به نقاطی است که سنگ‌ها در میان دو نیروی جانبی که باعث ایجاد چین خوردگی‌ها و رشته‌کوه‌ها می‌شود، به دام افتند. در این حال، فشاری جهت‌دار بر سنگ‌ها وارد می‌آید و به اصطلاح، سنگ به جریان می‌افتد. در نتیجه، بعضی از آن سنگ‌ها به بالا و بعضی به پایین حرکت می‌کنند. سنگ‌هایی که به اعماق بیشتر بروند، با فشار و گرمای زیادی روبرو خواهند بود. این قبیل سنگ‌ها با تحمل فشار، حالت لایه‌دار به خود می‌گیرند.

۳- دگرگونی گرمایی (هیدرو ترمال)، این نوع دگرگونی حاصل تأثیر آب بسیار داغ بر سنگ‌ها و ایجاد تغییراتی شیمیایی در آنهاست. منشأ آبی که ایجاد کننده تغییر در سنگ‌هاست، ممکن است از ماگما، نفوذ آب‌های زیرزمینی به اعماق زیاد و داغ شدن در اثر مجاورت با سنگ‌های عمقی، یا آبی باشد که در بستر اقیانوس نفوذ می‌کند و به ماگمای داغ نزدیک می‌شود. در هر صورت، آب در چنین اعماقی بسیار داغ می‌شود (تا ۴۰۰ درجه) و سپس، به صورت بخار در می‌آید و در حین بالا آمدن، می‌تواند در میان سنگ‌های بین راه نفوذ کند و باعث حل کردن بعضی از مواد، یا دگرسانی کانی‌هایی از قبیل الیون و پیروکسن شود و آنها را به سرپانتین مبدل کند.



شکل ۶-۸- دگرگونی هیدرو ترمال ممکن است، در محل رشته‌کوه و وسط اقیانوس‌ها و به هنگام نفوذ آب سرد به داخل سنگ‌های بازالتی داغ موجب دگرسانی سنگ‌ها شود.

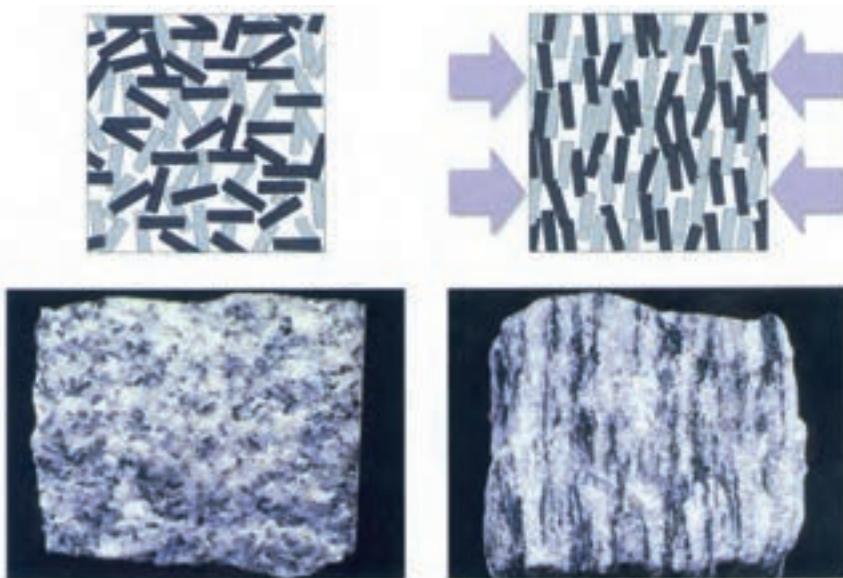
تغییر در بافت

چون سنگ‌های دگرگون شده از تغییر شکل سنگ‌های دیگر (آذرین، رسوبی و دگرگونی) به وجود می‌آیند، بافت این سنگ‌های قدیمی دستخوش تغییر می‌شود، یعنی شکل، اندازه دانه و رابطه بین دانه‌های مجاور تغییر می‌کند. همچنین، به علت تأثیر فشار جهت‌دار، ممکن است کانی‌ها جهت‌یافتگی پیدا کنند.

