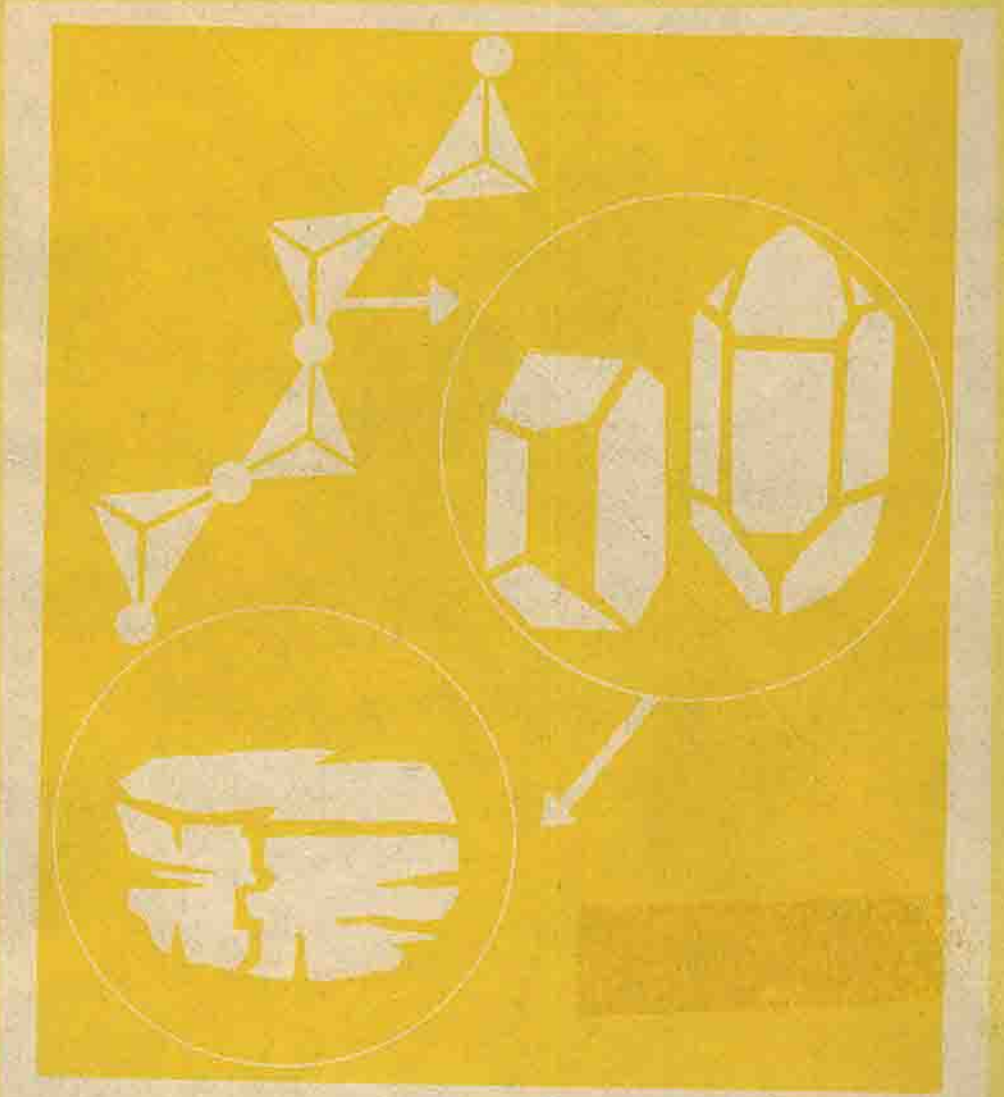
جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
۱۳۶۰

سال سوم

آموزش متوسطهٔ عمومی

علوم تجربی

زمین‌شناسی



۲۶۲

بسم الله الرحمن الرحیم

۸۳/۳/۶ شماره ثبت ۶۴۵۹

زمین‌شناسی

سال سوم

آموزش متوسطهٔ عمومی

علوم تجربی

پدیدآورندگان :

مؤلفان : حسین دانشفر محمد پاکروان

صفحه‌پرداز : حسن فخارزاده

حقوق مادی این اثر متعلق به وزارت

آموزش و پرورش است .

چاپ از چاپخانهٔ سپهر ـ تهران

۱۳۶۰

روهی که در تجدید نظر فصول مختلف کتاب با دفتر تحقیقات و برنامه‌ریزی و تألیف همکاری اشته‌اند:

فصل اول: علی خلیلی

فصل دوم: علی بهزاد، محمود صداقت، فرج الله فیاضی

فصل سوم: حسین معین وزیری، عبدالحسین فرقانی، صدرالدین امینی

فصل چهارم: سیروس زرعیان، علی [illegible] زاده، حسین معین وزیری، صدرالدین امینی

فصل پنجم: عبدالحسین فرقانی

فصل ششم و هفتم: ابراهیم امین سبحانی، احمد معتمد

فصل هشتم و نهم: میر محمد علی نژادهاشمی

فصل دهم تا دوازدهم: محمود صداقت

فهرست

فصل اول ــ آتمسفر	۱۵
فصل دوم ــ هیدروسفر	۴۳
فصل سوم ــ کانیها	۶۳
فصل چهارم ــ ماگماتیسم و سنگهای آذرین	۸۵
فصل پنجم ــ متامورفیسم و سنگهای دگرگون شده	۱۰۱
فصل ششم ــ هوازدگی	۱۱۱
فصل هفتم ــ رسوبگذاری و سنگهای رسوبی	۱۳۳
فصل‌هشتم ــ آبهای جاری	۱۵۹
فصل نهم ــ آبهای زیرزمینی	۱۷۱
فصل دهم ــ دریاها	۱۸۳
فصل یازدهم ــ یخچالها	۱۹۱
فصل دوازدهم ــ باد	۱۹۷

«دانشهایی که در کتابها گرد آمده‌اند حاصل تفکرات بسیار نویسندگان آنهاست. اگر از شاگرد بخواهیم که نتایج این دانشها را به‌خاطر بسپارد، چیزی به‌او یاد نداده‌ایم. باید دانش‌آموز را در جریان ایجاد این دانشها سهیم ساخت. ما موضوعی را برای آن تدریس نمی‌کنیم که کتابخانه‌های زندهٔ کوچکی دربارهٔ آن پدید آوریم. بلکه، هدف آن است که به‌شاگرد یاد بدهیم تا مانند یک ریاضیدان تفکر کند و به‌مسائل تاریخی همانند یک مورخ بنگرد. دانش یک فرآیند است نه یک محصول».

برونر

سخنی چند با همکاران

هدف از تغییراتی که در کتابهای زمین‌شناسی به‌عمل آمده، آن است که کلاسهای درس شما هر چه بیشتر پربار و جالب شود و در آنها مسائلی مطرح گردد که با دنیای اطراف شاگردان ارتباطی زیادتر داشته باشد. خوشبختانه درس زمین‌شناسی شعبه‌ای از علوم به‌شمار می‌رود که بیشتر بر پایه مشاهده و آزمایش استوار است و در آن کمتر به‌مباحث ذهنی و مجرد پرداخته می‌شود. به‌ویژه که تکیهٔ عمدهٔ آن بر شناسائی محیطی است که همه در آن زندگی می‌کنیم. محیطی که در جهان امروز باید درباره‌اش تصمیمات عاقلانه‌تری بگیریم و در حفظش بیشتر بکوشیم، زیرا به‌هر حال میراثی است که باید آن را برای آیندگان نگه بداریم.

آشنایی با دانش زمین‌شناسی به‌دلایل چندی برای همهٔ ما و شاگردان ما لازم است زیرا:

۱ ــ منابع اصلی ثروت این سرزمین را سنگها و کانیهایی از قبیل نفت، فلزات مختلف، ذغال‌سنگ و غیره تشکیل می‌دهند.

۲ ــ کشور ما چه به‌سمت صنعتی شدن برود و چه به‌گسترش کشاورزی اولویت داده شود،

در هر حال دانش زمین‌شناسی از تقدم خاصی برخوردار است، زیرا در صورت اول به‌مواد خام نیاز داریم که از زمین به‌دست می‌آیند و در صورت دوم نیز باید خاک را خوب بشناسیم و با منابع آب و با طرز استفاده درست از آنها آشنا شویم.

