فصل اوّل

زمین‌شناسی

آشنایی با کلیّات زمین‌شناسی

اهداف رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

۱ــ زمین‌شناسی را تعریف کند.

۲ــ اطّلاعات مختلف مربوط به زمین را بررسی کند.

۳ــ عناصر و ترکیبات عمده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی سطح زمین را نام برد.

۴ــ روش‌های مختلف تشکیل سنگ‌های سطحی زمین را بیان کند.

۵ــ خواصّ مواد موجود پوسته‌ی زمین را با یکدیگر مقایسه کند.

۶ــ هوازدگی و آثار آن‌را بیان نماید.

۷ــ کاربرد مواد مختلف مورد مصرف در صنعت سرامیک را بیان نماید.

۱ــ زمین‌شناسی

مقدّمه

زمین، این کره‌ی آبی رنگ منظومه‌ی شمسی، قطره‌ای بسیار کوچک در دریای سیّارات و ستارگان است. با این وجود، با گذشت هزاران سال از تاریخ بشر و تلاشی که انسان در راه شناخت زمین داشته است، هنوز بسیاری ناشناخته‌های این سیاره در پیشِ رو می‌باشد.

۱ــ۱ــ زمین‌شناسی چیست؟

علم و شناخت زمین که درباره‌ی منشأ تشکیل این سیّاره، موادّ به‌وجودآورنده، سنّ زمین،

اشکال و تغییر و تحوّلات داخلی و خارجی زمین و دلایل به‌وجودآمدن این تغییرات و هم‌چنین بررسی جاندارانی‌است که روزگاری بر روی آن می‌زیسته‌اند «زمین‌شناسی» نامیده می‌شود.

در این علم از سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، رسوب‌شناسی و دیرین‌شناسی گرفته تا مسائل مربوط به آب و هوا، اقیانوس‌ها، آتشفشان‌ها، یخچال‌ها و حتّی مطالعه‌ی تغییرات و آشفتگی‌های آب و هوا و اوضاع و احوال کره‌ی زمین توسّط ماهواره‌ها (شکل ۱ــ۱).

شکل ۱ــ۱ــ تصویر ماهواره‌ای از کره‌ی زمین

مطالعه‌ی سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی زمین، نحوه‌ی به‌وجود آمدن آن‌ها، رسوبی بودن، تشکیل از مذاب و یا تغییر شکل‌یافتگی آن‌ها، همه نشانه‌هایی برای محقّقان این علم است تا تغییر و تحوّلات و آن‌چه را که می‌توان مورد بهره‌برداری قرار داد بهتر بشناسند و درنهایت، آینده را قابل پیش‌بینی‌تر نمایند.

شاید بتوان ترس از حوادث طبیعی چون آتشفشان، زمین‌لرزه، سیل و وزش بادهای ویرانگر را از نخستین دلایل توجّه انسان به‌آن‌چه‌که در محیط اطراف او می‌گذرد، دانست. تلاش در شناسایی بهتر این پدیده‌ها و طرق مبارزه با آن‌ها بوده که انسان را مجبور به شناخت بیشتر و بهتر از دنیای اطراف خود کرده است.

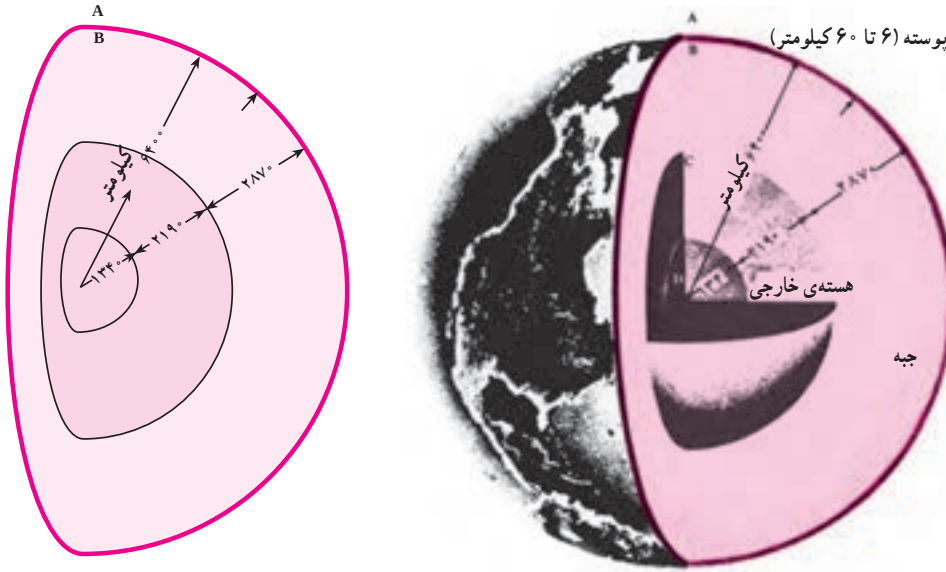
۲ــ۱ــ ساختار درونی زمین

درصورتی که از فضای اطراف زمین به طرف آن حرکت کنیم اوّلین لایه‌ای که به آن وارد می‌شویم، جوّ یا اتمسفر است.

پس از لایه‌ی جوّ که شامل گازهای ازت، اکسیژن، گازهای بی‌اثر (Ne,Ar)، گاز کربنیک و سایر گازها و رطوبت هوا، اعمّ از ابر، مه، باران و برف می‌شود، به سطح زمین می‌رسیم که از آب‌ها (اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و یخچال‌ها) و خشکی‌ها تشکیل شده است. از آن‌جایی که مطالعه‌ی مستقیم موادّ داخل زمین و پوسته‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن به‌طور مستقیم میسّر نیست (طولانی‌ترین چاه مطالعاتی که تاکنون انسان حفر نموده، ۱۲ کیلومتر است درحالی‌که شعاع زمین ۶۴۰۰ کیلومتر می‌باشد) با بررسی دقیق امواج حاصل از زمین‌لرزه‌های طبیعی و مصنوعی و سرعت و چگونگی رفت‌وبرگشت این امواج، می‌توان تا حدود زیادی به ساختار لایه‌های زیرزمین و ماهیّت موادّ تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها پی برد.

در مطالعاتی که با اندازه‌گیری درجه‌ی حرارت چاه‌های حفرشده به‌عمل آمده، مشاهده گردیده که به‌ازای هر ۱۰۰ متر که به‌طرف مرکز زمین پیش می‌رویم، گرما به‌اندازه‌ی سه درجه‌ی سلسیوس زیاد می‌شود که البته میزان این تغییر در اعماق، بیشتر است.

همان‌گونه که ذکر شد براساس ویژگی‌های امواج زلزله (و یا انفجارات مصنوعی) می‌توان به ساختمان درونی زمین پی برد (شکل ۲ــ۱). با اندازه‌گیری سرعت عبور این امواج از داخل سنگ‌ها

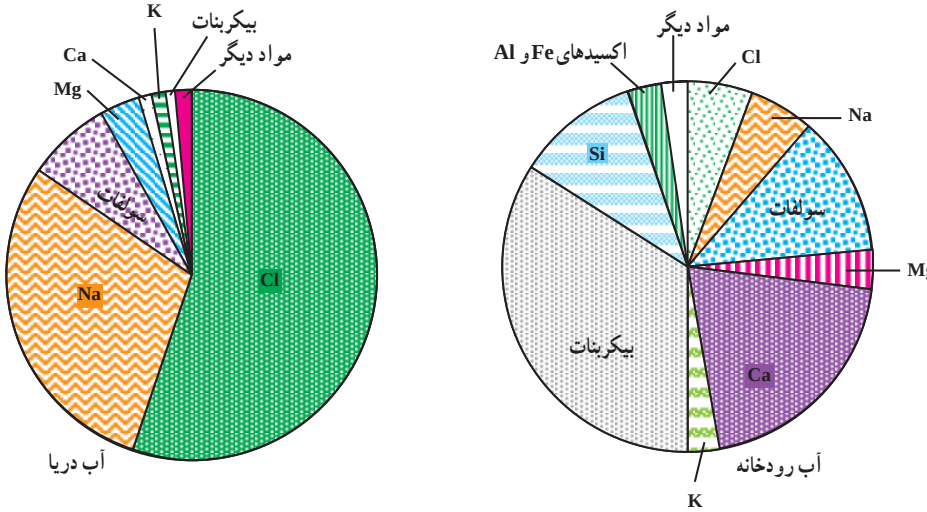


شکل ۲ــ۱ــ ساختار درونی زمین

می‌توان میزان تراکم و یا سختی سنگ را تعیین کرد. امواج زلزله از سنگ‌های سخت‌تر و متراکم‌تر با سرعت بیشتری عبور می‌کند. مشاهدات نشان داده که در پاره‌ای از نقاط داخل زمین، تغییراتی ناگهانی در سرعت سیر امواج پدید می‌آید.

۳ــ۱ــ موادّ تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین

پوسته‌ی زمین علاوه‌بر بخش جامد، شامل آب‌های روزمینی و زیرزمینی نیز می‌شود. آب‌های روزمینی بسته به شور و شیرین بودن و یا به‌عبارتی چگونگی و منشأ به‌وجود آمدنشان، دارای املاح متنوّعی هستند که درجه‌ی شوری آب براساس میزان آن‌ها مشخّص می‌شود. به‌عنوان مثال درصورتی‌که یک کیلوگرم از آب دریا را تبخیر کنیم، حدود ۳۵ گرم نمک‌های مختلف از آن به‌دست می‌آید. پس می‌توان گفت که درجه‌ی شوری آب دریا، ۰/۰۳۵ است. در شکل (۳ــ۱)، مقایسه‌ی میزان یون‌های مختلف، در آب دریا و آب یک رودخانه نشان داده شده است.

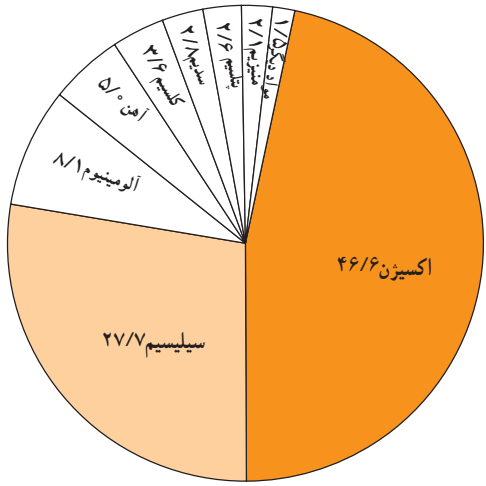


شکل ۳ــ۱ــ مقایسه‌ی میان ترکیب یونی آب دریا و آب یک رود معمولی

آزمایش‌های دقیق شیمیایی، وجود حدوداً ۶۰ عنصر مختلف را در آب دریاها ثابت کرده است که تنها یون‌های ۶ عنصر از ۶۰ عنصر، بیش از ۹۹٪ نمک‌های دریاها را تشکیل می‌دهد. این یون‌ها به‌ترتیب فراوانی عبارتند از :

کلر (۵۵/۲٪) ،سدیم (۳۰/۴٪)،سولفات (۷/۷٪)،منیزیم (۳/۷٪)، کلسیم (۱/۲٪) و پتاسیم (۱/۱٪).

عناصر اصلی تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی جامد زمین، اکسیژن و سیلیسیم می‌باشد که بر روی‌هم حدود ۷۰٪ عناصر را تشکیل می‌دهند. به‌همین دلیل، سیلیکات‌ها یعنی موادّی که جزء اصلی آن‌ها سیلیسیم و اکسیژن است، فراوان‌ترین موادّ معدنی پوسته‌ی زمین را تشکیل می‌دهند. میزان فراوانی نسبی عناصر اصلی تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی جامد زمین در شکل (۴ــ۱) نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۱ــ نسبت فراوانی عناصر در پوسته‌ی جامد زمین

ترکیب سنگ‌های به‌وجود آورنده‌ی پوسته در زیر خشکی‌ها، گرانیت و بازالت و در زیر اقیانوس‌ها، بازالت است. به‌طورکلّی قسمت‌های خارجی را خانواده‌های کوارتز و فلدسپات‌های اسیدی تشکیل می‌دهند که با زیادشدن عمق از میزان کوارتز کاسته می‌شود و سنگ‌ها خواصّ بازی پیدا می‌کنند و فلدسپات‌های بازی را تشکیل می‌دهند.

۴ــ۱ــ طرز تشکیل سنگ‌های پوسته‌ی زمین

سنگ، جسمی‌است که از اجتماع یک یا چند نوع مادّه‌ی معدنی (کانی) تشکیل شده باشد به‌نحوی که در سطح وسیعی از زمین گسترش یافته و در صورت تخریب و تجزیه، کانی‌های مختلف از آن‌ها آزاد بشود. بررسی بیشتر کانی‌ها و انواع مختلف آن‌ها را به فصل دوم کتاب موکول می‌کنیم و در ادامه‌ی این فصل از انواع مختلف سنگ‌ها و چگونگی تشکیل آن‌ها صحبت می‌کنیم.