الف) اندازه دانه‌ها: عموماً در طی دگرگونی، کانی‌های دانه‌ریز با هم یکی می‌شوند و کانی دانه درشت‌تر به وجود می‌آورند. به این عمل تبلور دوباره گفته می‌شود. گاهی بر اثر نیروهای وارده، سنگ‌ها خرد می‌شوند و دانه‌ها شکسته شده و به انواع دانه‌ریزتر تبدیل می‌شوند.

ب) شکل دانه‌ها: اگر کانی‌های ورقه‌ای در جهت عمود بر فشار جهت‌دار قرار بگیرند، اندازه آنها بزرگ‌تر می‌شود و شکل و نحوه قرار گرفتن آنها تغییر می‌کند. به این ترتیب، سنگ شکل ورقه‌ورقه یا فلس مانند پیدا می‌کند که به آن شیسستوزیته می‌گویند.

در دگرگونی درجات شدید، کانی‌های غیر ورقه‌ای مانند کوارتز و فلدسپات نیز تاحدی پهن و کشیده می‌شوند و سنگ منظره‌ای نواری یا لایه‌ای به خود می‌گیرد. این قبیل جهت‌یافتگی را فولیاسیون (Foliation) می‌گویند.

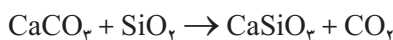


شکل ۷-۸ - کانی‌های موجود در گرانیت تحت فشار جهت‌دار در جهت خاصی ردیف می‌شوند و سنگ گنیس را حاصل می‌آورند.

تغییر در کانی‌ها

در طی دگرگونی ممکن است کانی‌های سازنده سنگ به صورت‌های مختلف تغییر کند :

- ۱- کانی‌ها بدون تغییر ترکیب شیمیایی رشد می‌کنند، مانند رشد بلورهای کوارتز در سنگ.
- ۲- کانی‌ها بدون آنکه ترکیب آنها تغییر کند بر اثر شدت درجات دگرگونی به کانی دیگر تبدیل می‌شوند، مثلاً گرافیت (معرف درجات ضعیف) به الماس (معرف درجات شدید دگرگونی) تبدیل می‌شود.
- ۳- کانی‌ها با هم واکنش می‌کنند که نتیجه آن تشکیل کانی جدید است. مثلاً از ترکیب کلسیت (CaCO_3) و کوارتز (SiO_2) کانی دگرگونی به نام ولاستونیت (Wollastonite) که خود، نوعی پیروکسن است به وجود می‌آید.



ولاستونیت سیلیس کلسیت

- ۴- آب و یا سیالات به ترکیب کانی وارد و یا از آنها خارج شود. تجزیه فلدسپات‌ها توسط محلول‌های داغ (محلول‌های گرمایی) که نتیجه آن ایجاد کانی‌های آبدار است و ایجاد سریانتین از دگرسانی الیوین نمونه بارز آن است. بعضی از رگه‌های معدنی در نتیجه همین فعل و انفعالات به وجود می‌آید. چنان‌که قبلاً گفته شد، در دگرگونی مجاورتی، بعضی از کانی‌های آبدار، آب خود را از دست می‌دهند که خود نوعی تغییر ترکیب در کانی است.

طبقه‌بندی

سنگ‌های دگرگونی به دو گروه عمده

زیر تقسیم می‌شوند :

- ۱- دارای جهت یافتگی : از این گروه، سنگ لوح، شیست و گنیس را می‌توان نام برد. سنگ لوح (Slate) : سنگی است که به آسانی به صورت ورقه‌های نازک متورق می‌شود. رنگ آن خاکستری یا سیاه است.



شکل ۸-۸- سنگ دگرگونی - دارای جهت یافتگی

کانی‌های این سنگ بسیار دانه‌ریز است و با چشم قابل تشخیص نیست. فیلیت نوعی سنگ لوح است و

به علت وفور میکا در سطح شیستوزیته، جلای براق دارد که وسیله خوبی برای تشخیص آن است. این سنگ‌ها از دگرگونی شیل‌ها در درجات ضعیف به وجود می‌آیند.

شیست: این سنگ نیز از دگرگونی شیل‌ها به وجود می‌آید ولی درجه دگرگونی آن شدیدتر از سنگ لوح است. کانی اساسی آن میکا است. شیست‌ها اقسام مختلف دارند و معمولاً از روی کانی فراوان‌تر، آنها را نام‌گذاری می‌کنند. مثلاً میکاشیست دارای میکای سفید، میکای سیاه و کوارتز است. یا گرافیت شیست، گرافیت زیاد دارد و یا تالک شیست حاوی تالک است.