۳ ــ به‌علت استفاده‌های غیر علمی که از زمینهای قابل کشت به‌عمل می‌آید، همه ساله مسئله فرسایش خاک برای ما جدی‌تر می‌شود و مقداری از همین زمینهای موجود و قابل استفاده که شاید مجموع مساحت آنها از $\frac{۱}{۱۰}$ مساحت سرزمین ما بیشتر نباشد قابلیت بهره دهی خودرا از دست می‌دهند.

۴ ــ به‌علت عدم آگاهی از مسائل زمین‌شناسی، جاههای بسیاری با تحمل هزینه‌های فراوان در نقاطی حفر شده که آب زیرزمینی ندارند، جاده‌هایی از نقاط سست و دارای ریزش عبور داده شده‌اند و سدهایی ساخته شده‌اند که زمین پشت آنها برای نگهداری آب مناسب نبوده است.

۵ ــ مصالحی که برای خانه‌سازی به‌کار می‌بریم همه از زمین به‌دست می‌آیند و باید از میزان مقاومت و نوع کاربرد هر یک آگاه باشیم.

۶ ــ گذشته از موارد فوق، گوناگونی پدیده‌های زمین‌شناسی در ایران بسیار قابل توجه است به‌طوری که تشکیلات همه دوره‌های زمین‌شناسی در ایران پیداست. قسمت اعظم آن را رشته‌کوههای مختلف و کویر پوشانده است و همهٔ عوامل تغییر دهندهٔ بیرونی و درونی را دارا است.

هدفها ــ منظور از آموزش زمین‌شناسی در دورهٔ دبیرستان «ایجاد کنجکاوی عمیق در شاگرد به‌منظور جستجو و کشف حقایق موجود در محیط زندگی او» است. برای رسیدن به‌این هدف لازم است به‌دانش‌آموز تفکر به‌طریقهٔ علمی را بیاموزیم و نگذاریم دربارهٔ پدیده‌ها قضاوتهای عجولانه بکند. در مورد محتوای کتابها هم باید توجه دانش‌آموز را به‌نکات زیر جلب کرد:

۱ ــ تغییر پدیده‌ای جهانی است و همه چیز دائماً در معرض تغییر است.

۲ ــ پدیده‌های طبیعی همواره به‌سوی حالتی متعادل سیر می‌کنند، که این تعادل حتی ممکن است میان دو نیروی متضاد از قبیل نیروهای دیاستروفیسم و نیروهای فرسایشی هم باشد.

۳ ــ زمان حال کلیدی برای گذشته است، بدین معنی که با مطالعهٔ وضع امروزی زمین می‌توان دربارهٔ گذشتهٔ آن تحقیق و قضاوت کرد.

۴ ــ انرژی همواره از یک سیستم به‌سیستم دیگر منتقل می‌شود، چنان‌که مثلا به‌صورت انرژی گرمایی از دریا جدا می‌شود و به‌اتمسفر و خشکی می‌رسد، یا به‌صورت انرژی جنبشی (زلزله) از درون زمین به‌سطح می‌آید.

روش ــ کتابهای زمین‌شناسی حاضر نسبت به‌کتابهای قبلی از محتوای بیشتری برخوردار است. این، نه بدان معنی است که خواسته‌ایم در طول ۴ ساعت تدریس زمین‌شناسی در دو سال، مقدار مطالب زیادتری را در حافظهٔ شاگردان جای بدهیم. بلکه، با نماسهای مکرری که با همکاران نزدیک و دور صورت گرفت، معلوم شد که پاره‌ای از قسمتهای کتابهای قبلی نیاز به‌توضیح بیشتر دارند، یا آنکه نحوهٔ بیان آنها باید تغییر کند. در عین حال در کتابهای حاضر، دست شما همکاران کاملا باز است تا در صورت لزوم دربارهٔ یک مطلب تأکید بیشتری بکنید، یا اگر صلاح می‌بینید، پاره‌ای از قسمتها را خلاصه و حتی حذف کنید. توجه داشته باشید که مطالب هر کتابی مطابق با سلیقهٔ نویسندهٔ آن تنظیم شده و لزوماً، روش کتاب تنها صورت ممکن برای توضیح آن مطالب نمی‌تواند باشد. شما چرا سلیقهٔ شخصی را در کلاس خود و به‌نسبت علاقه، توجه و میزان استعداد شاگردان خود به‌کار نبندید؟ از طرفی، این افزایش حجم بیشتر شامل کتاب سال سوم می‌شود تا محدودیتی دست و پاگیر به‌نام «امتحانات نهایی» هم در کار نباشد و شما آزادی عمل بیشتری را در کلاس خود احساس کنید. گذشته از اینها، به‌عنوان مثال مگر تدریس زمین‌شناسی در منطقه گیلان و استان یزد باید مشابه باشد؟

در تدوین کتاب، تا آنجا که ممکن است مطالب حفظ کردنی در جدولها و شکلهایی جای داده شده‌اند که به‌خاطر سپردن آنها لزومی ندارد. مهم آن است که دریابیم برداشت شاگرد از آنها چیست، والا تحمیل کردن چند عدد و رقم، یا اسم ناآشنای چند فسیل و کانی بر حافظهٔ شاگرد کدام مشکل را می‌گشاید؟

چنان‌که ملاحظه کرده‌اید، پاسخ بیشتر پرسشهای آخر فصلها را در میان مطالب آن فصول نمی‌یابید. حق هم همین است. در درسهایی مانند ریاضیات و فیزیک نیز که استدلال و منطق نقشی عمده دارد، شاگرد را وا می‌دارند تا برای معلومات کسب شده، کاربردی بیابد. در این صورت چرا در زمین‌شناسی دانش‌آموز را از اندیشیدن باز بداریم؟ و چرا خود شما بر تعداد این قبیل پرسشها و فعالیتهای خارج از کلاس نیفزایید؟

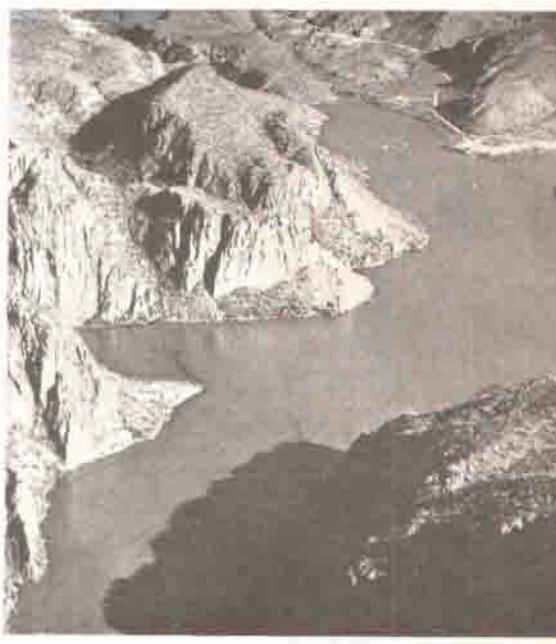
در نظام گذشته، کلاس علوم طبیعی بیشتر به‌کلاس نقاشی شباهت داشت تا کلاس درس علوم! زیرا به‌جای آنکه مغز دانش‌آموزان به‌کار گرفته شود، دست ایشان برای تقلید کردن شکلهایی که در روی تابلو ترسیم می‌شد، به‌کار می‌رفت. آیا به‌نظر شما تهیهٔ دفترچه‌ای که همان شکلهای درون کتاب در آنها ترسیم شده ضروری‌تر و آموزنده‌تر است یا مثلا گردآوری مطالب جنبی درباره مباحث درس، عکسهایی از پدیده‌های زمین‌شناسی، یا نمونه‌هایی از سنگها، کانیها و فسیلهای مختلف، که از آنها نیز در کشورمان به‌مقدار فراوان داریم؟

ترتیب دادن گردشهای علمی هر قدر هم کوتاه‌مدت باشند، برای تدریس این رشته ضروری است. ما که دربارهٔ طبیعت و پدیده‌هایش صحبت می‌کنیم، چرا فقط به‌تجسم کردن آنها در کلاس