سنگ‌ها را از روی خواص و منشأ تشکیل آن‌ها به سه دسته‌ی بزرگ تقسیم می‌نمایند :

۱ــ سنگ‌های آذرین

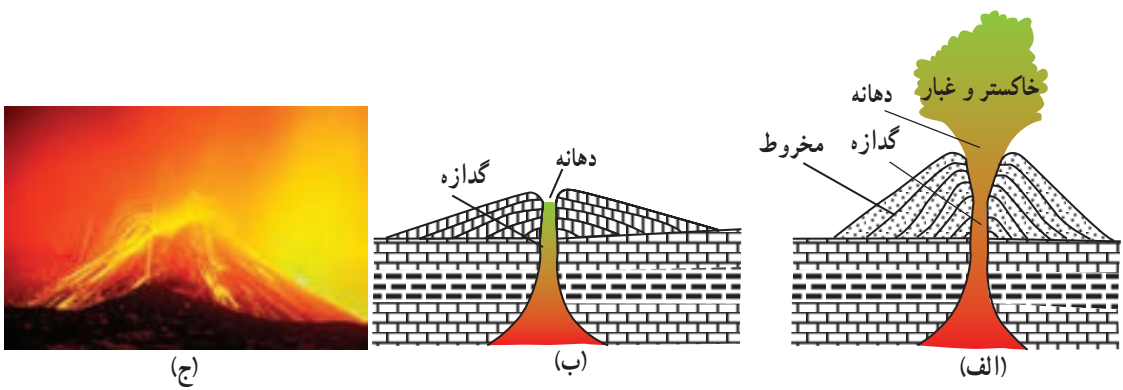
۲ــ سنگ‌های رسوبی

۳ــ سنگ‌های متامورفیک یا دگرگونه

۱ــ۴ــ۱ــ ماگماتیسم و سنگ‌های آذرین : همان‌گونه که پیش از این نیز گفته شد، هرقدر که به عمق زمین پیش برویم دما بالاتر می‌رود و در اعماق زیاد به‌حدّی می‌رسد که برای ذوب بسیاری از سنگ‌ها در شرایط عادّی کافی و حتّی بالاتر از آن است و لیکن امروزه برخلاف گذشته که تصوّر می‌شد که به‌دلیل دمای بالا، قسمت‌های زیر پوسته‌ی زمین تماماً حالتی مذاب داشته باشد، می‌دانیم که با وجود این دمای بالا، فشار لایه‌های بالاتر به‌قدری زیاد است که اجازه‌ی ذوب را به‌این سنگ‌ها نمی‌دهد مگر در مواردی‌که مانند پیدایش گُسَل و یا ایجاد شکستگی در پوسته‌ی زمین، از میزان این فشار کاسته شود و موادّ تحت دمای بالا به‌حالت مذاب درآیند.

در هرجا که این سنگ‌های تحت دمای بالا، ذوب شوند، مادّه‌ی مذاب به‌وجود آمده، به‌دلیل سیّال بودن، به سمت بالا حرکت کرده راه خود را به بیرون از پوسته باز می‌کند و گدازه را به‌وجود می‌آورد. در صورت انجماد ماگما (مواد مذاب و گازی درون و سطح زمین) که به بیرون راه پیدا کرده و دمای حدود ۱۲۰۰ درجه‌ی سلسیوس را دارد، سنگ‌های «بیرونی» و یا آذرین را تشکیل می‌دهد. درصورتی‌که این مادّه‌ی مذاب نتواند به سطح زمین برسد، در داخل پوسته‌ی زمین منجمد می‌شود وتشکیل سنگ‌های آذرین «درونی» را می‌دهد.

الف ــ ولکانیسم : ولکانیسم و یا به‌عبارتی فعّالیت‌های آتشفشانی زمین هنگامی رخ می‌دهد که مادّه‌ی مذاب به سطح زمین برسد. در صورتی‌که راهیابی این مادّه‌ی مذاب به سطح زمین به‌آرامی صورت گیرد به آن آتشفشان آرام، و درصورتی‌که خروج، با انفجار همراه باشد به‌آن، آتشفشان انفجاری می‌گویند (شکل ۵ــ۱).



شکل ۵ــ۱ــ آتشفشان انفجاری (الف) و آرام (ب) و تصویر آتشفشان واقعی (ج)

آتشفشان‌های آرام بیشتر در اقیانوس‌ها وجود دارند. گدازه‌ای روان با حرارت زیاد و گازهای محلول در مذاب، از مشخّصات بارز این نوع آتشفشان‌هاست. در مقابل، آتشفشان‌های انفجاری، در خشکی‌ها، به‌خصوص حاشیه‌ی آن‌ها، وجود دارد. برخلاف نوع آرام، گدازه‌های این نوع آتشفشان از روانی کمتری برخوردارند (ویسکوزیته‌ی بالا) و با سرعت نسبتاً زیاد بر روی زمین به‌صورت جامد درمی‌آیند. علّت انفجار، دراین نوع آتشفشان‌ها، بسته شدن دهانه‌ی آن‌ها توسّط گدازه‌های قدیمی و مسدودشدن راه خروج گازهاست. هنگامی که فشار گازهای محبوس و متراکم‌شده به حدّی برسد که دهانه‌ی منجمد، قدرت نگهداری آن‌ها را نداشته باشد، دهانه منفجرشده وگازها به‌همراه موادّ دیگر، خارج می‌شوند. این مواد ممکن است کیلومترها در هوا صعود کنند. در این نوع آتشفشان‌ها میزان گدازه کم است و موادّ خارج‌شده از دهانه می‌توانند به‌سه حالت جامد، مایع و یا گاز باشند.

ب ــ پلوتونیسم: از آن‌جایی که فعّالیّت‌های درونی کره‌ی زمین (پلوتونیسم) در زیر پوسته‌ی آن انجام می‌شود، اطّلاع از آن (نسبت به چگونگی فعّالیّت‌های بیرونی) کمتر است. لذا در این زمینه ناچاریم با توجّه به شواهد و مشاهدات غیرمستقیم که همانا ماگمای سردشده و منجمد در اعماق زمین است استناد کنیم ؛ شواهدی که گاه ممکن است میلیون‌ها سال از عمر آن‌ها گذشته باشد.

۲ــ۴ــ۱ــ سنگ‌های آذرین: همان گونه که متوجّه شدید، پدیده‌ی ولکانیسم و پلوتونیسم ــ که هردو منشأ ماگمایی دارند تفاوت اساسی آن‌ها در راهیابی و عدم راهیابی ماگمای آن‌ها به خارج از پوسته‌ی زمین و سردشدن مذاب است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که میان سنگ‌های حاصل از این فعّالیّت‌ها که به‌طور عمومی «آذرین» نامیده می‌شوند منشأ ماگمایی (شکل ۶ــ۱)دارند.

شکل ۶ ــ۱ــ تصویر ماگمای واقعی

سنگ‌های آذرینی که در روی زمین تشکیل شده‌اند و موادّ اوّلیّه‌ی آن‌ها، گدازه‌های آتشفشانی می‌باشند را سنگ‌های آذرین بیرونی (Volcanic) می‌گویند و آن‌هایی که حاصل فعّالیّت‌های درونی زمین و در درون پوسته سرد و سخت شده‌اند، سنگ‌های آذرین درونی (Plutonic) می‌نامند. به‌عنوان مثال، بازالت یکی از اصلی‌ترین و عمده‌ترین سنگ‌های آذرین بیرونی است که از سرد شدن موادّ مذاب خارج شده از دهانه‌ی آتشفشان‌ها تشکیل شده است. به‌طور متوسّط ۹۵٪ سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین را از نظر وزنی، سنگ‌های آذرین تشکیل می‌دهد.

نحوه‌ی انجماد ماگما به‌صورت بلور (کریستال) یا بی‌شکل (آمورف) حاصله بستگی به ۱ــ ترکیب شیمیایی ۲ــ نحوه و سرعت سرد شدن مذاب دارد. درصورتی که سرعت سرد شدن ماگما کند باشد بلورهای درشت و درصورتی که سرعت سرد شدن مذاب سریع باشد بلورهای ریز تشکیل می‌شود.

اگر مذاب در زیر پوسته‌ی زمین منجمد شود (سنگ‌های آذرین درونی) از آن‌جایی که انتقال حرارت به کندی انجام می‌شود و درنتیجه سرعت انجماد کم است، به بلورهای به‌وجودآمده از مذاب، فرصت کافی جهت رشد داده می‌شود، لذا مادّه‌ای منجمد با بلورهای درشت به‌وجود خواهد آمد. گرانیت یا سنگ خارا از بلورهای درشت کوارتز، فلدسپات و میکای سیاه تشکیل شده که نمونه‌ای از این نوع سنگ‌هاست.

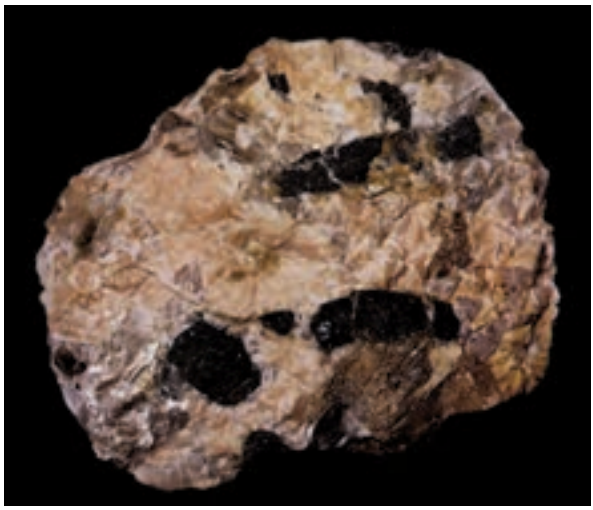
اگر ماگما در حین عبور از پوسته‌ی زمین منجمد شده باشد فرصت کمتری برای رشد کافی بلورها در اختیار داشته، لذا بلورهای آن نسبتاً کوچک‌تر است ودرصورتی‌که ماگما به‌طور کامل به سطح زمین رسیده باشد و سپس شروع به انجماد کرده باشد، از آن‌جایی که مادّه‌ی مذاب سریعاً خنک شده است، با بلورهای بسیار ریز که فرصت کافی برای رشد نداشته‌اند، تشکیل می‌شوند مانند بازالت (شکل ۷ــ۱) و چه بسا که اصلاً بلوری تشکیل نشود و مادّه، کاملاً بی‌شکل و شیشه‌ای باشد.

شکل ۷ ــ۱ــ بازالت

ابسیدین، و سنگ‌پا مثال‌هایی از سنگ‌های آذرین بی‌شکل هستند (شکل ۸ــ۱).

علاوه‌بر انواع حالت‌های بلوری و غیربلوری که ذکر شد، حالت و یا اصطلاحاً بافتی تحت عنوان «پورفیری» هم وجود دارد که در آن بلورهایی درشت در زمینه‌ای بی‌شکل و یا ریزبلور قرار دارند ؛ وجود این بافت حاکی از آن است که سنگ در دو مرحله، سرد شده است، یعنی ماگمایی که درحال سرد شدن آهسته و تدریجی در اعماق بوده است، ناگهان به بیرون ریخته شده و منجمد گشته است (شکل ۹ــ۱).

شکل ۸ ــ۱ــ ابسیدین



شکل ۹ــ۱ــ بافت پورفیری در نوعی سنگ آذرین

به‌طورکلّی مهم‌ترین موادّ تشکیل‌دهنده‌ی ماگما منشأ سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی هستند، سیلیکات‌های فلزاتی چون آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم همراه سیلیس آزاد می‌باشند که حدوداً ۹۹٪ حجم سنگ‌های آذرین را تشکیل می‌دهند. موادّ غیرسیلیکاتی چون فسفات‌ها، سولفات‌ها، اکسیدها و سولفیدها و چند عنصر آزاد و نیز به مقدار بسیار جزئی در سنگ‌های آذرین وجود دارد که در مبحث مربوط به کانی‌ها به‌طور مفصّل در مورد آن‌ها صحبت خواهیم کرد .

الف ــ ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین : موادّی که سنگ‌های آذرین را پدید آورده‌اند شباهت زیادی به نوع موادّی دارد که در پوسته‌ی زمین مشاهده می‌شوند. این مواد پس از آزمایش‌کردن سنگ‌های مختلف و تعیین میانگین آن‌ها، بدین‌صورت مشخّص شده است (جدول ۱ــ۱).

همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود ۹۹٪ حجم سنگ‌های آذرین از اکسیدهای موجود در جدول می‌باشد که در این میان SiO_2 فراوان‌تر است. به همین دلیل میانگین ترکیب سنگ‌های آذرین را با توجّه به درصد سیلیس آن‌ها به چهارگروه طبقه‌بندی می‌کنند :

SiO_2 بیشتر از ۶۶٪ : اسیدی

SiO_2 بین ۵۲٪ تا ۶۶٪ : خنثی

SiO_2 بین ۴۵٪ تا ۵۲٪ : بازی

SiO_2 کمتر از ۴۵٪ : بازی شدید

جدول ۱ــ۱ــ مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی پوسته‌ی زمین و سنگ‌های آذرین

نوع مواد	میانگین در ترکیب سنگ‌های آذرین	میانگین در ترکیب پوسته‌ی زمین
SiO_2	۵۹/۱۲	۵۵/۲
Al_2O_3	۱۵/۳	۱۵/۳
Fe_2O_3	۳/۰۸	۲/۸
FeO	۳/۸	۵/۸
MgO	۳/۴۹	۵/۲
CaO	۵/۰۸	۸/۸
Na_2O	۳/۸۴	۲/۹
K_2O	۳/۱۳	۱/۹
H_2O	۱/۱۵	ــ
TiO_2	۱/۰۵	۱/۶
P_2O_5	۰/۳	۰/۳
MnO	۰/۱۲	۰/۲

ب ــ *کانی‌های سنگ‌های آذرین*: کانی به موادّ طبیعی جامد و معمولاً متبلوری گفته می‌شود که دارای ترکیب شیمیایی ثابتی است و یا در حدّ معیّنی تغییر می‌کند (در مورد کانی‌ها به‌طور کامل در فصل دوم شرح داده خواهد شد.) یک سنگ می‌تواند از یک و یا ترکیبی از چند کانی مختلف تشکیل شده باشد. نوع کانی‌هایی که در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود کاملاً بستگی به ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها دارد.

سیلیکات‌ها که درواقع خانواده‌ی گسترده‌ای از ترکیبات سیلیس (SiO_2) اند، عمده‌ترین کانی‌های سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی می‌باشند. همان‌گونه که پیش از این ذکر شد هنگامی که میزان (SiO_2) مادّه در ترکیب سنگ، نسبتاً زیاد باشد سنگ آذرین را اسیدی می‌نامند که دارای رنگ روشنی می‌باشد. گرانیت یکی از مثال‌های بارز این نوع سنگ است. هنگامی که میزان سیلیس در سنگ، بسیار کم و رنگ آن تیره باشد، این سنگ‌ها را سنگ‌های آذرین قلیایی می‌نامند که پِری‌دوتیت از این‌جمله می‌باشد. سینیت، گابرو و دیوریت، سنگ‌های حدّ واسط بین دو دسته‌ی تیره و روشن می‌باشند. هنگامی که در ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین میزان آهن و منیزیم فراوان باشد مانند آمفیبول و پیروکسن، رنگ‌های تیره‌ی سیاه، قهوه‌ای، سبز و یا سبز زیتونی ایجاد می‌شود و در صورتی که میزان این مواد، به‌خصوص آهن، کم باشد رنگ سنگ‌ها روشن‌تر شده و به سفید، گُلی، کرم و خاکستری متمایل می‌شود. برای مثال کوارتز و سیلیکات‌های قلیایی محتوی پتاسیم، سدیم، کلسیم و یا میکای سفید را می‌توان نام برد.

درواقع سیلیس موجود در ماگما، نوع کانی‌هایی را که تشکیل می‌شوند، در کنترل دارد. مثلاً ماگمایی که SiO_2 کم دارد، الیوین را که در سنگ‌های بازی و بازی شدید دیده می‌شود، می‌سازد.

مهم‌ترین کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آذرین عبارتند از: کوارتز، ارتوکلاز و پلاژیوکلاز، میکاها، آمفیبول‌ها، پیروکسن‌ها و الیوین.

قبلاً گفته شد، ظاهر سنگ‌های آذرین، تحت تأثیر فراوانی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است. لذا می‌توان با توجّه به رنگ و وزن سنگ تا حدّی درباره‌ی نوع کانی‌های آن قضاوت کرد. مثلاً کوارتز عموماً بی‌رنگ و شفّاف است ولی فلدسپات‌ها کدر و دارای رنگ روشنی می‌باشند. سنگ‌هایی که از اجتماع این نوع کانی‌ها تشکیل شده باشند، (سنگ‌های اسیدی و خنثی) دارای رنگ روشن و نسبتاً سبک‌وزن می‌باشند. در عوض کانی‌های آهن و منیزیم‌دار در سنگ‌های باز و بازی شدید، تیره‌رنگ و با وزن نسبتاً زیاد مثل الیوین، پیروکسن و آمفیبول، یافت می‌شوند.

۵ــ۱ــ هوازدگی

عوامل مهمّ تغییرشکل‌دهنده‌ی سطح کره‌ی زمین عبارتند از ۱ــ فرسایش ۲ــ هوازدگی، که عوامل فرسایش عبارتند از وزش بادها و طوفان‌ها، امواج کوبنده‌ی دریاها، حرکت یخچال‌ها، جاری‌شدن آب‌ها و رودخانه‌ها که سبب فرسودگی و جابه‌جایی موادّ سطحی زمین می‌شود. عامل دوم تغییردهنده سطح کره‌ی زمین هوازدگی که بدون آن‌که سبب جابجایی موادّ حاصل از فرسایش شود، تأثیر به‌سزایی بر روی تغییرات سطحی کره‌ی زمین دارد، «هوازدگی» در نتیجه‌ی تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر روی سنگ‌ها به‌وجود می‌آید. صاف و هموارشدن خطوط و برجستگی‌ها و نقوش آثار باستانی و فرسوده‌شدن دیوارهای سنگی قدیمی، از نشانه‌های تأثیر همیشگی و بی‌وقفه‌ی عوامل هوازدگی است (شکل ۱۰ــ۱).

شکل ۱۰ــ ۱ــ ساختمان آتشکده‌ای در نزدیکی تخت‌جمشید، نمونه‌ای از فرآیند هوازدگی است.

هوازدگی با دو روش عمده بر روی سنگ‌های سطح زمین اثر می‌گذارد :
هوازدگی مکانیکی و شیمیایی.

۱ــ۵ــ۱ــ هوازدگی مکانیکی :در طیّ این فرآیند، قطعات بزرگ سنگ‌ها به قطعات

کوچک‌تری که دارای همان ساختمان و ترکیب هستند شکسته و خرد می‌شوند. خردشدن سنگ گرانیت و تبدیل آن به دانه‌های ریزتر، مثال بارزی از این مورد است. هوازدگی مکانیکی، دراثر تغییراتی که در اتمسفر زمین پیش می‌آید مانند تغییرات دما و یا رطوبت هوا، اتّفاق می‌افتد. تأثیر تغییرات دما بر روی سنگ‌های بدون پوشش مناطق کوهستانی و دشت‌ها، به‌صورت خرد شدن و از هم‌پاشیدگی آن‌هاست. از آن‌جایی که معمولاً در این مناطق، اختلاف دمای روز و شب نسبتاً زیاد است، گرمای روز، سبب انبساط و سرمای شب، سبب انقباض سنگ‌ها می‌گردد و چون انبساط حرارتی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک سنگ به‌دلیل تفاوت‌های ساختاری، یکسان نیست، از یکدیگر تبعیّت نکرده درنهایت سست و متلاشی‌شدن سنگ را به‌دنبال خواهد داشت. البته این عمل به‌تنهایی اهمّیّت زیادی ندارد و تأثیر آن در تخریب سنگ‌ها جزئی است. ولی رطوبت هوا از عوامل مهمّ هوازدگی مکانیکی است که دراثر انجماد آب در درون شکاف‌ها، درزها و تخلخل‌های سنگ‌ها سبب تخریب آن‌ها می‌شود. وقتی که آب یخ می‌بندد، افزایش حجمی خواهد داشت. این افزایش حجم، موجب واردآمدن فشار بسیار زیاد به دیواره‌های شکاف‌ها و تخلخل‌هایی می‌شود که آب به‌داخل آن‌ها نفوذ کرده و درنهایت سبب خردشدن و متلاشی شدن این سنگ‌ها می‌شود.

میزان این فشار گاه در دماهای زیر صفر به هزاران کیلوگرم بر سانتی‌مترمربّع می‌رسد. در نقاط سردسیر و سنگ‌های پرحفره، این عامل هوازدگی، تخریب بیشتری را نسبت به عوامل دیگر درپی خواهد داشت. ریزش خرده‌سنگ‌ها از قلل کوه‌ها دراثر همین پدیده‌ی هوازدگی به‌وقوع می‌پیوندد.

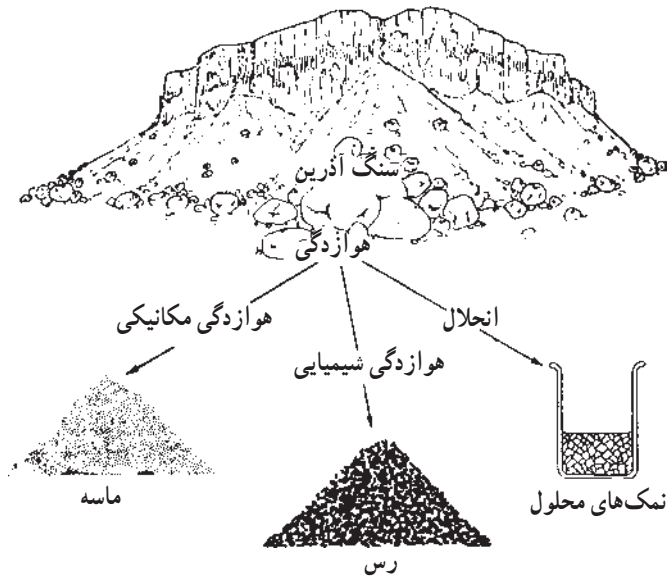
۲ــ۵ــ۱ــ هوازدگی شیمیایی: دراین فرآیند ترکیب شیمیایی سنگ تغییر پیدا کرده، و موادّ جدیدی به‌وجود می‌آید. مثلاً از هوازدگی فلدسپات‌ها، خاک رُس (و یا مشخّصاً کانی کائولینیت) به‌وجود می‌آید که در جای خود به‌تفصیل درمورد آن بحث خواهد شد. تأثیر آب، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن از عوامل مؤثر در هوازدگی شیمیایی است.

اگرچه کوارتز به‌تنهایی تحت‌تأثیر هوازدگی شیمیایی قرار نمی‌گیرد ولیکن کانی‌های سیلیکاتی کمابیش تحت اثر فرایند هیدرولیز (آبگیری) تجزیه می‌شوند. درصورتی‌که کانی‌هایی که تحت‌تأثیر هیدرولیز قرار می‌گیرند، در ساختار خود علاوه‌بر سیلیس، آلومینیوم هم داشته باشند (آلومینوسیلیکات‌ها)، از تجزیه‌ی آن‌ها کانی‌های رسی حاصل می‌آید که مورد زیر یک مثال مشخّص و با اهمّیّت از این حالت است :

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + 4SiO_2 + K_2CO_3$$

ارتوکلاز　　کائولینیت

وجود CO_2 و قابلیّت حلّ آن در آب، سبب تسریع واکنش، دراثر افزایش خاصیت اسیدیته آب می‌شود. «اکسیداسیون» (که عبارت‌است از ترکیب اکسیژن با یک مادّه‌ی دیگر) نیز از عوامل مؤثر در هوازدگی برخی سنگ‌هاست. ترکیبات آهن‌دار مانند پیریت و منیتیت بیش از سایر کانی‌ها تمایل به ترکیب با اکسیژن دارند. درصورتی که عمل ترکیب تنها بین آهن و اکسیژن باشد، رنگ مادّه‌ی حاصل، قرمزرنگ است، مانند هماتیت. امّا درصورتی که علاوه بر اکسیداسیون، عمل آبگیری نیز انجام شود، اکسید آبدار آهن که زرد رنگ است، (لیمونیت) حاصل می‌شود. رنگ زرد و یا قرمز اغلب خاک‌ها، به‌علّت وجود همین دو مادّه است. دی‌اکسید کربن نیز از عوامل مؤثّر در هوازدگی شیمیایی است که اگرچه به‌تنهایی تأثیری بر سنگ‌ها ندارد ولیکن در ترکیب با آب و حل‌شدن در آن، تولید اسیدکربنیک ضعیف می‌کند که بر فلدسپات‌ها، آمفیبول، پیروکسن و میکای سیاه، اثر دارد. هم‌چنین دی‌اکسیدکربن (CO_2) باکلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم حاصل از تجزیه‌ی سنگ‌ها ترکیب می‌شود و کربنات‌های مربوط را ایجاد می‌کند. اثر اسیدکربنیک بر کلسیت شدیدتر بوده آن‌را به‌طور کامل در خود حل می‌کند (شکل‌های ۱۱ــ۱ و ۱۲ــ۱).