گنیس (Gneiss): سنگ دگرگون شده‌ای است که معمولاً از دگرگونی گرانیت‌ها و ماسه سنگ‌های فلدسپات‌دار به وجود می‌آید. کانی‌های اصلی آن همان انواعی است که در گرانیت یافت می‌شود (کوارتز، فلدسپات و میکا) ولی فولیاسیون دارد، یعنی کانی‌های غیر ورقه‌ای آن نیز در امتداد خاصی طول یا پهن شده‌اند (شکل ۷-۸ و ۸-۸). این مسئله باعث تشکیل منظره متناوبی از لایه‌های سفید (فلدسپات و کوارتز) و لایه‌های سیاه (غالباً میکای سیاه) در سنگ می‌شود.



۲- فاقد جهت یافتگی: از این گروه مرمر، کوارتزیت و هورنفلس را می‌توان نام برد (شکل ۹-۸).

مرمر سنگ آهک دگرگون شده است. در این سنگ، بلورهای ریز کلسیت، مجدداً متبلور شده، و به صورت بلورهای دانه درشت‌تر درآمده‌اند. رگه‌های موجود در سنگ مرمر مربوط به ناخالصی‌ها در سنگ آهک اولیه است. به علت اینکه، مرمر عموماً از یک نوع کانی (کلسیت یا دولومیت) تشکیل یافته، فاقد جهت یافتگی مشخص است و غالباً منظره دانه قندی دارد.

کوارتزیت: ماسه سنگ دگرگون شده است. این سنگ نیز مانند مرمر از یک نوع کانی تشکیل شده است به نحوی که فاصله بین دانه‌های درشت کوارتز، از سیمان

سیلیس متبلور پر شده است. استحکام سیمان کوارتزیت شکل ۹-۸- سنگ دگرگونی - فاقد جهت یافتگی

به حدی است که وقتی سنگ شکسته شود این شکستگی از بین دانه‌ها عبور نمی‌کند بلکه خود دانه نیز شکسته می‌شود. رنگ کوارتزیت مشابه رنگ ماسه سنگ‌ها و اکثراً سفید تا خاکستری رنگ است. این سنگ، از سیلیس تقریباً خالص تشکیل یافته، در شیشه‌سازی از آن استفاده می‌کنند.

هورنفلس (Hornfels): از دگرگونی مجاورتی سنگ‌هایی مانند شیل‌ها و یا شیست‌ها به وجود می‌آیند. اصولاً به علت دمای زیاد در هاله‌ی دگرگونی، سنگ‌های سخت، دانه‌ریز، متراکم و غالباً سیاه‌رنگی با بافت مضرسی دندانه‌دار و فاقد هر نوع جهت‌یافتگی به وجود می‌آید. هورنفلس سنگ تزئینی سیاه رنگ و درخشانده خوبی است.

درجات دگرگونی و کانی‌های شاخص

از آنجا که مشاهده مستقیم محیطی که فرایند دگرگونی به طور طبیعی در آن رخ می‌دهد ممکن نیست، زمین‌شناسان در محیط آزمایشگاه، کانی‌ها را در معرض فشارها و گرمای در حال ازدیاد قرار می‌دهند. همچنین، می‌توان در آزمایشگاه ترکیبات شیمیایی موجود در سنگ‌های معمولی را در درجات مختلف فشار و گرما قرار داد. در این حال، معلوم می‌شود کدام کانی‌ها می‌توانند در دما و فشارهای معین و کنترل شده‌ای شکل بگیرند. با این آزمایش‌ها معلوم شده است که هر سنگ دگرگون شده‌ای دارای درجه معینی از دگرگونی است و از این راه، میزان تغییر نسبت به سنگ اولیه معلوم می‌شود. سنگ‌های دارای درجه پایین دگرگونی هنوز هم بسیاری از مشخصات اولیه (بعضی از آثار لایه‌بندی، فسیل‌ها و کانی‌های اصلی) را حفظ کرده‌اند. پس تشخیص سنگ اولیه آسان است. درجه پایین، حدی بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد و فشاری حدود ۲ تا ۶ کیلو بار است. در درجه بالایی دگرگونی، به علت تحمل فشار و دمای بیشتر، عملاً ساختار اولیه سنگ از میان می‌رود و سنگ‌هایی که دمای ۵۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتیگراد و فشار ۸ تا ۱۰ کیلو بار را تحمل کنند، در این گروه قرار می‌گیرند. بین این دو محدوده هم سنگ‌های مختلف دیگری قرار می‌گیرند.