(که معلوم نیست تا چه حد با واقعیتهای موجود در جهان خارج تطبیق داشته باشند) قناعت کنیم؟ چرا کلاس را گاهگاهی به‌خود طبیعت نکشانیم و جلوه‌های واقعی و شگفت‌آورش را به‌نوجوانان نشان ندهیم! آیا برای تقویت قدرت مشاهده و ایجاد علاقه به‌مسائل این سیاره شما راهی بهتر می‌شناسید؟

روش تحقیق در زمین‌شناسی

اگر از شما بخواهند که «زمین» را تعریف کنید. تعریف شما چگونه خواهد بود؟ آیا فقط از پدیده‌های طبیعی مانند تپه، رودخانه، دریاچه و غیره نام خواهید برد؟ یعنی تصویر سمت راست شکل ۱ منظور شما را از «زمین» بیان می‌کند؟ یا آن که مقیاسی وسیع‌تر مانند قاره‌ها و اقیانوسها مورد نظر شماست؟ شاید هم در تعریف خود افق وسیع‌تری را منظور می‌کنید و تصویر سمت چپ شکل ۱ آنچه را که می‌خواهید دربردارد.



شکل ۱ ــ کدام یک از این شکلها آنچه را که از توصیف زمین منظور دارید، بهتر نشان می‌دهند؟

ولی زمین چگونه و از کجا پدید آمده؟ چه تغییراتی کرده و بالاخره به‌چه صورت درخواهد آمد؟ اینها موضوعاتی هستند که همواره اندیشهٔ زمین‌شناسان را به‌خود مشغول داشته‌اند. در اطراف شما چه چیزهایی وجود دارند؟ خاک، سنگ، گیاهان، جانوران، رودها، ابر، آسمان و.... ممکن است شما در یک روز به‌ابری بنگرید که در آسمان صاف پدید می‌آید و پس از مدتی کوتاه شروع به‌باریدن می‌کند. جویبارهایی کوچک از آبهای گل‌آلود، در روی زمینی که تا چند لحظه پیش خشک بود به‌راه می‌افتند و بدین ترتیب درمی‌یابید که آب می‌تواند قسمتهایی از زمین را با خود حمل کند. اما به‌کجا؟ مسیر آب را دنبال می‌کنید. ملاحظه می‌کنید که آب گل‌آلود وارد دریاچه‌ای شد. شما جواب قسمتی از سؤال خود را یافته‌اید، ولی پرسشهای جدیدی جای آن را می‌گیرند: وقتی که دریاچه از گل انباشته شد چه می‌شود؟ اگر آب باران به‌شستن خاک ادامه دهد، چه خواهد شد؟ می‌بینید که در بررسی مسائل مربوط به‌زمین همواره حل یک مسئله با پیدایش مسائل تازه‌ای همراه است. پس شما تحقیق می‌کنید، کشف می‌کنید و با پرسشهای تازه‌تر روبه‌رو می‌شوید.

تحقیق دربارهٔ زمین نمی‌تواند به‌مرحلهٔ کمال برسد. زمین چقدر سن دارد؟ از چه ساخته شده است؟ آیا زمین در فضای لایتناهی مشابهی هم دارد؟ اگر خورشید از نورافشانی بازماند، بر زمین چه خواهد گذشت؟ کنجکاوی پایان ناپذیر آدمی او را به‌سوی ناشناخته‌ها رهبری می‌کند. شاید شما بعدها به‌مسائل زمین‌شناسی علاقه‌مند شوید و خود به‌حل مسائل تازه توفیق یابید.

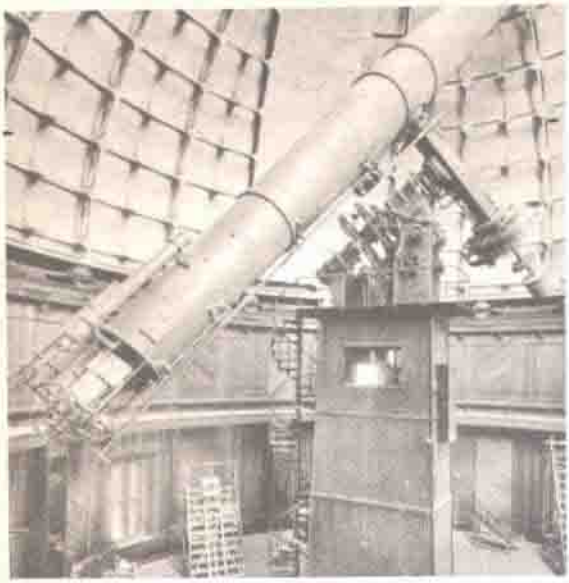
مشاهده و تفسیر

مؤثرترین راه کشف و تحقیق دربارهٔ دنیایی که در آن زندگی می‌کنیم کدام است؟ آیا تلسکوپ بزرگی است که در شکل ۲ می‌بینید؟ یا زیردریایی است که به‌کمک آن در اعماق اقیانوسها به‌کاوش می‌پردازیم؟ و یا کامپیوتری است که می‌تواند اطلاعات زیادی را در حافظهٔ خود جای بدهد؟

همهٔ این ابزارها به‌نوبهٔ خود پرارزشند، اما هیچ کدام جای آنچه را که شما به‌همراه دارید نمی‌گیرند ــ مغزتان را ــ زیرا همهٔ اینها، خود از زاده‌های مغز آدمند.

ولی مغز شما چگونه می‌تواند در بررسی مسائل مربوط به‌زمین شما را یاری دهد؟ اولا آنچه را که شما از طریق حواس خود به‌ویژه بینایی می‌گیرید، برایتان ضبط می‌کند. مشاهدات، تجربیات دست اولی هستند که از وقایع و پدیده‌ها حاصل می‌شوند. اما گاهی حواس شما به‌کمک نیازمندند. ابزارها هم به‌همین منظور به‌کار می‌آیند و مثلا کار مشاهده را دقیق‌تر می‌کنند. تفسیر مشاهدات و قضاوت دربارهٔ آنها، خود منجر به‌پیدا شدن توضیحاتی درباره‌علل پدیده‌ها خواهد شد.

مثلا شما بارها مشاهده کرده‌اید که ماه در آسمان در حرکت است، ولی این حرکت ماه را



شکل ۲ ــ آدمی برای مشاهدهٔ دقیق‌تر از چنین ابزارهایی هم کمک می‌گیرد.

چگونه تفسیر می‌کنید؟ آیا ماه به‌دور زمین می‌چرخد یا زمین به‌دور ماه و یا هر دو به‌دور یکدیگر؟ شما در این پرسش چه درست جواب بدهید و چه غلط، در موقع جواب دادن فقط «نوع» تفکر و تفسیر خود را دربارهٔ مسئله بیان کرده‌اید.

یک قطعه سنگ گرانیت را انتخاب کنید و خوب به‌آن بنگرید. چیزی شبیه به‌تصویر سمت راست شکل ۳ را خواهید دید. بار دیگر به‌کمک ذره‌بین به‌آن نگاه کنید. منظره‌ای مشابه تصویر

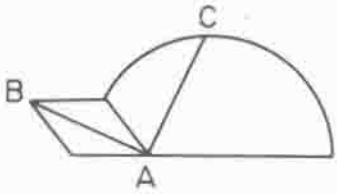
الف ب ج

شکل ۳ ــ برداشت ما از مسائل علمی بستگی به‌میزان دقتی دارد که در مورد آنها به‌کار می‌بریم.
الف ــ یک قطعه سنگ گرانیت. ب ــ همان سنگ زیر ذره‌بین. ج ــ همان سنگ زیر میکروسکوپ.