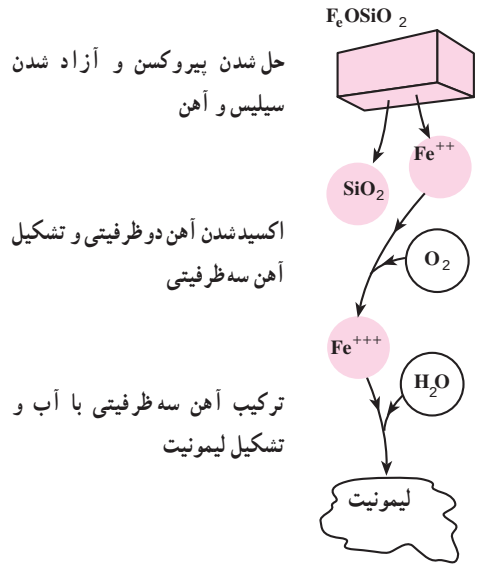


شکل ۱۱ــ۱ــ تأثیر هوازدگی مکانیکی و شیمیایی بر روی گرانیت

«باران اسیدی» واژه‌ای که در چند سال اخیر متداول گشته و از مشکلات کشورهای صنعتی به‌شمار می‌آید، دراثر آلودگی بیش ازحدّ هوا به گازهایی چون CO_2 ، H_2S ، SO_2 ، SO_3 ، HCl

پدید می‌آید. حل‌شدن این گازها در آب باران، سبب اسیدی‌شدن آن شده و علاوه‌بر اینکه لطمه‌ی فراوان به محیط زیست و درختان و موجودات زنده‌ی آبزی می‌زند سبب خوردگی فلزات نیز می‌گردد. این پدیده که بشر مسبّب آن است نیز خود یک هوازدگی است.

گرما و رطوبت، دو عامل مهمّ، در تسریع هوازدگی شیمیایی هستند لذا تأثیر این دوعامل در مناطق گرم و مرطوب، بیشتر مشاهده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۱ــ مراحل تجزیه‌ی یک کانی آهن‌دار مانند پیروکسن و تبدیل آن به مینرال جدید لیمونیت

۳ــ۵ــ۱ــ مقاومت سنگ‌ها در برابر هوازدگی : سنگ‌ها و کانی‌های گوناگون در برابر هوازدگی شیمیایی و مکانیکی مقاومت یکسانی ندارد. به‌عنوان مثال کوارتز، هم در برابر آب و اسیدها (هوازدگی شیمیایی) و هم به‌علّت سختی زیاد، در برابر هوازدگی مکانیکی مقاوم است. لذا بلورها، ذرّات و یا توده‌های کوارتز در میان دانه‌های ماسه، هم‌چنان بدون تغییر باقی می‌مانند و تنها ممکن است دراثر عوامل فرسایشی به ذرّات ریزتر تبدیل گردند. اما در عوض کانی‌هایی مانند ارتوکلاز، آلبیت، هورن‌بلاند، میکا، اوژیت و کلسیت، همگی تحت تأثیر عوامل هوازدگی مکانیکی و شیمیایی قرار می‌گیرند. هوازدگی مکانیکی سبب ریزشدن آن‌ها و تبدیل‌شدن به سنگ‌ریزه و ماسه می‌شود و هوازدگی شیمیایی آن‌ها را به دانه‌های ریزتری در حد رُس تبدیل می‌کند. کلسیت تقریباً در آب حل می‌شود و توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی به دریاچه‌ها و دریاها برده می‌شود.

هوازدگی شیمیایی و مکانیکی بخصوص در حضور اکسیژن و دی‌اکسید کربن و در هوای گرم و مرطوب (وجود آب) سبب تبدیل سنگ‌ها به قلوه‌سنگ‌های کوچک‌تر، شن، ماسه و رُس می‌شود. با گذشت زمان قلوه‌سنگ‌ها و قطعات درشت‌تر هم بالاخره تبدیل به ذرّات ریزتر می‌شوند. شن و ماسه تنها درصورتی باقی می‌مانند که در آن‌ها کوارتز یا کانی‌های مقاوم در برابر هوازدگی شیمیایی، موجود باشد. سنگ‌هایی که در آن‌ها ذرّات و قطعات، در میان نوعی ماده‌ی زمینه‌ای قرار داشته باشند، تنها تا زمانی پایدار می‌مانند که سیمان (ماده‌ی پیونددهنده) لابلای ذرات و قطعات باقی باشد (شکل ۱۳ــ۱) ؛ هنگامی‌که این سیمان از جنس سیلیس باشد مسلّماً مقدار مقاومت سنگ نیز زیاد خواهد بود. می‌دانیم که سنگ‌های رُسی ازجمله سنگ‌های رسوبی است که مقاومتش بسیار کم است لذا به‌آسانی ورقه‌ورقه می‌شود و از آن موادّ اوّلیّه‌ی سازنده‌اش حاصل می‌آید. سنگ مرمر و سنگ آهک، تا حدودی دربرابر هوازدگی مکانیکی مقاومند امّا کلسیت موجود در آن‌ها به‌تدریج در آب حل می‌شود لذا این سنگ‌ها هم، در آب و هوای مرطوب، از جمله سنگ‌های کم‌مقاومت به‌حساب می‌آیند.

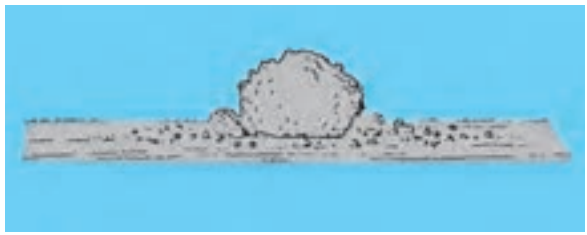
خردشدن سنگ‌ها، دراثر عوامل هوازدگی، به‌یک‌صورت نیست و شدیداً تحت تأثیر ساختار، بافت و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ می‌باشد. سنگ‌هایی که از بلورهای مختلف تشکیل شده باشند مانند سنگ‌های آذرین درشت‌بلور، سنگ‌های دگرگون‌شده و ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت، به‌هنگام خردشدن، به‌صورت «دانه‌دانه» خرد می‌شود امّا هم‌چنان هریک از ذرّات جداشده از سنگ، شکل اوّلیّه خود را محفوظ نگه می‌دارد. برخی از سنگ‌ها با توجّه به ساختار بلوری کانی‌های تشکیل‌دهنده‌شان، به‌صورت «ورقه‌ورقه» از آن جدا می‌شوند که این ورقه‌ها می‌توانند اندازه‌های مختلفی، از پولک‌های کوچک گرفته تا لایه‌های وسیع را، شامل شود.

پاره‌ای از سنگ‌های رسوبی دارای درزها و ترک‌های موازی‌اند لذا به‌صورت «قطعه‌قطعه» (دارای اشکال منظّم) خرد می‌شوند که در کنار آن‌ها ممکن است حالت دانه‌دانه‌شدن و یا ورقه‌شدن هم، مشاهده شود (شکل ۱۳ــ۱).

شکل ۱۳ــ۱ــ مراحل خرد شدن سنگ گرانیت

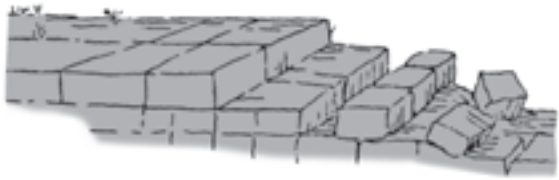
و بالاخره سنگ‌هایی مانند گرانیت که بسیار سخت هستند اگر تحت فشارهای زیاد حاصل از انجماد آب قرار گیرند، به‌صورت کاملاً «نامنظّم» و به‌شکل قطعات کوچک و بزرگ با زوایای نامساوی خرد می‌شوند.

۴ــ۵ــ۱ــ تدریجی بودن هوازدگی: هوازدگی در شرایط طبیعی یک پدیده‌ی کُند است و حتّی برای تخریب سنگ‌هایی مانند سنگ آهک که از کم‌مقاومت‌ترین سنگ‌ها در برابر هوازدگی می‌باشد، به سال‌ها زمان نیاز است. میزان انحلال این مادّه، حتّی در هوای مرطوب از نیم سانتی‌متر در صد سال تجاوز نمی‌کند و چندین هزارسال وقت لازم است تا خطوط و نقوش برجسته‌ی آثار باستانی حالت اوّلیّه وتیز خود را از دست بدهند (شکل ۱۴ــ۱).



دانه‌دانه‌شدن

ورقه‌ورقه‌شدن



قطعه‌قطعه‌شدن

شکستن نامنظّم

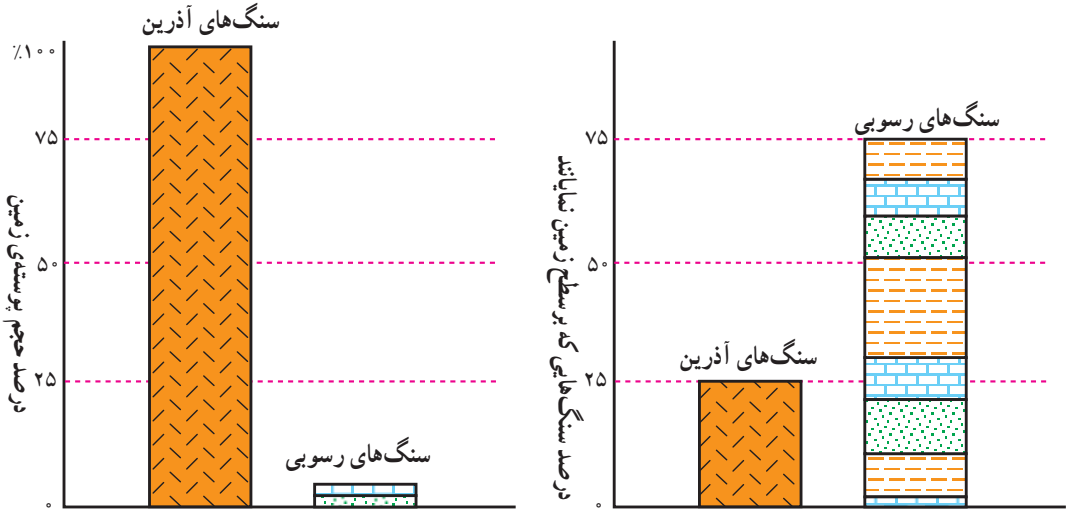
شکل ۱۴ــ۱ــ انواع خردشدن سنگ‌ها در برابر عوامل هوازدگی

۶ــ۱ــ سنگ‌های رسوبی

همان‌گونه که در بحث پیشین دیده شد، هوازدگی یکی از اصلی‌ترین عوامل تخریب و از هم‌پاشیدگی سنگ‌هاست. موادّ حاصل از هوازدگی عموماً کمتر در محلّ اوّلیّه خود باقی می‌مانند و اکثراً توسّط عواملی چون آب، باد، یخچال‌ها و غیره که خود از عوامل فرسایشی به‌شمار می‌روند، حمل‌شده به درون دریاها و دریاچه‌ها و سواحل رودها برده می‌شوند.

پرسش: چرا در طیّ میلیون‌ها سال فرسایش و هوازدگی، دریاها و اقیانوس‌ها از موادّ تخریبی پُر نشده‌اند؟

پاسخ این پرسش در ایجاد سنگ‌هایی جدید از این موادّ است که به آن‌ها سنگ‌های رسوبی می‌گویند. به عبارت دیگر سنگ‌های رسوبی از موادّی حاصل می‌آیند که پیش از آن در سنگ‌های دیگر وجود داشته‌اند. همین نکته می‌تواند توجیهی برای این مسأله باشد که چرا با وجود آن‌که حدود ۹۹٪ سنگ‌های پوسته‌ی زمین را، سنگ‌های آذرین تشکیل می‌دهند، حدود ۷۵٪ سنگ‌هایی که بر روی سطح زمین نمایان است از نوع سنگ‌های رسوبی می‌باشند (شکل ۱۵ــ ۱).



شکل ۱۵ــ۱ــ مقایسه‌ی نوع سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین و سطح نمایان زمین

۱ــ۶ــ۱ــ رسوب‌گذاری:

رسوب چیست؟ به موادی که توسّط عوامل فرسایشی حمل می‌شود و در محیط‌های رسوبی ته‌نشین گردند، رسوب می‌گویند. درواقع رسوب‌گذاری وقتی آغاز می‌گردد که عامل حرکت و حمل

مواد، از حرکت باز ایستد و موادّ همراه با خود را برجای گذارد. هنگامی که باد از جریان می‌افتد و یا آب از حرکت باز می‌ایستد و یا با سرعت کمتری به‌حرکت خود ادامه می‌دهد، موادّ همراه آن ته‌نشین می‌شوند. از آن‌جایی که عمل حمل مواد، توسّط آب تحت تأثیر نیروی گرانشی زمین است، همیشه از سمت بلندی‌ها به‌سوی فرورفتگی‌ها صورت می‌گیرد. لذا معمولاً موادّ رسوبی درشت و سنگین‌وزن، در نیمه‌های راه باقی می‌مانند و هرچه از مبدأ دور گشته به‌مقصد رسوب‌گذاری نزدیک‌تر شویم، از اندازه و وزن قطعات و ذرّات رسوبی کاسته می‌شود.