شکل ۱-۸ - تغییراتی که کانی‌های موجود در شیل در درجات مختلف دگرگونی به خود می‌بینند. ۱۰۳

دگرگونی و منابع طبیعی

بر اثر فرایندهای دگرگونی، منابع طبیعی با ارزشی به وجود می آید که می توان آنها را به دو دسته کانی ها و سنگ های با ارزش تقسیم کرد. این منابع در درجات متفاوت دگرگونی حاصل می شوند. به موارد استفاده انواعی از کانی های دگرگونی (گرافیت، گارنت، آزبست و تالک) در صفحات قبل اشاره شد. علاوه بر این نمونه ها می توان از کیانیت نام برد که به علت تحمل حرارت زیاد، برای ساختن چینی شمع خودروها استفاده می شود.

سنگ های دگرگون شده معمولاً محکم و با دوام اند، زیرا گرما و فشار فضاها را بین دانه های آنها را از میان برده و بر تراکم آنها افزوده شده است. واکنش های دگرگون کننده، کانی های ناپایدار را با کانی های پایدارتر عوض می کنند و تبلور مجدد، پیوند میان دانه های رسوبی و سیمان بین آنها را مستحکم تر می سازد. به همین سبب است که از سنگ های دگرگون شده در نمای بیرونی ساختمان ها، سدها و پل ها استفاده می کنند.

بعضی از سنگ های دگرگون شده، به خاطر ظاهر زیبای خود با ارزش شده اند. سرپانتی نیت یکی از این سنگ ها است. مرمَر هم همواره از جمله سنگ های مورد توجه مجسمه سازان بوده است. مرمَر خالص، سفید است و با کمی ناخالصی به رنگ های متنوعی در می آید. این شکل ها به علت استحکام خوب و منظره زیبا به عنوان سنگ های تزئینی استخراج می شوند.

گاهی نیز سنگ های دگرگون شده، منابع فلزی پر ارزشی را دربردارند که مس، نیکل، روی، سرب، آهن و طلا، نمونه هایی از آنها هستند.

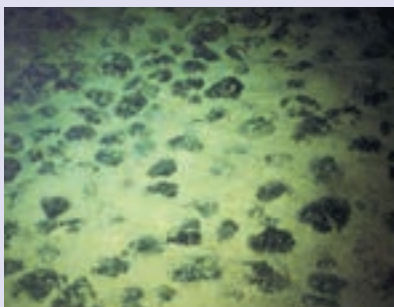
جمع آوری اطلاعات

دانش زمین شناسی، ارتباط نزدیکی با سایر شاخه های علوم دارد. به مثال های زیر توجه کنید و درباره آنها، اطلاعات لازم را جمع آوری کنید.

۱- بهداشت: چه عناصری در بدن ما و در ساختمان آن به کار رفته اند که آنها را از زمین به دست می آوریم. نقش این عناصر در بدن چیست؟ این عناصر به چه شکل از زمین به دست می آیند؟



۱



۲

۲- اقیانوس شناسی : در بعضی از نقاط بستر اقیانوس قطعات فلزی خاصی پراکنده است این قطعات یا گرهک ها، شامل فلزاتی مانند منگنز، نیکل، کبالت و مس اند. استخراج آنها چه مشکلاتی را دربر دارد؟



۳

۳- زیست شناسی : باکتری های تثبیت کننده نیتروژن، این عنصر را از هوا می گیرند و آن را در ریشه گیاهانی از قبیل نخود و لوبیا به صورت نیترات درمی آورند. درباره سرنوشت این عنصر و چرخه آن اطلاعات لازم را جمع آوری کنید.