وسط همان شکل را در آن می‌بینید. اگر می‌توانستید قسمتی از این سنگ را به‌کمک میکروسکوپ مشاهده کنید، چیزی شبیه تصویر سمت چپ شکل ۳ می‌دیدید. بار دوم چه چیزهای تازه‌ای را در سنگ یافتید که بار اول قابل مشاهده نبود؟ در ضمن قسمتهای مختلف همین شکل را با ذره‌بین نگاه کنید. در اینجا ملاحظه خواهید کرد که شکل از تعداد زیادی نقاط کوچک به‌وجود آمده است. آیا در مناطق سیاه رنگ، این نقاط به‌هم نزدیکترند یا در مناطق خاکستری؟ به‌مناطق خاکستری با دقت بیشتری نگاه کنید. شکل هر نقطه چگونه است؟

شکل ۴ ــ در تصویر بالا آیا دایره‌های سیاه روی یک خط مستقیم قرار گرفته‌اند یا روی یک خط منحنی؟

در تصویر پایین آیا خط AB بلندتر است یا خط AC؟

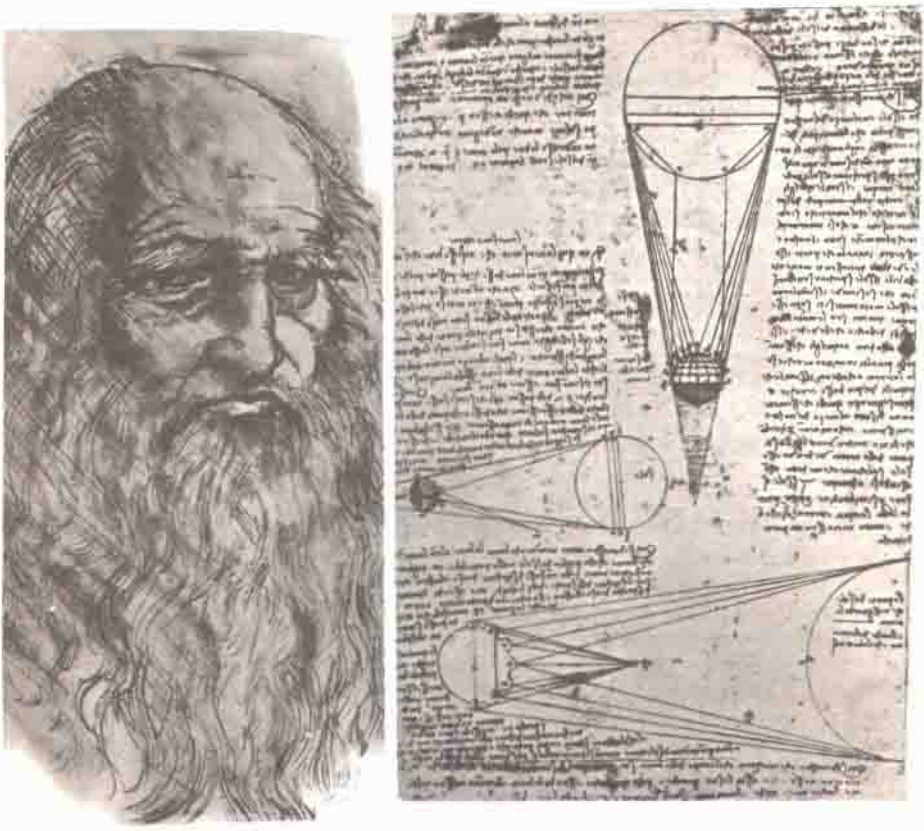


دانشمندان برای دیدن چیزهای بسیار کوچک از میکروسکوپ استفاده می‌کنند. آیا برای میکروسکوپ هم در مورد دیدن اشیا حدی وجود دارد؟ به‌شکل ۴ با دقت بنگرید و سپس نظر خود را دربارهٔ این گفته بیان کنید: «دیدن یعنی باور کردن!» با این ترتیب آیا می‌توانیم همیشه به‌مشاهدهٔ خود اعتماد کنیم؟

آزمایش کردن

تا اینجا باید حدس زده باشید که برای دسترسی به‌تفسیرهای درست، تنها مشاهده کردن کافی نیست، بلکه باید علاوه بر بینایی، از سایر حواس خود هم استفاده کنیم، یعنی برای جواب به‌مسائل، به‌آزمایش کردن بپردازیم. ولی برای آزمایش کردن به‌ابزار محتاجیم. مثلا برای تعیین درجهٔ شیب دامنهٔ یک کوه، سنجش میزان شوری آب دریا، اندازه‌گیری مقدار گل‌آلودی آب یک دریاچه، تعیین درجهٔ سختی یک سنگ یا پی‌بردن به‌فاصلهٔ میان دو نقطه، به‌وسایلی احتیاج داریم که حواس ما را کمک کنند و به‌اصطلاح میزان دقت آنها را بالا ببرند.

از روزی که بشر به‌آزمایش پرداخت، دریافت که باید نتایج آزمایشهای خود را ثبت کند. به‌شکل ۵ توجه کنید، نمونه‌ای از گزارشی را که به‌وسیلهٔ لئوناردو داوینچی (L. Davinci) (۱۵۱۹ - ۱۴۵۲) تهیه شده، خواهید دید. معمولا یک گزارش باید شامل نکات زیر باشد: چرا آزمایش انجام شد، چه کارهایی انجام شد و چه چیزهایی معلوم گردید.



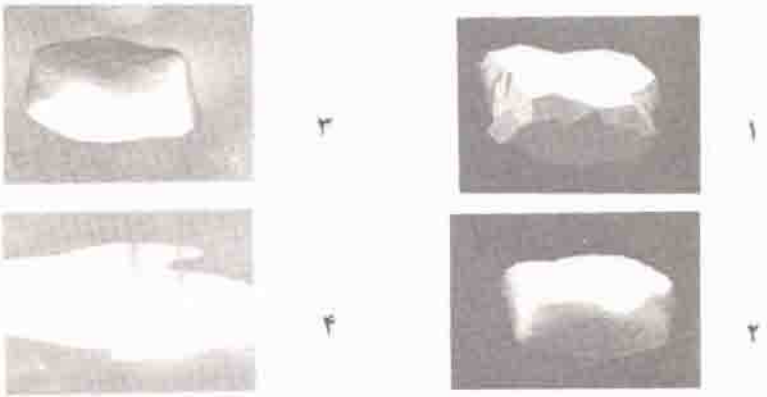
شکل ۵ ــ لئوناردو داوینچی نتایج مشاهدات خود را در باب فاصلهٔ زمین و خورشید بدین شکل رسم کرده و توضیح داده است.

تغییر در همه جا

در صفحات گذشته به‌تغییراتی در سطح زمین اشاره کردیم، حال ببینیم این تغییرات واقعاً یعنی چه و در کجا صورت می‌گیرند. تغییر در همه‌جا صورت می‌گیرد، ولی کلمهٔ «تغییر» چه معنایی دارد؟ اگر شما بخواهید برای این کلمه، تعریف مناسبی پیدا کنید، مسلماً در یافتن تعریفی که برای همه قابل قبول باشد، دچار زحمت خواهید شد. به‌این تعریف توجه کنید: تغییر در صورتی اتفاق افتاده است که «هر چه را که مشاهده می‌کنیم، نسبت به‌آخرین باری که آن را دیده‌ایم، متفاوت شده باشد». ولی آیا این تعریف دقیق است؟ آیا شما می‌توانید تغییراتی را که این تعریف شاملشان نیست

پیدا کنید؟

به‌تصاویر شکل ۶ نگاه کنیدو آنچه را که از مقایسهٔ آنها نتیجه می‌گیرید، بیان نمایید. دلایلی را که بر مبنای آنها تغییرات را تفسیر می‌کنید توضیح دهید. چه عواملی ممکن است سبب بروز این تغییرات شده باشد؟



شکل ۶ ــ چه تغییراتی در اینجا به‌چشم می‌خورد؟ قطعه یخ بالایی (۱) قبل از تغییر چگونه بوده است؟

پس از جواب به‌این مسائل دوباره به‌تعریف فوق که درباره تغییر گفته شد توجه کنید. آیا معتقدید که این تعریف کامل است؟ آیا تغییراتی در طبیعت وجود دارند که شما نمی‌توانید آنها را به‌چشم ببینید؟ در ضمن خواندن این فصل سعی کنید خودتان تعریفی برای تغییر بیابید و ببینید برای پیدا کردن این تعریف به‌انجام چه فعالیتهایی نیاز دارید.