موادّ دانه‌درشت و سنگین که ممکن است هرگز به دریاها نرسند، آبرفت‌های رودخانه‌ای را پدید می‌آورند. امّا مواد سبک‌وزن، هم‌چنان به‌همراه آب پیش می‌روند تا به محیط‌های آرامی مانند دریاها برسند و در آن‌جا ته‌نشین شوند. البته ممکن است در مواردی جدایی رسوبات، برحسب درشتی و ریزی آن‌ها، مطابق با آنچه که ذکر شد، نباشد. چون گاهی به‌همراه قلوه سنگ‌ها، ماسه و به‌همراه ماسه‌ها، مقداری گل‌ولای (دانه‌ریزتر) نیز دیده می‌شود.

اصلی‌ترین منشأ رسوبات، همان گونه که گفته شد، موادّ حاصل از عوامل تخریبی مانند هوازدگی و فرسایش است که به‌صورت مقادیر زیادی شن و ماسه و رُس از خشکی‌ها به‌درون دریاها برده می‌شوند. علاوه‌بر این‌ها، موادّ معینی وجود دارند که در روی خشکی‌ها به‌صورت محلول در آب درآمده سپس طی فعل و انفعال شیمیایی در زمان خیلی طولانی رسوب می‌کنند و نمک‌طعام، کربنات‌های کلسیم و منیزیم، برخی سولفات‌ها و ترکیبات آهن از آن جمله‌اند.

بقایای بدن جاندارانی که برای تشکیل پوشش محافظ بدن (پوسته و صدف) و اسکلت خود، به موادّ معدنی از قبیل کربنات‌های کلسیم، منیزیم، سیلیس و گاهی فسفات‌ها، سولفیدها و اکسید آهن محتاجند، منشأ دیگری برای تشکیل سنگ‌های رسوبی است.

رسوبات حاصل از آتشفشان‌های درون دریاها و هم‌چنین بقایای غبار مانند حاصل از سوختن و اکسیدشدن شهاب‌سنگ‌هایی که وارد جوّ زمین شده‌اند از عوامل دیگر تشکیل رسوبات بر روی سطح زمین هستند.

۲ــ۶ــ۱ــ کانی‌های موجود در سنگ‌های رسوبی: سنگ‌های رسوبی از کانی‌هایی مانند کوارتز، کلسیت و کانی‌های خانواده‌ی رس‌ها،تشکیل شده‌اند (شکل ۱۶ــ۱) که به‌ندرت ممکن است در یک سنگ رسوبی، تنها یک‌نوع کانی یافت شود. به‌عنوان مثال، سنگ‌آهک، سنگی‌است که کانی کلسیت در آن به‌وفور یافت می‌شود امّا حتی در خالص‌ترین سنگ‌های آهک نیز درصدهایی از کانی‌های دیگر مانند رس‌ها و یا کوارتز دیده می‌شود. هم‌چنین اگرچه مادّه‌ی اصلی تشکیل‌دهنده‌ی

شکل ۱۶ــ۱ــ توده‌ای از سنگ کالسدون[۱]

بسیاری از ماسه‌سنگ‌ها از جنس دانه‌های کوارتز است امّا خمیره و یا اصطلاحاً سیمانی که این دانه‌ها را به‌هم می‌چسباند می‌تواند متفاوت بوده و از جنس سیلیس، کلسیت، دولومیت و یا اکسید آهن باشد.

همان‌گونه که در مبحث هوازدگی عنوان کردیم کانی‌های رُسی (یکی از اصلی‌ترین موادّ اوّلیّه در ساخت محصولات سرامیکی) از تجزیه و تخریب سیلیکات‌ها به‌ویژه فلدسپات‌ها حاصل می‌شوند. درصورتی‌که این کانی‌های رُسی به‌وجود آمده دراثر عمل هوازدگی در جای خود باقی بمانند به آن‌ها «رُس‌های اولیّه» و یا «برجای‌مانده» می‌گویند ؛ امّا درصورتی‌که این رُس‌های اوّلیّه دراثر عوامل فرسایشی از محلّ تشکیل خود جدا شده به‌صورت رسوب درآیند، «سنگ‌های رُسی» و یا «شِیل[۲]ها» را به‌وجود می‌آورند. در مورد تفاوت‌های اساسی این دو رُس، چگونگی ساختار و کاربرد اصلی هریک از این دو نوع رُس، در فصل سوم کتاب به‌تفصیل صحبت خواهیم کرد.

کوارتز نیز از تجزیه‌ی سنگ‌های آذرین به‌وجود می‌آید. زیرا هنگامی که سنگ‌های گرانیتی دراثر هوازدگی مکانیکی و شیمیایی تجزیه می‌شوند، دانه‌های کوارتز موجود در آن‌ها آزاد می‌گردد. بیشتر حجم ماسه‌سنگ‌ها را کوارتز تشکیل می‌دهد.

هم‌چنین ممکن است مقادیر سیلیس که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیار کوچک (درحد کلوئیدی) کلوئیدها از ذراتی به اندازه‌ی ۱۰ تا ۱۰/۰۰۰ انگستروم[۳] تشکیل شده‌اند به‌صورت محلول درآید

۱ــ Mineralogy By: Milovsky and Kononov

۲ــ Shale

۳ــ آنگستروم واحد طول، برابر با $۱۰^{-۸}$ سانتی‌متر ($۱۰^{-۱۰}$ متر) است.

(دراثر هوازدگی گرانیت) و بعداً با ایجاد پیوندی سیمان‌مانند، سنگ‌های رسوبی دانه‌درشت را بوجود آورد یا آن‌که به‌شکل کانی جدیدی به‌نام اوپال[1] با فرمول $SiO_2.nH_2O$ درآید. این مادّه متبلور نیست و کمی از کوارتز نرم‌تر است.

از سنگ‌های رسوبی دیگری که منشأ آن‌ها، بلورهای دانه‌ریز سیلیس است می‌توان از فلینت[2] (سنگ آتش‌زنه) و کالسدون[3] نام برد (شکل ۱۷ــ۱).

شکل ۱۷ــ۱ــ الف ــ اوپال

شکل ۱۷ــ۱ــ ب ــ فلینت

اگرچه اشکال مختلف کوارتز یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی بدنه‌های سرامیکی هستند (چه سنّتی و چه نوین) ولیکن به‌طور خاص می‌توان به‌کاربرد سنگ آتش‌زنه به‌عنوان گلوله‌های بال‌میل در صنایع سرامیک اشاره کرد که این به‌لحاظ سختی بسیار بالای آن است. درعین‌حال از آن‌جایی که این سنگ‌ها عمدتاً در رودخانه‌ها یافت می‌شوند، به‌دلیل غلطیدن‌های متمادی و عوامل فرسایشی، همواره به‌شکل کره و یا چیزی نزدیک به‌آن، بدون وجود لبه‌های تیز هستند. احتمالاً نام بال‌میل[4] نیز از همین‌جا مشتق شده است.

سنگ‌های آهک از دیگر سنگ‌های رسوبی هستند که کلسیت، کانی اصلی تشکیل‌دهنده‌ی آن است. کربنات کلسیم که مادّه‌ی شیمیایی به‌وجودآورنده‌ی کانی کلسیت است، ازجمله موادّی است که می‌تواند در بین ذرّات و قطعات سنگ‌ها نفوذ کند و آن‌ها را به‌هم بچسباند.

منشأ تشکیل کلسیت، پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و برخی کانی‌های آهن و منیزیم‌دار است. کلسیم، ابتدا به‌صورت محلول بی‌کربنات کلسیم $Ca(HCO_3)_2$، از فرآیندهای هوازدگی حاصل می‌شود سپس تحت اثر عوامل بیولوژیکی و واکنش‌های شیمیایی، تبدیل به $CaCO_3$ نامحلول می‌شود.

۱ــ Opal

۲ــ Flint

۳ــ Calcedony

۴ــ Ballmill

سیمان یکی از عمده‌ترین محصولات سرامیکی است که در ساخت آن از سنگ آهک استفاده می‌شود. به‌طورکلّی، سیمان معمولی (سیمان پرتلند) ترکیبی است که آهک و سیلیس، ۸۵٪ حجم آن‌را تشکیل می‌دهد.

علاوه‌بر کانی‌های رُسی، کوارتز و کلسیت، سنگ‌های مهمّ رسوبی دیگری که برخی از آن‌ها از موادّ اوّلیّه ضروری برای صنایع سرامیک هستند عبارتند از :

۱ــ دولومیت $CaMg(CO_3)_2$ که همان کربنات دوگانه (مضاعف) کلسیم و منیزیم است و در صنایع شیشه‌سازی و لعاب‌سازی از اهمّیّت زیادی برخوردار می‌باشد (شکل ۱۸ــ۱).

شکل ۱۸ــ۱ــ دولومیت

۲ــ فلدسپات‌های مختلف که از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی موادّ اوّلیّه صنایع سرامیک هستند و بسته به نوع کاتیون موجود (Na^+ ، K^+ ، Ca^{++} و...)، درصد خلوص و یا مرکّب بودنشان، می‌توانند کاربردهای گسترده‌ای داشته باشند.

۳ــ آهن که طبعاً منشأ آن کانی‌های آهن و منیزیم‌دار بوده است که به‌صورت هماتیت و لیمونیت درآمده‌اند (شکل ۱۹ــ۱).

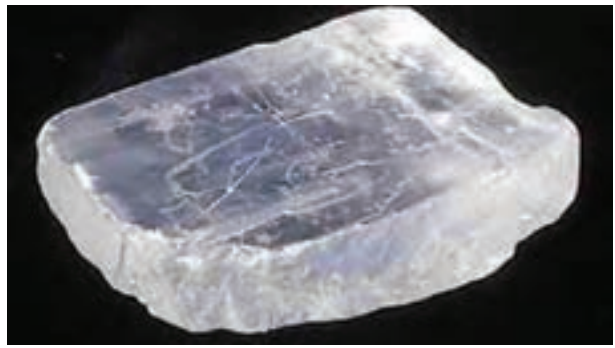
شکل ۱۹ــ۱ــ الف ــ هماتیت

شکل ۱۹ــ۱ــ ب ــ لیمونیت

۴ــ هالیت (NaCl) که از تبخیر آب‌های محتوی نمک به‌صورت سنگ‌های نمک برجای می‌ماند (شکل ۲۰ــ۱).

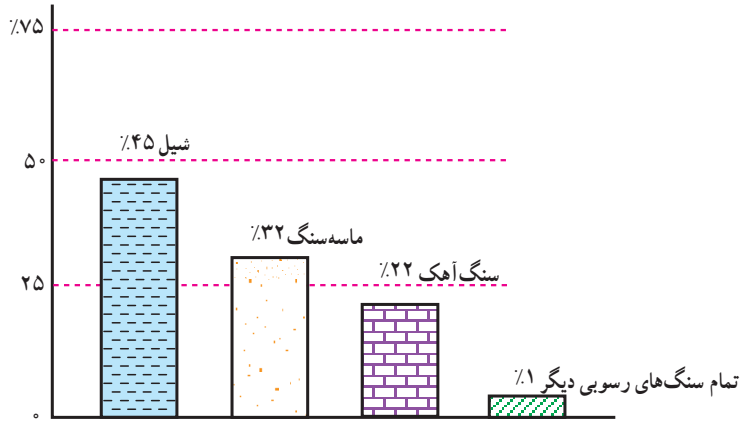
شکل ۲۰ــ۱ــ هالیت

۵ــ ژیپس ــ سولفات کلسیم آبدار با فرمول ($CaSO_4.2H_2O$) که همان سنگ‌گچ است و دراثر تبخیر آب‌های حاوی سولفات کلسیم به‌وجود می‌آید. این مادّه با فرآیندهایی که در فصل‌های بعدی توضیح داده خواهد شد به‌صورت یکی از موادّاوّلیه‌ی ضروری صنایع سرامیک درمی‌آید. هنگامی که میزان شوری آبی که منشأ این کانی‌هاست از ۳ برابر حدّ طبیعی بیشتر شود کانی ژیپس رسوب می‌کند و اگر این شوری به ۱۰ برابر حدّ طبیعی برسد، ته‌نشین‌شدن هالیت آغاز می‌گردد (شکل ۲۱ــ۱).



شکل ۲۱ــ۱ــ ژیپس

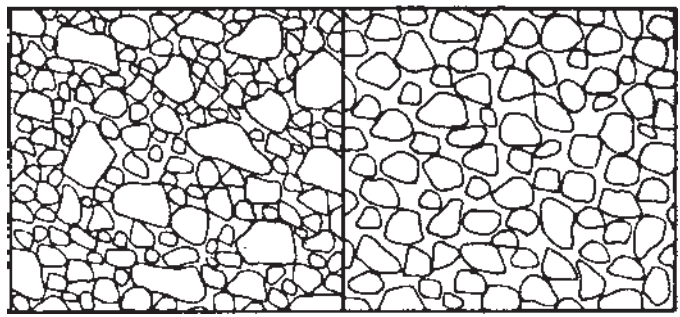
۶ــ قطعات ریز و درشت موادّ آتشفشانی و هم‌چنین موادّ آلی ممکن است در میان سنگ‌های رسوبی یافت شوند (شکل ۲۲ــ۱).