۴

۴- فیزیک : در قدیم، ساعت ها را با چرخ و دنده به کار می انداختند، اما امروزه از بلورهای کوارتز برای ساعت سازی استفاده می کنند و عقیده دارند که ساعت های جدید، از ساعت های قدیمی دقیق ترند. کدام خاصیت بلور کوارتز این امکان را در اختیار انسان گذاشته است؟

تغییرات سنگ‌ها

سطح زمین در تغییری همیشگی است. برخی از فرایندهای تغییر، چنان کُند عمل می‌کنند که مشاهده آنها بسیار مشکل است. مثلاً، هوازدگی سنگ‌ها را به آسانی نمی‌توان دید. در عوض، بعضی از تغییرات بسیار سریع صورت می‌گیرند، چنان‌که، مشاهده تغییراتی که یک زمین‌لغزه ایجاد می‌کند بسیار آسان است.

۱- هوازدگی

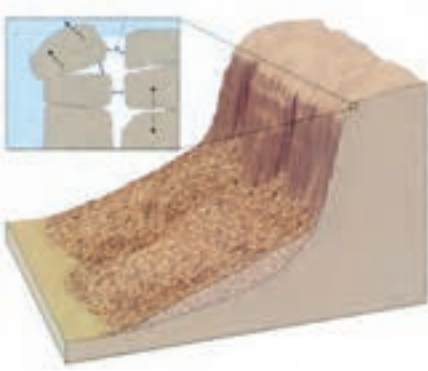
هوازدگی نتیجه فعالیت عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی است که همه باهم بر سنگ‌های سطح زمین اثر می‌کنند، ولی سبب جابه‌جایی مواد حاصل نمی‌شوند.

در هر جا که سنگ کره و هوا کره در تماس باشند، تخریب فیزیکی و شیمیایی در سنگ‌ها روی می‌دهد. محل تماس آنها در واقع یک سطح نیست، بلکه منطقه‌ای است که از سطح تا عمقی که هوا و آب می‌توانند نفوذ کنند، گسترش دارد. در این منطقه، آب کره و زیست کره نیز فعال‌اند. وجود شبکه‌ای از منافذ و درز و شکاف‌ها در این منطقه باعث می‌شود که سنگ‌ها همواره در معرض حمله فیزیکی و شیمیایی هوا و آب قرار گیرند و در نتیجه، به تدریج خرد و متلاشی یا به سخن دیگر هوازده شوند. نتیجه عمل هوازدگی را، غالباً می‌توان در بریدگی جاده‌ها یا دیواره رودخانه‌ها مشاهده کرد. بر اثر هوازدگی، معمولاً قشری از مواد نرم و ناپیوسته بر روی سنگ بستر (سنگ‌های اصلی سازنده پوسته زمین) تشکیل می‌شود. در بسیاری از نقاط، به ویژه در مناطق مرطوب (مثل استان پر باران گیلان) سنگ بستر ممکن است در سطح زمین دیده نشود، چون در زیر مواد ناشی از هوازدگی خود مدفون شده است.

معمولاً هوازدگی را به دو نوع فیزیکی و شیمیایی تقسیم می‌کنند:

هوازدگی فیزیکی: هوازدگی فیزیکی عبارت است از خرد شدن فیزیکی سنگ‌ها به قطعات و ذرات کوچک‌تر بدون آنکه ترکیب آنها تغییر کند. برای ایجاد این نوع هوازدگی، نیروهایی فیزیکی لازم است. آزمایش نشان می‌دهد که وقتی آب یخ می‌زند تقریباً ۹ درصد به حجمش اضافه می‌شود.

به همین جهت با یخ بستن آب در شکاف سنگ‌ها و بر اثر تکرار چرخه‌های ذوب و انجماد، سرانجام ممکن است قطعه‌ای از سنگ شکسته شود (شکل ۱-۹).



شکل ۱-۹- تأثیر نفوذ آب و انجماد آن، در خرد شدن سنگ‌ها

ضمناً تغییرات دمای هوا سبب انبساط و انقباض قشر نازکی از سطح سنگ‌ها می‌شود که تکرار آن ممکن است موجب متلاشی شدن سطحی سنگ‌ها شود. گرچه مطالعات آزمایشگاهی این موضوع را دقیقاً تأیید نمی‌کند، اما تصور می‌شود که تغییرات دما در هوازدگی فیزیکی سنگ‌ها در مناطق بیابانی، (که تفاوت دمای هوا در شب و روز زیاد است) مؤثر باشد. ریشه گیاهان نیز ممکن است با نفوذ و رشد خود در داخل ترک‌های سنگ‌ها فشاری ایجاد کند که به خرد شدن سنگ‌ها منجر شود (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- رشد ریشه درختان در ترک‌های سنگ‌ها می‌تواند موجب انبساط این ترک‌ها شود و حتی قطعاتی از سنگ را جدا کند.