آیا شما می‌توانید چیزی بیابید که اصولا تغییر نمی‌کند؟ آیا شما نسبت به‌دیروز عوض نشده‌اید؟ آیا وزن شما کاملا همان است که ۲۴ ساعت قبل بوده؟ آیا کاملا در همان نقطهٔ روز گذشته هستید؟ در موقع پاسخ به‌این پرسشها درمی‌یابید که شما از جهات مختلفی باید تغییر کرده باشید. تنها در یک روز هزاران واقعه در بدن شما صورت گرفته است. آیا همان غذای روز قبل را هضم می‌کنید؟ آیا موها و ناخنهای شما بلند نشده‌اند؟ شما از چه جهات دیگری نسبت به‌دیروز عوض شده‌اید؟ محیط اطرافتان چطور؟ آیا مواد اطراف شما همان حالتی را که دو روز قبل یا دو هفتهٔ قبل داشته‌اند هنوز دارند؟

مواد اطراف شما دائماً در حال تغییرند، ولی شما به‌ندرت ممکن است از تغییراتی که مثلا در فاصلهٔ یک دقیقه یا یک ساعت صورت می‌گیرند، آگاه شوید. بروز چنین تغییراتی، در روی زمین بارها صورت گرفته است.

در یکی از روزهای سال ۱۹۶۳ در شمال اقیانوس اطلس و نزدیک جزیرهٔ ایسلند، ناگهان جزیره‌ای آتشفشانی از زیر آب سربدر آورد. این جزیره امروزه سرتزی (Surtsey) نامیده می‌شود. البته پیدا شدن این جزیره برای مردم معمولی، غیرعادی بود، ولی برای دانشمندانی که به‌مطالعهٔ اندرون زمین مشغولند، این پدیده چندان تعجبی نداشت، چون این جزیره قسمتی از رشته‌کوههای زیردریایی است که در وسط اقیانوس اطلس قرار دارند.

شاید داستان آتشفشان کراکاتوا را هم شنیده باشید که بر اثر بروز زلزله و آتشفشان، جزیره‌ای یکباره از بین رفت! پس این دو مثال عکس یکدیگرند، زیرا در یک جا آتشفشان جزیره‌ای پدید آورده و در جای دیگر جزیره‌ای را از میان برده است. اگر شخصی تنها کراکاتوا را ببیند، نتیجه می‌گیرد که آتشفشان سبب نابودی جزایر می‌شود و اگر سرتزی را ببیند، عکس این نتیجه را خواهد گرفت. در این گونه نتیجه‌گیری چه ایرادی وجود دارد؟

دانشمند زمین‌شناس از طریق مشاهده، به‌بررسی زمین در زمانی معین می‌پردازد و سپس چگونگی تغییر آن را توضیح می‌دهد. در عین حال چنین شخصی می‌خواهد علت تغییرات را هم روشن سازد. شاید از همین راه روزی مثلا علل بروز آتشفشان معلوم گردد.

این موضوع مهم نیست که شما در کجای زمین زندگی کنید یا به‌چه چیز بنگرید، چون در هر حال می‌توانید در اطراف خود دلایلی مبنی بر تغییر بیابید. البته مشاهدهٔ همهٔ علامات تغییر در یک منطقه آسان نیست، ولی تردیدی در صورت پذیرفتن آن وجود ندارد. تغییر در همه چیز و در همه جا از یک اتم گرفته تا بزرگترین کرات آسمانی صورت می‌گیرد.

انرژی

منبع و عامل اصلی همهٔ تغییرات انرژی است. انرژی که ممکن است مواد را در حالت مذاب نگه دارد و سبب بروز آتشفشان گردد. انرژی که زلزله‌های شدید و جنبشهای عظیم کوه‌زایی را پدید می‌آورد. آب و باد را به‌جریان درمی‌آورد و حیات را بر روی زمین پایدار نگه می‌دارد. بنابراین آنچه در زمین‌شناسی عامل همهٔ تغییرات است انرژی است، خواه منبع آن از درون زمین باشد یا برون آن. ولی برای منبع بیرونی آیا به‌جز خورشید، منبع دیگری از انرژی می‌شناسید؟

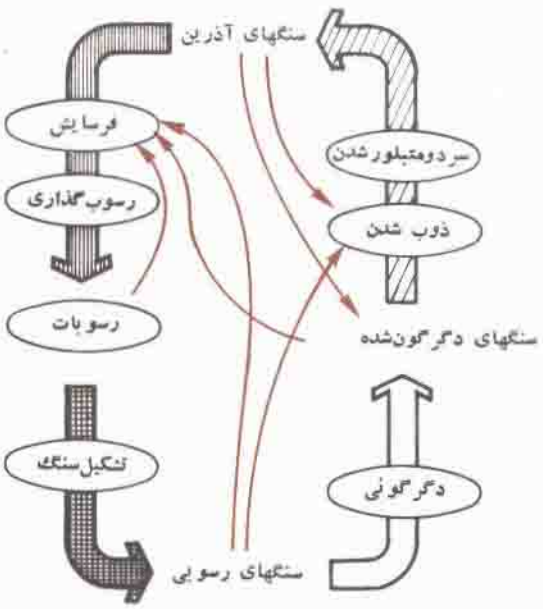
مطالعهٔ سنگها

زمین‌شناسی بر مطالعهٔ سنگها استوار است. زمین‌شناس همواره در جستجوی ترکیب سنگها، نحوهٔ انتشار آنها بر سطح زمین، همچنین طرز تشکیل و از بین رفتن آنهاست. او می‌خواهد بداند چرا سنگها به‌صورت کوهها برمی‌خیزند و چرا در ته دریاها انباشته می‌گردند.

سنگ کلمه‌ای آشنا برای همهٔ ماست و ممکن است آن را به‌صورت سنگریزه‌های کنار

جاده، قلوه‌سنگهای کنار رودخانه یا صخره‌های عظیم کوهستان ببینیم. سنگها از نظر ترکیب، رنگ، شکل و غیره گوناگونند و هر چه ما دقت خود را در مطالعه و مشاهدهٔ آنها زیادتر کنیم، بیشتر متوجه این گوناگونی می‌شویم. بنابراین برای مطالعهٔ سنگهای گوناگون محتاج به طبقه‌بندی کردن آنها هستیم. طبقه‌بندی کردن یکی از فعالیتهای علمی است که کار مطالعه را آسانتر می‌سازد. در طبقه‌بندی باید به‌خصوصیات اجسام طبقه‌بندی شدنی توجه کنید. شاید اولین مردمی که سنگها را دیدند، آنها را بر اساس رنگشان تقسیم‌بندی کردند. ولی در این کار، تنها مشاهدهٔ مستقیم دخالت داشته است. اگر شما به‌جمع‌آوری سنگها بپردازید، خواهید دید که رنگ خاصهٔ مهمی برای طبقه‌بندی کردن سنگها نیست.

مطالعات اولیه هم چند مسئله در این زمینه پدید آوردند: چرا سنگها این همه تنوع دارند یا سنگها چگونه تشکیل می‌شوند؟ برای پاسخ دادن به‌این مسائل، مشاهدات دقیق‌تری لازم بود. زمین‌شناسان می‌دیدند که پاره‌ای از سنگها به‌صورت لایه لایه بافت می‌شوند و بسیاری از خصوصیات رسوبات کف دریاچه‌ها و سواحل اقیانوسها را دارند. بعضی دیگر همانند گدازه‌های سرد شده‌ای هستند که از دهانهٔ آتشفشانها خارج می‌گردند و بالاخره با کمک همین مطالعات بود که تقسیم‌بندی سنگها بر اساس منشأ آنها صورت گرفت. اگر شما از چگونگی تشکیل سنگی آگاه شوید، می‌توانید به‌شرایط زمان تشکیل سنگ هم پی ببرید. شکل ۷ چنین رابطه‌ای را در میان



چرخهٔ سنگها

شکل ۷ ــ در این چرخهٔ سنگها، رابطهٔ میان سنگهای آذرین، رسوبی و دگرگون شده، نشان داده شده است.

سنگها نشان می‌دهد.