شکل ۲۲ــ۱ــ نسبت فراوانی سنگ‌های رسوبی در روی زمین

سنگ‌های رسوبی نیز مانند سنگ‌های آذرین می‌توانند دارای بافت‌های گوناگون باشند که در ارتباط با ظاهر سنگ، اندازه و شکل بلورها و آرایش آن‌ها می‌باشد. دو بافت اصلی سنگ‌های رسوبی، تخریبی (آواری) و غیرتخریبی (غیرآواری) نامیده می‌شوند.

بافت تخریبی را در سنگ‌هایی می‌یابیم که از اجتماع ذرّات و قطعات سنگ‌های دیگر پدید آمده باشند. اندازه و شکل این دانه‌ها، هم‌چنین نوع دانه‌بندی، طبعاً بر نوع بافت سنگ اثر مستقیم دارد. مثلاً سنگی که از رسوبات یخچالی حاصل می‌آید، دارای دانه‌های مخلوط ریز و درشت است. درحالی‌که وقتی سنگی از موادّ حمل‌شده توسّط باد تشکیل شود، دانه‌های آن کم‌وبیش یک اندازه و ریز هستند (شکل ۲۳ــ۱).



شکل ۲۳ــ۱ــ بافت تخریبی در سنگ‌های رسوبی با دانه‌بندی یکنواخت (الف) و غیریکنواخت (ب)

یکی از راه‌های تقسیم‌بندی سنگ‌های رسوبی اندازه‌ی آن‌ها و یا درواقع اندازه‌ی تقریبی قطر آن‌هاست که براساس جدول ۲ــ۱ می‌باشد :

جدول ۲ــ۱

۲۰۰ میلی‌متر	قطعه‌سنگ
	قلوه‌سنگ
۶۰ میلی‌متر	ریگ درشت
	ریگ ریز
۲ میلی‌متر	شن
	ماسه
۰/۰۶ میلی‌متر	سیلت
۰/۰۰۲ میلی‌متر	رس (غبار)

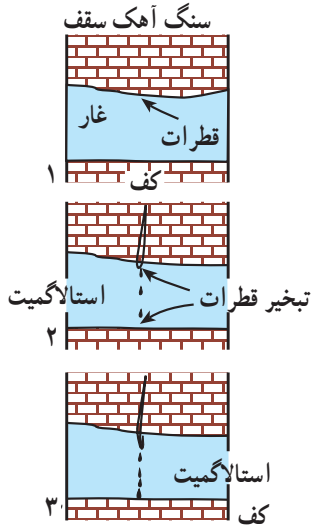
بافت غیرتخریبی در سنگ‌هایی دیده می‌شود که تحت اثر فرایندهای شیمیایی پدید آمده باشند. در این سنگ‌ها همانند سنگ‌های آذرین، بلورها به یکدیگر پیوسته‌اند.

۳ــ۶ــ۱ــ سنگ‌شدن (دیاژنز) : اصطلاح دیاژنز به مراحلی گفته می‌شود که طی آن از رسوبات نرم و منفصل، سنگ‌های سخت و متّصل پدید می‌آید. این پدیده شامل صورت‌های زیر است :

الف ــ سیمان‌شدن : عبارت است از پرشدن فواصل موجود در بین قطعات و ذرّات سنگ، توسّط مواد شیمیایی و چسبیدن آن‌ها به‌هم .این مواد شیمیایی که توسّط آب در بین ذرّات، نفوذ می‌کند عمدتاً کلسیت، دولومیت و کوارتز هستند.

ب ــ متراکم‌شدن و خشک‌شدن : در رسوبات ریزی که جنس آن‌ها سیلت (دانه‌های کمی درشت‌تر از رُس) یا رُس باشند، فضای میان ذرّات چنان کوچک است که آب نمی‌تواند به‌آزادی از میان آن‌ها بگذرد. لذا مادّه‌ی سیمانی هم نمی‌تواند خود را به‌آن فضاها برساند و چسبیدن ذرّات به یکدیگر تحت فرآیند متراکم‌شدن که دراثر فشار لایه‌های فوقانی است و خشک‌شدن تدریجی صورت می‌گیرد. هردوی این فرایندها باعث کم‌شدن فضای مابین ذرّات و درنتیجه فشردگی آن‌ها می‌شود.

ج ــ تبلور مجدّد: متبلورشدن بعضی از مواد رسوبی، خود یک‌نوع تشکیل سنگ به‌حساب می‌آید. درطی این فرآیند که اکثراً دراثر از دست دادن آب محلول‌های نمک‌ها، سولفات‌ها و... رخ می‌دهد، کانی‌های تازه‌ای متبلور می‌شوند و یا آن‌که بلورهای موجود، رشد پیدا کرده بزرگ‌تر می‌گردند. بسیاری از سنگ‌های آهکی و دولومیتی از این‌گونه سنگ‌ها هستند (شکل ۲۴ــ۱).



شکل ۲۴ــ۱ــ تشکیل ستون‌های آهکی در درون پاره‌ای از غارها، نمونه‌ای از رسوبگذاری آب‌های زیرزمینی و عمل تبلور مجدّد است.

همان‌گونه که مشاهده کردید، سنگ‌های رسوبی یا دراثر تخریب سنگ‌های دیگر یا براساس واکنش‌های شیمیایی به‌وجود می‌آیند. لذا می‌توان سنگ‌های رسوبی را به دو دسته‌ی تخریبی و شیمیایی تقسیم‌بندی کرد.

ــ سنگ‌های رسوبی تخریبی را معمولاً براساس قطر قطعات و ذرّات تشکیل‌دهنده‌شان تقسیم‌بندی می‌کنند.

شکل ۲۵ــ۱ــ کنگلومرا

درشت‌دانه‌ترین این سنگ‌ها که از قطعات گردشده با قطر بیش از ۲ میلیمتر می‌باشد کنگلومرا[1] نامیده می‌شود (شکل ۲۶ــ۱ــ الف). به‌گونه‌ای از این سنگ که قطعات آن زاویه دارد (دارای لبه‌های تیز باشد) بِرش[2] می‌گویند (شکل ۲۶ــ۱ــ ب).

الف

ب

شکل ۲۶ــ۱ــ الف و ب ــ نمونه‌هایی از سنگ‌های رسوبی

ماسه‌سنگ‌ها که ابعاد سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها کوچک‌تر از حالت قبل می‌باشد از دانه‌های ماسه تشکیل شده‌اند که به‌وسیله‌ی سیمانی به همدیگر متّصل شده‌اند. معمولاً جنس دانه‌ها کوارتز است اما فلدسپات، میکا و کانی‌های دیگر هم ممکن است میان آن‌ها موجود باشد. سختی ماسه سنگ‌ها و درجه‌ی مقاومت آن‌ها در برابر اثر عوامل فرسایشی و هوازدگی به نوع سیمان آن‌ها بستگی دارد. درصورتی‌که این سیمان از جنس موادّ آهکی باشد مسلّم است که میزان تخریب آن از ماسه‌سنگی که سیمان آن نیز از جنس سیلیس باشد بسیار بیشتر است (چرا ؟).

۱ــ Conglomerate ۲ــ Breccia

باید دانست که سیمان ذکرشده، هرگز نمی‌تواند تمامی فضای موجود بین ذرّات و دانه‌های کوارتز (ماسه) را پُر کند، لذا همواره با جسمی متخلخل سر و کار داریم که گاه تا ۳۰٪ حجم سنگ را این تخلخل‌ها دربر می‌گیرد. موارد استفاده‌ی ماسه‌سنگ‌ها اغلب در ساختمان‌سازی است و از انواع مرغوب و خالص آن (ازنظر سیلیس) در صنایع شیشه‌سازی استفاده می‌شود. سنگ‌های رسی دانه‌ریزترین سنگ‌های رسوبی تخریبی هستند. معروف‌ترین این سنگ‌ها شیل[1] نام دارد که به‌صورت لایه‌لایه است و قسمت اعظم آن موادّ رُسی است. رنگ شیل بستگی به نوع موادّ همراه آن دارد. به‌عنوان مثال کلسیت یا سیلیس رنگ آن‌را روشن می‌کند و ترکیبات آهن سبب قرمزشدن آن می‌شود. درصورتی‌که همراه شیل، موادّ آلی پوسیده وجود داشته باشد، رنگ سنگ متمایل به خاکستری و سیاه خواهد بود.

عمده‌ترین سنگ‌های رسوبی شیمیایی عبارتند از :

الف ــ سنگ‌های آهکی: این سنگ‌ها می‌توانند محصول فرایندهای شیمیایی باشند. مانند **تراورتن، دولومیت و مارن**[2] که علاوه‌بر کربنات کلسیم مقدار زیادی مواد رسی به‌همراه دارد و در تهیّه‌ی سیمان کاربرد فراوان دارد. این سنگ‌ها می‌توانند دراثر فرایندهای آلی نیز به‌وجود آمده باشند. در این‌صورت، سنگ از به‌هم پیوستن قطعات صدف و پوسته‌ی نرم‌تنان و نوعی خمیر، حاصل شده است (شکل ۲۷ــ۱).

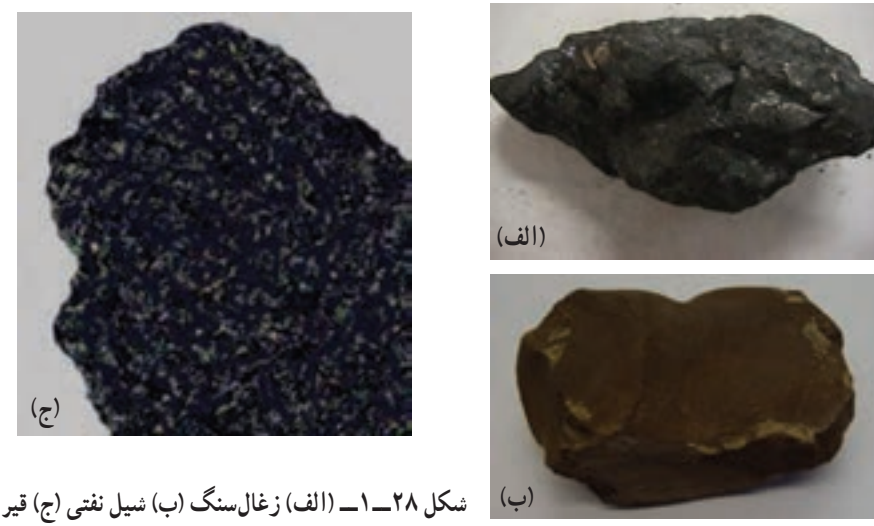
شکل ۲۷ــ۱ــ الف ــ تراورتن

شکل ۲۷ــ۱ــ ب ــ مارن

۱ــ Shale ۲ــ Marn

ب ــ *سنگ‌های تبخیری:* تبخیر آب دریاها و دریاچه‌ها و تالاب‌های قدیمی و برجای‌ماندن نمک‌های مختلف آن‌ها از قبیل کلریدها و سولفات‌ها سنگ‌های تبخیری را تشکیل می‌دهد. سنگ‌گچ و سنگ‌نمک از مثال‌های بارز این نوع سنگ‌ها هستند.

ج ــ *سنگ‌های سوختی (سوخت‌های فسیلی):* این سنگ‌ها از بقایای برخی جانوران و گیاهان ادوار گذشته به‌وجود آمده‌اند و امروزه به‌عنوان اصلی‌ترین منبع سوخت و انرژی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. مثال‌هایی از این نوع سنگ‌ها **زغال‌سنگ**، **شیل نفتی** و **قیر طبیعی** می‌باشد (شکل ۲۸ــ۱).



شکل ۲۸ــ۱ــ (الف) زغال‌سنگ (ب) شیل نفتی (ج) قیر طبیعی

در انتهای مبحث سنگ‌های رسوبی باید متذکّر شد که اصلی‌ترین مشخّصه و حالت اختصاصی سنگ‌های رسوبی، لایه‌لایه‌بودن آن‌ها دراثر تغییر جنس رسوبات و امکان وجود فسیل در بین این لایه‌هاست (شکل ۲۹ــ۱).

شکل ۲۹ــ۱ــ لایه‌لایه‌بودن سنگ‌های رسوبی از مشخّصه‌های بارز این سنگ‌هاست.