به هر حال علت هوازدگی فیزیکی سنگ‌ها هرچه که باشد موجب می‌شود که توده‌های بزرگ سنگ به قطعات کوچکتری شکسته شود. هرچه سنگ به قطعات کوچک‌تری تقسیم شود،

نسبت سطح به حجم آن بیشتر می‌شود و چون سطح بزرگ‌تری از سنگ در معرض هجوم عوامل هوازدگی شیمیایی قرار می‌گیرد، سریع‌تر هوازده می‌شود.

هوازدگی شیمیایی: در هوازدگی شیمیایی کانی‌های سنگ از نظر شیمیایی تغییر می‌کنند. انجام هوازدگی شیمیایی غالباً مستلزم وجود آب است، زیرا آب قادر است بسیاری از کانی‌ها را حل کند. مثلاً کانی هالیت به آسانی به وسیله آب حل و به یون‌های سدیم و کلر تفکیک می‌شود البته اکثر کانی‌ها به سرعت هالیت در آب حل نمی‌شوند. کلسیت که کانی اصلی سنگ‌های آهکی است به وسیله آب خالص به کندی حل می‌شود، ولی آب‌های اسیدی این سنگ‌ها را خیلی سریع‌تر حل می‌کنند. آب باران مقدار

کمی از دی اکسید کربن هوا را در خود حل می کند و اسید ضعیفی تشکیل می دهد (اسید کربنیک). این اسید با کلسیت واکنش کرده و آن را به طور کامل حل می کند حفرات موجود در سنگ های آهکی و غارهای بزرگ آهکی به همین ترتیب تشکیل می شوند.

کانی های سیلیکاتی در مقابل هوازدگی شیمیایی کمتر آسیب پذیرند. تمام محصولات ناشی از هوازدگی آنها هم قابل حل نیست. مثلاً بر اثر هوازدگی شیمیایی فلدسپات ها، کانی های رسی به وجود می آید. چون فلدسپات ها فراوان ترین کانی های سازنده پوسته زمین اند، رس ها در خاک ها و رسوبات فراوان اند. بر اثر هوازدگی شیمیایی سیلیکات های آهن و منیزیم دار، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و کانی های رسی ایجاد می شود که برجای می ماند و مواد دیگری که محلول اند، از محل دور می شوند. این ترکیبات آهنی به جای مانده سبب رنگ قرمز و زرد بسیاری از خاک ها هستند. کوارتز در مقابل هوازدگی شیمیایی فوق العاده پایدار است و فقط به طور جزئی حل می شود.

نوع دیگر هوازدگی شیمیایی بر اثر ترکیب مستقیم اکسیژن با یک عنصر، طی فرایند اکسایش انجام می گیرد. در این مورد نیز آب موجب سرعت بیشتر واکنش می شود. اشیای آهنی در مناطق مرطوب خیلی سریع تر از مناطق خشک اکسیده می شوند. آهن که میل ترکیبی زیادی با اکسیژن دارد، در بسیاری از کانی ها مثل الومین، بیوتیت و آمفیبول ها یافت می شود. وقتی آهن این قبیل کانی ها بر اثر هوازدگی آزاد شود، اگر اکسیژن موجود باشد، بلافاصله به اکسیدهای آهن تبدیل می شود.

گیاهان و جانوران نیز در هوازدگی شیمیایی سنگ ها مؤثرند. گیاهان در حال پوسیدگی، اسیدهایی تولید می کنند که می توانند سنگ ها را تخریب کنند. هرچه گیاهان بیشتری در یک منطقه رشد کنند، هوازدگی شیمیایی تا عمق بیشتری نفوذ می کند، سنگ ها بیشتر متلاشی می شوند و خاک بیشتری می سازند. باکتری ها نیز با اکسایش و فاسد کردن باقیمانده های گیاهی و ایجاد محیط اسیدی به هوازدگی شیمیایی کمک می کنند.