سنگهای آذرین حاصل سرد شدن و سخت شدن مواد مذاب درونی زمین هستند (آذر به‌معنی آتش است). این سنگها در سطح زمین تحت تأثیر هوا و آب فرسوده می‌شوند. مواد حاصله از این فرسودگی به‌طور مداوم به‌وسیلهٔ آب، یخ و باد حرکت داده می‌شوند و بالاخره به‌اعماق دریا برده می‌شوند. این مواد در آنجا به‌صورت لایه‌هایی در روی هم انباشته می‌گردند و رسوبات را می‌سازند. پس از گذشت مدت زمان لازم، این رسوبات متحمل فشارهای زیاد می‌گردند و مبدل به‌سنگهای رسوبی می‌شوند. سنگهای رسوبی ممکن است از بقایای هر گونه سنگی که در سطح زمین تخریب شود، حاصل گردند.

سنگهای دگرگونی از سنگهای دیگری که به‌مدت طولانی تحت فشار و حرارت زیاد قرار بگیرند،حاصل می‌شوند. این سنگها در اعماق زمین پدید می‌آیند.

خلاصه

انجام هر گونه فعالیت علمی باید به«روش علمی» صورت بگیرد و روش علمی شامل مشاهدهٔ دقیق، آزمایش و نتیجه‌گیری است. مشاهداتی که در مورد زمین صورت می‌گیرد، ما را به‌این نتیجه می‌رساند که تغییر در همه جا اتفاق می‌افتد و دلایل متعددی مبنی بر انجام آن وجود دارد.

تغییر معمولا در حد فاصل میان دو محیط صورت می‌گیرد، یعنی در جایی که دو محیط مختلف در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند (مثلا سطح تماس هوا با خشکی یا سطح تماس آب با خشکی).

عامل به‌وجود آورندهٔ تغییر، انرژی است که از بیرون و درون زمین، به‌وسیلهٔ عوامل مختلف به‌کار می‌افتد.

سنگها مواد تشکیل دهندهٔ زمین هستند و می‌توان آنها را به‌انواعی از قبیل آذرین، رسوبی و دگرگون شده تقسیم کرد. این سنگها در طی چرخه‌ای دائماً به‌هم تبدیل می‌شوند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ ارزش ثبت نتایج حاصل از آزمایش چیست؟

۲ ــ چرا پیشگویی پاره‌ای از تغییرات سطح زمین مشکل است؟

۳ ــ چرا مشاهدهٔ بعضی از تغییراتی که در سطح زمین رخ می‌دهد مشکل است؟

۴ ــ این گفته را تفسیر کنید: «تنها چیزی که ثابت است، تغییر است».

۵ ــ می‌دانید عوامل تغییردهنده، به‌طور مداوم بر سطح زمین اثر می‌کنند. آیا نتیجهٔ کار آنها

برهم زدن تعادل طبیعت است یا به‌وجود آوردن آن؟ دلیل خود را توضیح دهید.

۶ ــ کدام تغییرات سطح زمین بر زندگی مردم مؤثرترند؟ چرا؟

۷ ــ زمین‌شناسان آب را بزرگترین عامل تغییردهندهٔ سطح زمین می‌دانند، به‌نظر شما دلیلهای آنان چیست؟

۸ ــ تغییراتی که در پوستهٔ زمین رخ می‌دهد، فیزیکی است یا شیمیایی یا هر دو؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

۹ ــ چرا دانشمندان به‌طبقه‌بندی کردن اشیا اقدام می‌کنند؟

۱۰ ــ آیا به‌نظر شما امروزه هم سنگهای آذرین در حال تشکیل شدن هستند؟ سنگهای رسوبی و دگرگون شده چطور؟ چه دلیلی برای گفتهٔ خود دارید؟

۱

اتمسفر

ما اغلب عادت کرده‌ایم که بگوییم در سطح زمین به‌سر می‌بریم و کمتر به‌این فکر می‌افتیم که در واقع در ته اقیانوس بزرگی از هوا زندگی می‌کنیم که اتمسفر نام دارد. در بالای این اقیانوس هوا، فضای بی‌کران قرار دارد. برای اتمسفر حد بالائی نمی‌توان تصور کرد، زیرا هرچه از سطح زمین بیشتر دور می‌شویم، هوا رقیق‌تر می‌گردد، به‌طوری که در قسمتهای بالای اتمسفر، فاصلهٔ ذرات گازها آن‌قدر زیاد می‌گردد که اگر تمامی هوای موجود در مکعبی به‌ابعاد ۱۵ کیلومتر را در شرایط متعارفی قرار دهیم، حجمی معادل حجم ته یک سنجاق به‌دست خواهد آمد! با این ترتیب اتمسفر در نزدیکی زمین دارای تراکم زیادتری است.

ترکیب هوا

از سطح زمین که به‌طرف بالا برویم، تا ارتفاع تقریباً ۹۰ کیلومتری با وجود کاهش فشار و رقیق شدن هوا ترکیب شیمیایی اتمسفر و نسبت درصد اختلاط گازهای موجود در آن ثابت می‌ماند. این قسمت از اتمسفر محتوی مجموعه‌ای از گازها، بخار آب و ذرات غبار است. گازها و بخار آب را در واقع مولکولهای مشخصی می‌سازند. البته ذرات غبار از حد مولکول درشت‌ترند، با این حال به‌علت کوچکی فوق‌العاده، با گازها درهم آمیخته‌اند و در هوا معلقند. ابر و مه هم که متشکل از قطرکهای ریز آب یا بلورهای یخ است، کمابیش همیشه در لایه‌های پائین اتمسفر یافت می‌شود.

از میان گازهای تشکیل‌دهندهٔ این بخش از اتمسفر، نیتروژن و اکسیژن با نسبتهای ۷۸

درصد و ۲۱ درصد، بیشترین حجم هوا را اشغال می‌کنند. نیتروژن را می‌توان گاز غیرفعال اتمسفر شمرد. اما البته اهمیت آن برای جانداران زیاد است و تعدادی از باکتریهای مخصوص موجود در خاک می‌توانند آن را جذب کرده، پس از تبدیل به‌ترکیبات نیتراتی وارد بدن گیاهان و در نتیجه، همهٔ جانداران دیگر کنند. اکسیژن از لحاظ شیمیایی بسیار فعال است و به‌آسانی با بعضی از مواد تشکیل دهندهٔ سنگها ترکیب می‌شود. همین گاز باعث اکسید شدن و زنگ‌زدگی می‌گردد، عمل سوختن را امکان‌پذیر می‌کند و در نتیجه، انرژی گرمایی در محیط و در بدن جانداران به‌وجود می‌آورد. البته با وجود مصرف دائمی اکسیژن، مقدار آن در اتمسفر تقریباً ثابت می‌ماند، زیرا گیاهان سبز با عمل فتوسنتز مقدار کمبود آن را جبران می‌کنند. نیتروژن و اکسیژن هر دو به‌صورت مولکولی (N_2 و O_2) در این قسمت از اتمسفر وجود دارند.

عناصر و مواد	مقدار درصد حجمی موجود در اتمسفر
نیتروژن	۷۸
اکسیژن	۲۱
آرگن	۰/۹۴
دی‌اکسیدکربن	۰/۰۳
هیدروژن	۰/۰۰۰۵
بخار آب	متغیر
چند عنصر دیگر	ناچیز

جدول ۱ ــ ۱ ــ گازهای اصلی تشکیل‌دهندهٔ اتمسفر و نسبت درصد آنها

گازهای نادری که مجموعاً درصد ناچیزی از حجم هوا را تشکیل می‌دهند عبارتند از آرگون، نئون، هلیوم، کریپتون و گزنون، که به‌گازهای بی‌اثر شهرت دارند. این گازها به‌صورت اتمی در اتمسفر یافت می‌شوند.