جدول ۳ــ۱ــ طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی براساس ترکیب و بافت

الف: سنگ‌های تخریبی

نام سنگ	ترکیب	بافت
کنگلومرا برش	قطعات گرد شده‌ی سنگ‌های دیگر قطعات تیز و لبه‌دار سنگ‌های دیگر	دانه‌ها بزرگتر از ۲ میلی‌متر
ماسه‌سنگ کوارتزی	کوارتز همراه کانی‌های دیگر	دانه‌ها بین ۰/۰۶ تا ۲ میلی‌متر
سنگ شِیلی	کوارتز و کانی‌های رسی	دانه ریز ۰/۰۶ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر
شِیل	کوارتز و کانی‌های رسی	بسیار دانه ریز

ب: سنگ‌های شیمیایی

نام سنگ	ترکیب	بافت
سنگ آهک متبلور	کلسیت	دانه‌ها متوسّط تا درشت‌اند
کوکینا		قطعات فسیل توسّط سیمانی به هم چسبیده‌اند
سنگ آهک فسیلدار		فسیل‌های فراوان در زمین‌های آهکی
گل سفید		پوسته‌های آهکی جانداران ذره‌بینی
تراورتن		کلسیت نواردار
دولومیت	دولومیت	بافت‌ها مشابه موارد بالا
چرت	کلسدون	متراکم، با بلورهای مخفی
ژیپس	ژیپس	متبلور دانه ریز تا دانه‌درشت
نمک طعام	هالیت	متبلور دانه ریز تا دانه‌درشت

۷ــ۱ــ متامورفیسم ــ سنگ‌های دگرگون‌شده

در گفتارهای پیش، طرز تشکیل سنگ‌های آذرین و رسوبی بررسی گردید. مشاهده شد که دمای زیاد اعماق زمین، انرژی لازم برای ذوب سنگ‌ها را فراهم می‌کند، لذا دراثر کاهش فشار طبقات فوقانی و آزادی حرکت، این سنگ‌ها به مذابی تبدیل خواهند شد که دراثر سنگ‌شدن، سنگ‌های آذرین را به وجود می آورند. همچنین مشاهده شد که سنگ‌های موجود بر روی سطح زمین چگونه دستخوش فرسایش و تغییرات دراثر پدیده‌ی هوازدگی می‌شوند و در نهایت سنگ‌های رسوبی را پدید می‌آورند. متأسّفانه بررسی دسته‌ی سوم سنگ‌ها که به سنگ‌های دگرگون‌شده موسومند،

بدین سادگی نیست.

عمده‌ترین مشکل در این راه آن است که تا به امروز کسی مستقیماً طرز تشکیل این سنگ‌ها را ندیده است زیرا در اعماق زمین و دور از چشم انجام می‌شود. محدوده‌ی تشکیل سنگ‌های دگرگون‌شده را می‌توان در حدّ فاصل منشأ تشکیل سنگ‌های آذرین و سطح هوازده‌ی زمین دانست. در فاصله‌ی این دو حدّ دامنه‌ی تغییرات شیمیایی فشار و دما زیاد است لذا برخی از سنگ‌ها دراثر بروز پدیده‌هایی مانند رسوب‌گذاری، جنبش‌های کوه‌زایی و غیره دچار دگرگونی‌های اساسی می‌گردند.

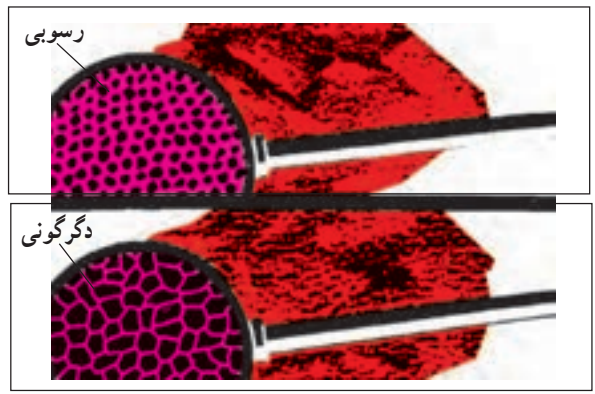
به‌عبارتی همان سنگ‌هایی که در محیط‌های خاص خود از لحاظ ترکیب کانی‌ها و میزان آن‌ها ثابت بوده‌اند حال در محیطی جدید قرار می‌گیرند که تحت تأثیر شرایط تازه حالتی ناثابت و ناپایدار پیدا کرده‌اند لذا تغییر یافته و دگرگون می‌شوند. به چنین سنگ‌هایی «دگرگون‌شده» و به چنین پدیده‌ای «دگرگونی (متامورفیسم)» می‌گویند.

ممکن است تصوّر شود که پدیده‌هایی مانند هوازدگی و یا سیمانی‌شدن سنگ‌ها و فشرده‌شدن گِل‌های نرم به یکدیگر و تشکیل سنگ‌های سخت که همگی سبب تغییر حالت سنگ می‌شوند خود نیز نوعی متامورفیسم هستند. اگرچه این تصوّر درستی است اما برطبق تعاریفی که دانشمندان دراین زمینه ارائه می‌کنند هنگامی که دماها و فشارهای بالاتر از سطح زمین وجود دارد فرایند دگرگونی رخ می‌دهد. ولی درعین‌حال سنگ، حالت جامد خود را حفظ کرده، به‌صورت مذاب درنیامده باشد. ذوب‌نشدن سنگ و دگرگونی آن با وجود حفظ حالت جامد از مشخّصه‌های اساسی این سنگ‌ها می‌باشد. با توجّه به آن‌که در دما و فشارهای بالا امکان آمیخته‌شدن فرایند دگرگونی با فرایندهای ماگماتیسم وجود دارد مشاهده می‌شود که تعیین حدّفاصل دقیقی میان فرایندهای یادشده کار آسانی نیست.

۱ــ۷ــ۱ــ عوامل دگرگون‌ساز: دما، فشار و محلول‌هایی که از لحاظ شیمیایی فعّالند (مانند آب) مهمترین عوامل ایجاد دگرگونی در سنگ‌ها می‌باشند. هم دما و هم فشار با افزایش عمق و پیشروی به‌طرف مرکز زمین، زیاد می‌شوند. البته این روند، ثابت نیست و تا مرکز زمین نیز ادامه نمی‌یابد بلکه در محدوده‌هایی تقریباً به‌صورت ثابت باقی می‌ماند.

همین عوامل دگرگونی یعنی فشار، دما و آب‌های محلول که حاوی یون‌های خاصّی هستند سبب کاهش‌یافتن حجم سنگ و تغییرات ساختاری آن می‌شوند. بدقّت به دو نمونه‌ی سنگ ارائه‌شده در شکل ۳۰ــ۱ نگاه کنید هردوی این سنگ‌ها از کوارتز ساخته شده است ولی یکی از آن‌ها ماسه‌سنگ یعنی یک سنگ رسوبی و دیگری کوارتزیت که از انواع مشخّص سنگ‌های دگرگونی

است می‌باشد. تعیین آن‌که کدام‌یک از این دو سنگ رسوبی و کدام‌یک دگرگونی است با توجّه به بافت آن‌ها کار آسانی است. به فواصل میان دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی این دو سنگ توجّه کنید. وجود فشارهای زیاد و دمای بالا سبب فشردگی ذرّات سنگ به‌هم شده و در عین حال پدیده‌ی «رشد» دانه‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ را به همراه داشته است. هردوی این عوامل سبب آن گردیده است تا فواصل میان ذرّات از بین برود و دانه‌ها به‌صورت کاملاً فشرده و با حدّاقل فضای میانی و خالی به یکدیگر بچسبند (شکل ۳۰ــ۱).



شکل ۳۰ــ۱ــ مقایسه‌ی بافت یک سنگ رسوبی و یک سنگ دگرگون شده

شاید بتوان این پدیده را بسیار مشابه با آن چیزی دانست که در پخت بسیاری از سرامیک‌های سُنّتی و نوین اتفاق می‌افتد. درواقع اعمال دمای زیاد و در پاره‌ای موارد فشار بالا، سبب متراکم‌شدن بدنه‌ی سرامیکی و ایجاد پیوندهای قوی بین ذرّات آن می‌شود که در نهایت استحکام بالای قطعه‌ی پخته‌شده را به‌دنبال خواهد داشت.

در پاره‌ای موارد، وجود آبی که مقادیری یون‌های محلول به‌همراه داشته باشد، تغییرات یادشده را تشدید می‌کند و سرعت می‌بخشد، به‌عبارتی تشکیل کانی‌های جدید و یا رشد دانه‌های موجود سریع‌تر خواهد شد.

پیوند موجود بین یون‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک کانی، ممکن است در حضور آبی که یون‌های خاصّی را در خود حل کرده است سست شده از هم‌گسسته شود. این دگرگونی می‌تواند در نهایت تشکیل کانی‌هایی با ترکیب جدید را به‌دنبال داشته باشد. کنارهم چیده‌شدن یون‌های جدید بوجود آمده، به‌دلیل وجود دما و بخصوص، فشار زیاد به‌گونه ای خواهد بود که ساختاری تازه با فشردگی و تراکم

بیشتر را سبب گردد. به‌عبارتی سنگ متراکم‌تری تشکیل خواهد شد. مثال بارز این نوع فرایندها را می‌توان بین یون‌های سیلیسیم و Ca و CO_3 موجود در ترکیبات آهکی مشاهده کرد که سبب پیدایش کانی جدیدی تحت عنوان ولاستونیت[1] می‌شود. این مادّه از کلسیت متراکم‌تر و سخت‌تر است :

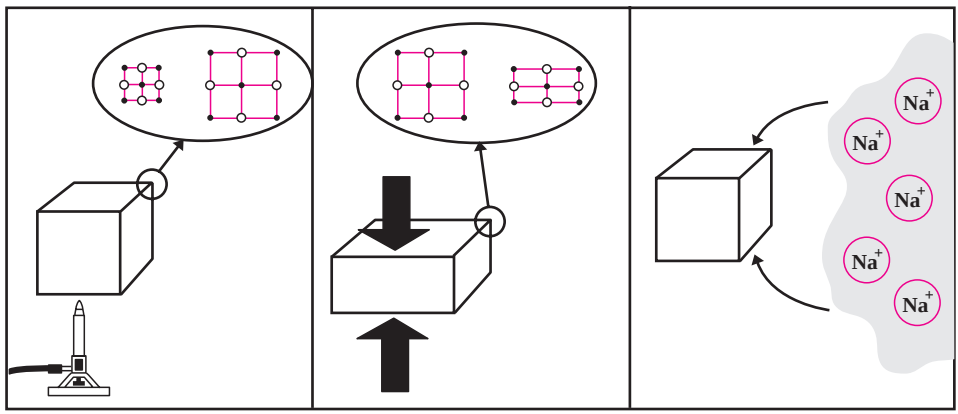
$$CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow \underset{\text{ولاستونیت}}{CaSiO_3} + CO_2$$

به‌طور کلی عوامل مؤثر در دگرگونی سنگ‌ها عبارتند از :

الف ــ انبساط حاصل از حرارت، دورشدن یون‌ها از هم ودرنتیجه سست‌شدن پیوندها را به‌دنبال خواهد داشت که سبب ناپایداری کانی می‌شود (شکل ۳۱ــ۱ــ الف).

ب ــ افزایش فشار با متراکم ساختن ساختار یونی و یا گسستن برخی پیوندها، تشکیل کانی‌های تازه‌ای را سبب می‌شود (شکل ۳۱ــ۱ــ ب).

ج ــ حضور برخی یون‌ها در مایعات شیمیایی فعّال و ورود آن‌ها به ساختار درونی کانی‌ها (و یا برعکس خروج برخی یون‌ها از کانی) می‌تواند سبب تغییر ترکیب کانی‌ها شود (شکل ۳۱ــ۱ــ ج).



الف ب ج

شکل ۳۱ــ۱ــ عوامل مؤثّر در دگرگونی سنگ‌ها

سنگ‌های دگرگون‌شده نیز مانند سنگ‌های رسوبی و آذرین دارای بافت‌های گوناگونی هستند. از آنجایی که بیشتر این سنگ‌ها فشار و دمای زیادی را تحمّل کرده‌اند، معمولاً درجهات خاصّی که عمود بر راستای بیشترین فشار بوده رشد کرده‌اند و اصولاً دارای خاصیّت «تورّق یافتگی» می‌باشند. انواع میکاها که کانی‌هایی ورقه‌ای هستند ازاین‌نوع می‌باشند. البته تمامی سنگ‌های دگرگون‌شده از

۱ــ Wollastonite

این امر تبعیّت نمی‌کنند و برخی از آن‌ها دارای بافت متراکم یا دانه‌دانه می باشند.

در گروه اول سنگ به‌هنگام شکسته‌شدن، در امتداد سطوح موازی ورقه‌ورقه می‌شود که به‌این خاصیّت سنگ، شیستوزیتی[1] می‌گویند. درحالی‌که سنگ‌های گروه دوم به‌هنگام شکست، شکلی کاملاً نامنظّم را ارائه می‌کنند.

۲ــ۷ــ۱ــ انواع سنگ‌های دگرگون‌شده : سنگ‌های دگرگون‌شده دراثر دگرگونی سنگ‌های آذرین و یا رسوبی تشکیل می‌شوند. این سنگ‌ها می‌توانند شامل کانی‌هایی با جهت‌گیری‌های خاص باشند ، مانند : سنگ مرمر، کوارتزیت و گنایس و یا آن‌که دارای ظاهری یکنواخت باشند مانند سنگ لوح و شیست.