پایداری سنگ ها در برابر هوازدگی

میزان پایداری سنگ ها در برابر هوازدگی به عوامل مختلف بستگی دارد :

ترکیب و ساختمان سنگ : سنگ ها از کانی های مختلف درست شده اند و چنان که دیدیم کانی های مختلف در مقابل هوازدگی به یک اندازه مقاوم نیستند. بنابراین پایداری یک سنگ به ترکیب کانی شناسی آن وابسته است. مثلاً میزان نسبی پایداری بسیاری از سیلیکات ها را در مقابل هوازدگی شیمیایی می توان به شرایط اولیه تشکیل آنها ارتباط داد. از کانی های سیلیکاتی مختلفی که از ماگما متبلور

می شوند، آنهایی که در بالاترین دما و فشار تشکیل می شوند، در مقابل هواز دگی مقاومت کمتری نشان می دهند. کوارتز که در مراحل نهایی انجماد ماگما تشکیل می شود مقاوم ترین کانی در مقابل هواز دگی است. می توان پایداری نسبی کانی های معمولی سیلیکاتی را در مقابل هواز دگی شیمیایی براساس سری واکنشی بوون برآورد کرد (شکل ۳-۹).

سرعت هواز دگی سنگ ها به بافت و ساخت آنها نیز بستگی دارد. روشن است که هرچه سنگ منافذ و شکاف های بیشتری داشته باشد آسان تر هواز ده می شود.



شکل ۳-۹- هواز دگی کانی های سیلیکاتی معمولی



شکل ۴-۹- قسمتی از دریاچه و سنگ های اطراف سد کرج. به اختلاف پایداری سنگ ها در برابر تأثیر عوامل هواز دگی توجه کنید.

اختلاف مقاومت سنگ ها در برابر هواز دگی موجب پیدایش مناظر گوناگونی در آنها می شود (شکل ۴-۹). مثلاً هر گاه در منطقه ای تناوبی از ماسه سنگ و سنگ های رسی وجود داشته باشد به علت آنکه ماسه سنگ ها معمولاً در مقابل هواز دگی پایدارترند، برجستگی ها و سنگ های رسی فرورفتگی ها را می سازند.

اقلیم: رطوبت و گرما دو عامل مهم تشدید واکنش های شیمیایی اند. بنابراین، هواز دگی در مناطق گرم و مرطوب نسبت به نواحی سرد و خشک خیلی شدیدتر است و تا عمق بیشتری نفوذ می کند. در مناطق گرم و پرباران استوایی، هواز دگی شیمیایی فوق العاده فعال است و در نتیجه قشر مواد هواز ده ممکن است به بیش از ۱۰۰ متر برسد. در حالی که

در مناطق گرم و خشک بیابانی به علت کمبود رطوبت و گیاهان، هوازدگی شیمیایی توسعه چندانی ندارد و آنچه که بیشتر دیده می‌شود خردشدگی فیزیکی سنگ‌هاست. در مناطق سرد قطبی، هوازدگی شیمیایی بسیار کند صورت می‌گیرد.

شیب زمین: وقتی در شیب‌های تند یک کانی بر اثر هوازدگی از سنگ بستر جدا می‌شود، به حرکت درمی‌آید و در نتیجه، قسمت تازه‌ای از سنگ بستر در معرض هجوم عوامل هوازدگی قرار می‌گیرد. در این نقاط، ضخامت پوشش هوازده ممکن است کم یا ناچیز باشد. در حالی که در شیب‌های کم و افقی محصولات هوازدگی به آسانی از محل دور نمی‌شوند و ممکن است ضخامت‌های زیادی پیدا کنند.

زمان: صدها، بلکه هزاران سال وقت لازم است تا یک سنگ سخت به عمق چند میلیمتر هوازده شود. سنگ نبشته‌های موجود در کوه الوند (گنج‌نامه)، که بر روی سنگ گرانیت حک شده‌اند، در طی چند هزار سال تغییرات چندانی نشان نمی‌دهند (شکل ۵-۹). به هر حال بعضی از سنگ‌ها در برخی اقلیم‌ها ممکن است در طی هزاران سال اساساً بدون تغییر باقی بمانند و بعضی دیگر در مدت خیلی کمتر هوازدگی قابل توجهی تحمل کنند.