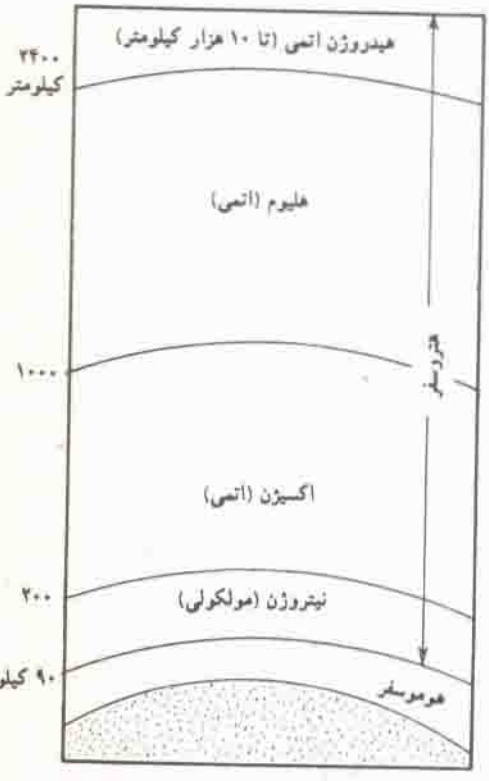
دی‌اکسیدکربن با آنکه مقدارش از ۰/۰۳ درصد بیشتر نیست، وجودش اهمیت زیادی دارد، زیرا هم در تعادل دمای هوا نقش دارد، هم فرآیند فتوسنتز را امکان‌پذیر می‌سازد و در نتیجه، بقای حیات را در روی زمین در کنترل دارد.

ذرات غبار موجود در اتمسفر چنان دانه‌ریزند که اگر یکصدهزار عددشان پهلو به‌پهلو گذاشته شوند، طولی بیشتر از یک سانتیمتر را اشغال نخواهند کرد. منشأ بیشتر غبارهای اتمسفری از سطح زمین (نواحی بیابانی)، دود، گرده و هاگ گیاهان و حتی خاکسترهای آتشفشانی است. بادی هم که با شدت در روی دریا می‌وزد، از قله امواج مقداری قطرکهای آب را

به‌همراه می‌برد که پس از تبخیر شدن آب، ذرات نمک آنها در فضا باقی می‌ماند. به‌نظر می‌آید که این ذرات در تشکیل ابر و بارندگی اثر فراوانی داشته باشند.

با آنکه گفته شد گازهای بخش زیرین اتمسفر به‌طور یکنواختی در این لایه پراکنده شده‌اند، اما نسبت درصد بعضی از آنها مانند دی‌اکسید کربن و بخار آب متغیر است. بخار آب و ذرات جامدی که از روی زمین به‌اتمسفر داخل می‌شوند پراکندگی یکسان ندارند و مقدار آنها در هر محل بستگی تام به‌نوع جریانهای هوایی دارد.

از ارتفاع تقریبی ۹۰ کیلومتر به‌بالا، اختلاط گازها ثابت نمی‌ماند و هرچه به‌سمت بالا برویم، گازهای سبکتر فراوانتر می‌شوند و گرایشی برای لایه‌لایه شدن گازها برحسب جرم اتمی یا مولکولی به‌وجود می‌آید. به‌قسمی که تقریباً می‌توان گفت این بخش از اتمسفر از چهار لایه تشکیل شده است. در لایه اول آن نیتروژن مولکولی یافت می‌شود که تا حدود ۲۰۰ کیلومتری ادامه دارد. در بالای آن اکسیژن اتمی بیشتر است. در فاصله ۱۰۰۰ تا ۲۴۰۰ کیلومتری لایه هلیوم اتمی وجود دارد و پس از آن هم نوبت به‌لایه هیدروژن اتمی می‌رسد که حدی برایش نمی‌توان تعیین کرد، اما به‌طور تقریب حداقل ارتفاع لایه هیدروژن را ۱۰۰۰۰ کیلومتر تصور می‌کنند. در عین حال بین چهار لایه گفته شده هم حدود دقیقی وجود ندارد و گازها به‌طور تدریجی درهم داخل می‌شوند.



شکل ۲ ــ ۱ ــ هوایی که تنفس می‌کنیم مخلوطی از اکسیژن و نیتروژن است. این هوا نازکترین لایهٔ اتمسفر را در اطراف زمین تشکیل می‌دهد (هوموسفر) و در بالای آن لایه‌هایی از اکسیژن، هلیوم، هیدروژن و نیتروژن به‌صورت اتمی یا یونی وجود دارد. به‌کمک تجزیه و تحلیل یافته‌های ماهواره‌های هواشناسی در سالیان اخیر بر میزان اطلاعات ما درباره اتمسفر افزوده شده است. (هتروسفر)

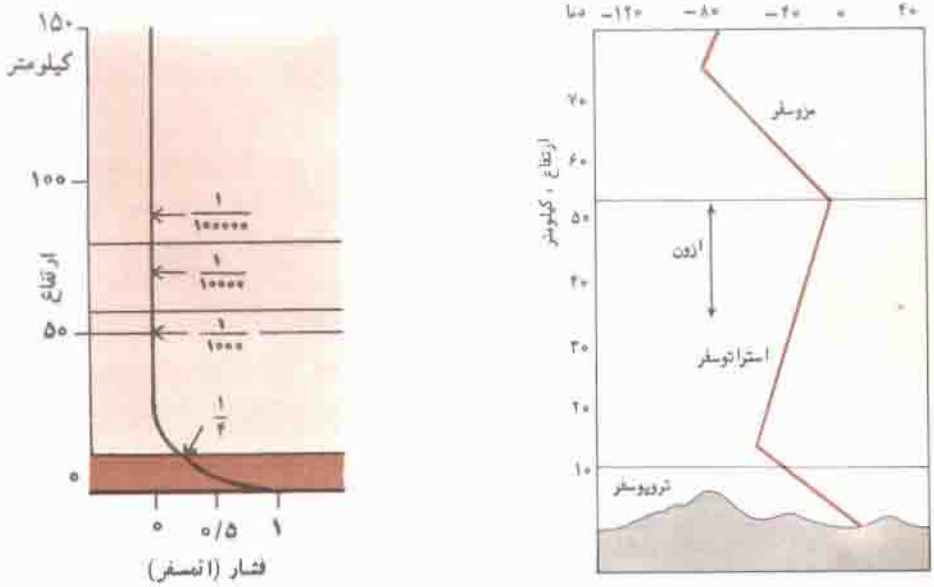
لایه‌های هوا

نیروی جاذبهٔ زمین گازهای اتمسفر را به‌سوی خود می‌کشاند. از طرفی، مولکولهای گازها مایلند هر چه بیشتر از هم فاصله بگیرند و تمام فضای ممکنه را اشغال کنند. اگر وجود نیروی جاذبه نبود، گازهای تشکیل دهندهٔ اتمسفر به‌فضا می‌گریختند (همچنان‌که بنابر نظر یک دانشمند روسی روزانه مقداری از هوا به‌همین ترتیب از اطراف زمین می‌گریزد).

نیمی از وزن کلی اتمسفر مربوط به‌گازهایی است که تا فاصلهٔ ۵/۶ کیلومتری سطح زمین یافت می‌شوند. نیم دیگر هوا تا صدها کیلومتر در فضا ادامه می‌یابد و همچنان‌که گفتیم، هرچه ارتفاع زیادتر شود، هوا رقیق‌تر می‌گردد. هیچ‌گونه حد و مرزی در فضا وجود ندارد که بتوان بر اساس آن لایه‌هایی برای هوا در نظر گرفت.

اما به‌هر حال تغییراتی که در ترکیب و دمای هوا در ارتفاعات مختلف پیدا می‌شود، سبب شده است که اتمسفر را به‌چند لایه تقسیم کنند، مثلاً از نقطه‌نظر دمایی، اتمسفر دارای لایه‌های زیر است:

اولین لایهٔ اتمسفر را **تروپوسفر** (کره = Sphere پیرامون = Tropos) نام گذارده‌اند. حد متوسط ارتفاع تروپوسفر در حدود ۱۲ کیلومتر است، ولی البته در منطقهٔ استوا این ارتفاع بیشتر و در قطبین زمین کمتر است. همچنین در اوقات گرم سال، ارتفاع تروپوسفر بیشتر می‌شود (چرا؟). ابرها در تروپوسفر تشکیل می‌شوند و تغییرات وضع هوا، همه مربوط به‌این لایه است. از ویژگیهای مهم تروپوسفر، کاهش منظم دما با آهنگ تقریبی ۶ درجه در هر کیلومتر است.