الف ــ سنگ لوح: سنگی‌است که دراثر دگرگونی سنگ‌های رسوبی دانه‌ریز مانند شیل به‌وجود می‌آید. این سنگ به‌راحتی متورّق می‌گردد و معمولاً خاکستری یا سیاه است. امّا انواع قرمز، سبز، ارغوانی و قهوه‌ای آن نیز دیده می‌شود که به‌دلیل حضور ناخالصی‌ها در ساختار آن است. سنگ لوح، بسیار ظریف‌تر و صاف‌تر از شیست می‌باشد (شکل ۳۲ــ۱).

شکل ۳۲ــ۱ــ سنگ لوح

ب ــ شیست : در این سنگ دگرگون‌یافته بلورهای پولک‌مانند میکا و یا سوزنی شکل هورن‌بلاند دیده می‌شود. این نوع سنگ‌ها را معمولاً از روی فراوانی نوع کانی که در آن‌ها یافت می‌شود نامگذاری می‌کنند. مانند میکاشیست که دارای میکای سیاه و سفید و کوارتز است، تالک شیست، کلریت شیست و غیره (شکل ۳۳ــ۱).

شکل ۳۳ــ۱ــ شیست

۱ــ Schistosity

شکل ۳۴ــ ۱ــ قرارگرفتن کانی‌های تیره‌رنگ به‌صورت موازی در گنایس به‌راحتی قابل مشاهده است.

ج ــ گنایس: از دگرگونی گرانیت، ماسه‌سنگ‌های فلدسپاتدار و کنگلومرای فلدسپاتدار حاصل می‌شود. کانی‌های موجود در این سنگ به‌صورت ردیف‌های موازی یکدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۳۴ــ۱).

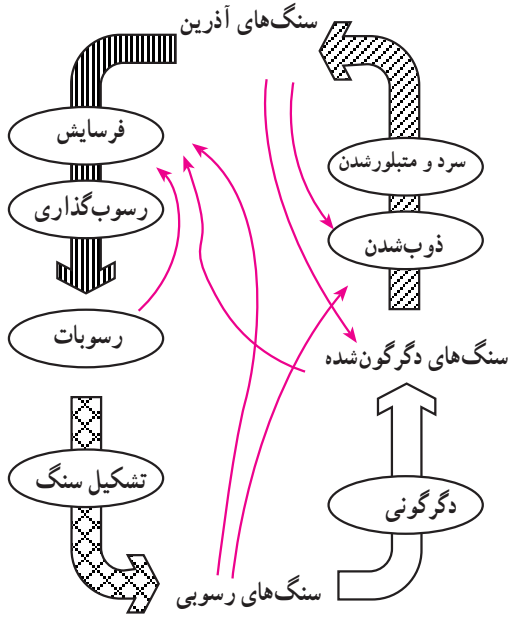
د ــ مرمر: نوعی سنگ آهک است که تحت عوامل و دگرگونی (دما و فشار) قرار گرفته و بلورهای ریز کلسیت موجود در آن، رشد یافته‌اند، رگه‌های رنگی همراه با سنگ مرمر، مربوط به ناخالصی‌های موجود در سنگ آهک اوّلیّه است (شکل ۳۵ــ۱).

شکل ۳۵ــ۱ــ سنگ مرمر

شکل ۳۶ــ۱ــ کوارتزیت

هـ ــ کوارتزیت: ماسه‌سنگی که دراثر دگرگونی،سیمان خمیری‌شکل موجود در بین ذرّات آن ــ که خود از جنس کوارتز می‌باشد ــ به‌صورت متبلور درآمده است. لذا تمامی سنگ به‌صورت یکپارچه و بسیار محکم و متراکم می‌باشد. کوارتزیت را می‌توان ازجمله سخت‌ترین سنگ‌ها به‌حساب آورد (شکل ۳۶ــ۱).

حال که در پایان این فصل از کتاب، با انواع سنگ‌ها و منشأ و طرز تشکیل آن‌ها و بخصوص نحوه‌ی تبدیل آن‌ها به‌یکدیگر آشنا شدید می‌توان چرخه‌ی تبدیل سنگ‌ها به یکدیگر را به‌گونه‌ی شکل ۳۷ــ۱ مطرح نمود. این شکل با بیانی بسیار ساده، خلاصه و درعین‌حال کلّی،ارتباط میان انواع سنگ‌ها را با هم نشان داده است.



شکل ۳۷ــ۱ــ چرخه‌ی سنگ‌ها ورابطه‌ی میان سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگون‌شده

موادّ خارج شده از دهانه‌ی آتشفشان می‌تواند به سه حالت جامد، مایع و یا گاز وجود داشته باشد.

موادّ جامد ــ موادّ جامد خارج‌شده ازدهانه‌ی آتشفشان می‌تواند دارای اندازه‌ها و اَشکال متفاوتی باشد. از خاکستر آتشفشانی (توف) (شکل ۳۸ــ۱) گرفته ــ که گاهی توسّط باد تا هزاران کیلومتر ازمحلّ اصلی خود دور می‌شودــ تا ذرّات درشت تری به‌نام لاپیلی[1] (شکل ۳۹ــ۱) که قطرش به حدود ۴ تا ۳۲ میلی‌متر می‌رسد و در نهایت بمب‌های آتشفشانی که گدازه‌هایی هستند که دراثر چرخش در هوا به‌شکل دوک درآمده وحجم آن‌ها از چند سانتی‌متر تا چند مترمکعّب متغیّر است.

۱ــ Lapilli

شکل ۳۸ــ۱ــ توف

شکل ۳۹ــ۱ــ لاپیلی

ــ موادّ مایع (گدازه) ــ از آنجایی که دمای گدازه‌ها و موادّ تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها می‌تواند با یکدیگر تفاوت داشته باشد، خصوصیّات و ظاهر آن‌ها با یکدیگر فرق دارد. گدازه‌ی خروجی از دهانه‌ی آتشفشان می‌تواند قرمزرنگ و یا از شدّت گرما زرد و سفیدرنگ باشد که پس از سردشدن برروی زمین به مرور تیره‌تر می‌گردد.

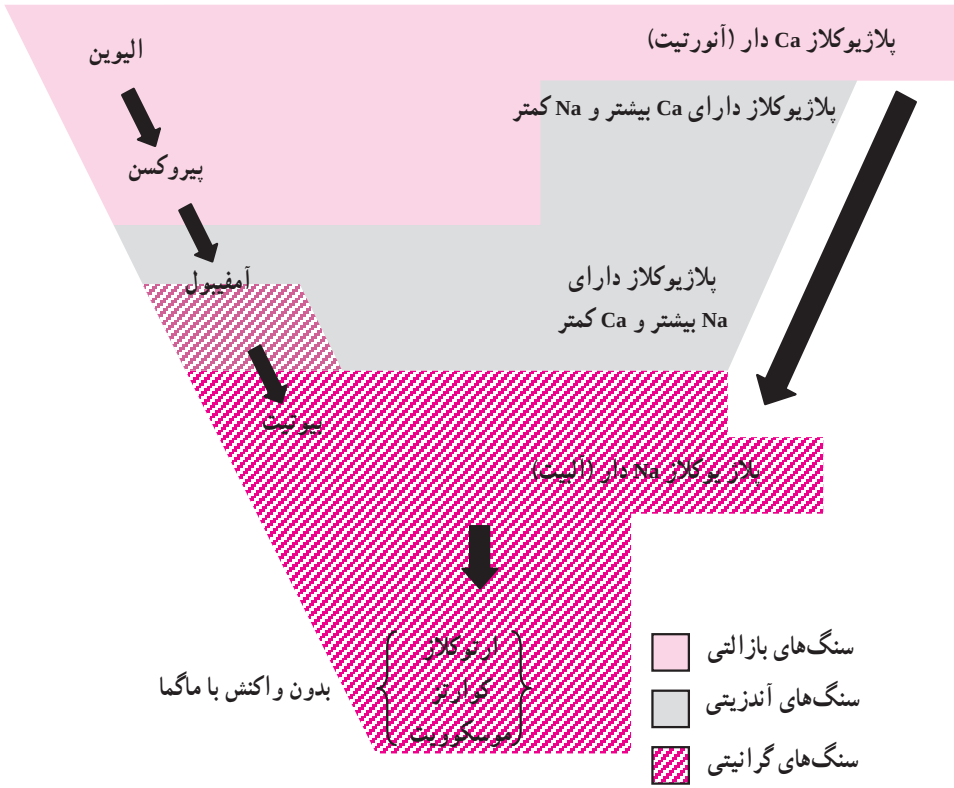
گدازه‌هایی که دارای میزان سیلیس زیادی هستند (درواقع اسیدی) غلیظ ترند و ویسکوزیته‌ی بیشتری نسبت به گدازه‌های دارای آهن و منیزیم زیاد (بازی) دارند.

گازها ــ دی‌اکسید و منواکسید کربن، سولفید هیدروژن، بخارآب و بخارهای دیگری مانند اسیدکلریدریک و اسید فلوئوریدریک ازجمله گازهای مهمّی هستند که از دهانه‌ی آتشفشان‌ها خارج می‌شوند.

باید توجّه داشت که تمام کانی‌های موجود دریک سنگ آذرین که از انجماد ماگما به‌وجود آمده‌اند به یکباره و باهم تشکیل نشده‌اند. به‌عبارتی هر کانی با توجّه به ترکیب شیمیایی و مشخّصات خاصّ فیزیکی در یک دمای خاص، متبلور شده است. لذا درحین سردشدن ماگما، در دماهای مختلف کانی‌های متفاوت از آن جدا شده است. براساس نظریّه‌ی «نورمن باون» (N. Bowen) ژئوفیزیکدان (فیزیک زمین) امریکایی، بیشتر ماگما دراصل ترکیبی بازالتی دارند که طبق شکل

۴۰ـ۱ کانی‌های متفاوت را پدید می‌آورند.

باون در آزمایش‌های خود مشاهده کرد که نخستین کانی‌هایی که از سردشدن ماگما حاصل می‌گردند، الیوین و پلاژیوکلاز کلسیم دارند. او هم‌چنین دید که اگر نخستین بلورهای الیوین را در محلول باقی بگذارد، بعضی از آن‌ها با ماگما واکنش کرده پیروکسن را به‌وجود می‌آورند. بدین‌ترتیب سنگی که حاصل می‌شود محتوی الیوین، پیروکسن و فلدسپات کلسیم‌دار است. امّا اگر الیوین از محیط دورمی‌شد، واکنش‌ها به صورت دیگری ادامه می‌یافتند. بدیهی است که با دور شدن الیوین، مقدار آهن و منیزیم ماگما کم می‌شود و درعوض، درصد بقیّه‌ی عناصر بالا می‌رود و این وضع با خارج شدن هر کانی، هم‌چنان تکرار می‌شود و سرانجام آن‌چه که باقی می‌ماند ماگمایی است که چیزی جز کوارتز، میکا و ارتوکلاز ندارد و همان‌گونه که پیش از این نام برده شد، سنگی که از اجتماع این کانی‌ها تشکیل شده باشد، گرانیت نام دارد.



شکل ۴۰ـ۱ــ واکنش‌هایی که براساس نظریه‌ی باون در ماگمای بازالتی صورت می‌گیرد.

خودآزمایی

۱ــ علم زمین‌شناسی را تعریف کنید. به‌نظر شما کدام‌یک از شاخه‌های این علم بیش از همه، مربوط به علم‌وصنعت سرامیک است ؟

۲ــ عناصر و ترکیبات عمده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی سطح زمین را نام ببرید.

۳ــ روش‌های تشکیل سنگ‌های سطحی کره‌ی زمین چه می‌باشند ؟

۴ــ ماگما را تعریف کرده ، روش‌های خروج موادّ گدازه از زمین را بیان نمایید.

۵ــ تفاوت ولکانیسم و پلوتونیسم چه می‌باشد؟ آیا خواصّ سنگ‌های به‌دست‌آمده طیّ این دو فرایند با یکدیگر مشابه می‌باشند ؟

۶ــ ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین را با پوسته‌ی زمین مقایسه کنید.

۷ــ هوازدگی و انواع آن‌را بیان نمایید.

۸ــ تأثیرهوازدگی در پدیدآمدن موادّ رُسی چگونه است؟

۹ــ منشأ و نوع کانی‌های موجود در سنگ‌های رسوبی را توضیح دهید.

۱۰ــ کاربردهای گوناگون سنگ‌های رسوبی را در صنعت سرامیک بیان نمایید (با توجّه به اطّلاعاتی که تاکنون کسب نموده‌اید).

۱۱ــ متامورفیسم و عوامل دگرگونی رابیان نمایید.

۱۲ــ حالات و انواع گوناگون موادّ خروجی از آتشفشان را بیان نمایید.

۱۳ــ چرخه‌ی تبدیل سنگ‌ها به یکدیگر در طبیعت به‌چه نحو می‌باشد؟