❓ سرعت هوازدگی با گذشت زمان زیادتر می‌شود یا کمتر؟ دلیل بیاورید.

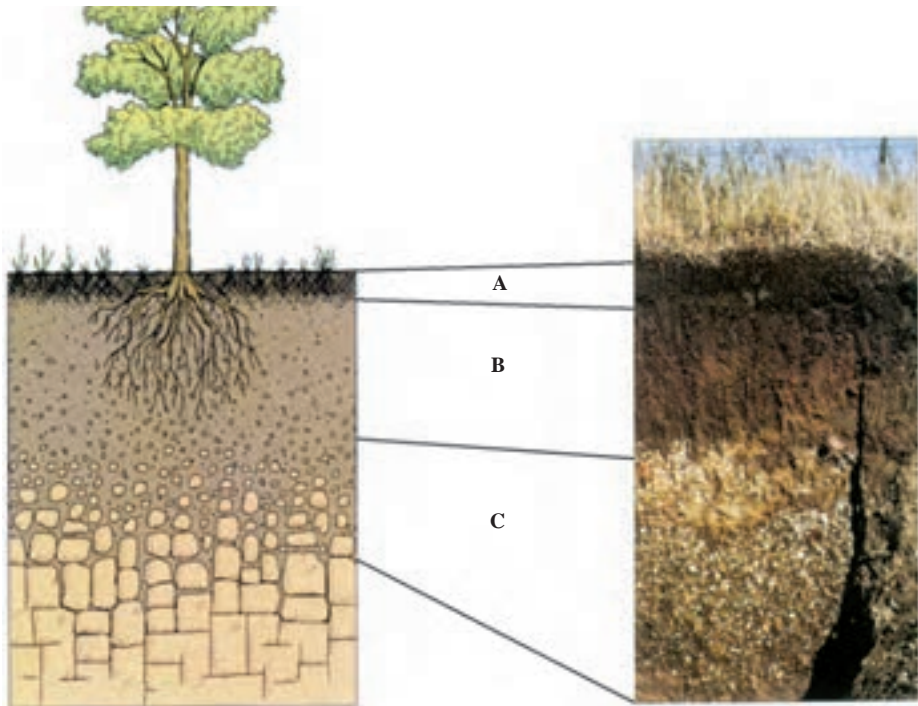


شکل ۵-۹ - سنگ نبشته دوره هخامنشی در گنج‌نامه (همدان)

خاک

خاک محصول نهایی هوازدگی و نتیجه تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها همراه با تجمع باقیمانده‌های

در حال فساد جانداران است که لایه‌ای را بین سنگ بستر و هواکره تشکیل می‌دهد. خاک متشکل از مواد معدنی (غیرآلی) و مواد آلی است. البته حداقل ۸۰ درصد خاک را مواد معدنی حاصل از هوازدگی سنگ‌ها تشکیل می‌دهد. کوارتز، کانیهای رسی و ترکیبات عناصری چون پتاسیم، فسفر و نیتروژن مهم‌ترین مواد معدنی موجود در خاک‌اند. خاک‌ها عموماً دارای هوا و آب نیز هستند. خاک ماده پرارزشی است. زندگی انسان و بسیاری از موجودات زنده دیگر بدون وجود خاک، ناممکن به نظر می‌رسد. از آنجا که فرایند تشکیل خاک بسیار آهسته است و تشکیل یک سانتیمتر آن به ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سال زمان نیاز دارد، باید در بهره‌برداری از خاک و نگهداری از آن دقت‌های لازم را به عمل آورد. در تشکیل خاک، علاوه بر عوامل پیش گفته (سنگ اولیه، اقلیم، شیب زمین و زمان)، زندگی گیاهی و جانوری موجود در خاک عامل مهمی است. مثلاً حفره‌هایی که به وسیله جانوران در زمین ایجاد می‌شوند امکان نفوذ آب و هوا و در نتیجه هوازدگی بیشتر خاک را فراهم می‌کنند. باقیمانده‌های گیاهان و اجساد جانوران پس از مرگ آنها می‌پوسد و موجب افزایش «هوموس» در خاک می‌شود. هوموس (گیاخاک) به بخش آلی خاک گفته می‌شود.



شکل ۶-۹- نیمرخ خاک. در خاک کامل، لایه‌های مختلفی را می‌توان مشاهده کرد.