شکل ۳ ــ ۱ ــ تغییرات دما و فشار اتمسفر در ارتفاعات مختلف آن.

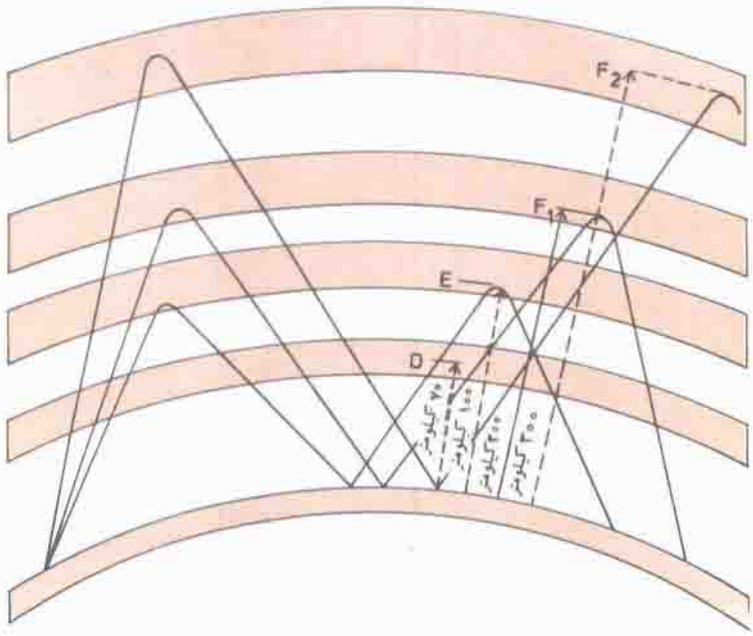
در بالای تروپوسفر لایهٔ دیگری به‌نام **استراتوسفر** (لایه = Strata) قرار گرفته است.

استراتوسفر، لایه‌ای شفاف و رقیق است. ابرها به‌این ناحیه نمی‌رسند، پس بخار آبی هم در خود ندارد.

استراتوسفر در قسمتهای پایین سرد و در قسمتهای بالا گرم است. علت گرمای هوا در این قسمت، وجود گاز ازن (O_3) بخصوص در قسمتهای بالای این لایه است که تشعشع ماورای بنفش خورشید را به‌شدت جذب می‌کند و مبدل به‌گرما می‌نماید. وجود ازن از این بابت، برای پایدار ماندن حیات در روی زمین نهایت اهمیت را دارد.

پس از این لایه، لایه دیگری به‌نام مزوسفر (میانی = Meso) قرار گرفته، که دمای هوا در آن مجدداً کاهش می‌یابد، و بالاخره در بالای این قسمت، لایهٔ وسیع و گسترده ترموسفر (گرما = Thermo) واقع شده است، که دمای اتمها و مولکولهای گازها در آن مرتباً با ارتفاع افزایش می‌یابد.

یونوسفر ــ اتمسفر را از نظر هدایت الکتریکی و مغناطیسی هم تقسیم‌بندی کرده‌اند. مثلاً از ارتفاع ۶۵ تا حدود ۱۰۰۰ کیلومتری زمین لایه‌ای به‌نام یونوسفر (یونیزه = Iono) با ویژگیهای الکتریکی معین وجود دارد. در یونوسفر هوا بسیار رقیق است، به‌طوری که مثلاً در آغاز آن فشار هوا شاید $\frac{۱}{۱۰/۰۰۰}$ مقداری است که در سطح دریا وجود دارد.



شکل ۴ ــ ۱ ــ لایه‌های مختلف یونوسفر. طرز انعکاس چند موج رادیویی هم در شکل مشخص شده‌اند. به‌نظر می‌آید که لایهٔ D امواج رادیویی را جذب می‌کند.

در این قسمت ذرات هوا به‌صورت یونیزه درمی‌آیند، زیرا تشعشعات خورشیدی مخصوصاً اشعه پرقدرت ماورای بنفش اتمهای نیتروژن و اکسیژن را بمباران می‌کنند و باعث خروج الکترون از آنها می‌گردند. بدین ترتیب یونهای مثبت اکسیژن و نیتروژن تشکیل می‌شود. این یونها و الکترونهای آزاد در ارتفاعات مختلف به‌صورت لایه‌هایی در می‌آیند که آنها را از پایین به‌بالا با حروف F_2F_1,E,D مشخص می‌کنند. لایه‌های یونوسفر مانند آینه‌ای امواج رادیویی را منعکس می‌کنند. لایهٔ D در شب از بین می‌رود و لایه E هم ضعیف می‌شود. از مجموع دو لایه F_1 و F_2 هم لایهٔ ضعیفی به‌نام F به‌وجود می‌آید. لایه D به‌جای انعکاس امواج رادیویی، آنها را جذب می‌کند به‌همین سبب هم هست که در شب ایستگاههای رادیویی دور دست را بهتر از روز می‌توان گرفت. در عوض، انفجاراتی که گاهی در سطح خورشید رخ می‌دهند، به‌میزان یونیزه بودن گازهای لایهٔ D می‌افزایندو بدین ترتیب باعث بروز اختلال در ارتباط رادیویی می‌شوند.

تشعشع خورشید و دمای هوا

به‌خاطر داشته باشید که انرژی خورشیدی به‌صورت امواج الکترومغناطیسی تابش شده و به‌زمین می‌رسد. اتمسفر زمین نخستین ناحیه‌ای است که این امواج را دریافت می‌کند. طبعاً مقداری از امواج مزبور، به‌وسیله لایه‌های هوا به‌ویژه در قسمتهای پایین‌تر که بخار آب و ذرات گردوغبار آن زیاد است جذب می‌گردند (این مقدار را به‌طور متوسط ۲۰ درصد تخمین زده‌اند). زمین هم خود در حدود ۳۵ درصد از اشعهٔ خورشید را دوباره منعکس می‌سازد و با این ترتیب تنها

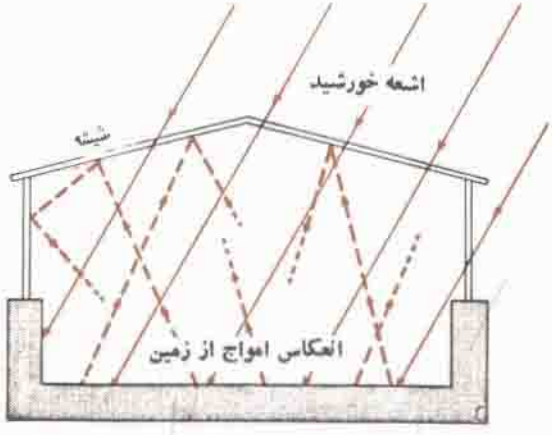
شکل ۵ــ۱ــ مقدار انرژی خورشیدی که به‌زمین می‌رسد. آیا در روزهای ابری زیادتر است یا در روزهایی که هوا صاف است؟

۴۵ درصد از آن مستقیماً به‌زمین می‌رسد (شکل ۵ ــ ۱).

زمین پس از گرم شدن، انرژی حرارتی خود را به‌صورت تشعشع حرارتی (یا تشعشع با طول موج بلند) به‌اطراف پخش می‌کند. ولی بخارآب و گاز CO_2 که نسبت به‌این امواج تا حدود زیادی غیرقابل نفوذند، آنها را جذب می‌کنند و مانع خروج مجدد گرما به‌اتمسفر می‌شوند. وجود ابر و رطوبت زیاد، این پدیده را تشدید می‌کند (دم کردن هوای مرطوب). چنین رویدادی را اثر گلخانه‌ای نامگذاری کرده‌اند (شکل ۷ ــ ۱).

مواد ومحیطهای مختلفی که خورشید به‌آنها می‌تابد	مقدار درصد اشعه‌ای که جذب نمی‌شود
آب (وقتی که زاویهٔ تابش اشعه بسیار کم باشد)	خیلی زیاد
آب (وقتی که اشعهٔ خورشیدی قائم باشد)	۲
آب (وقتی که زاویهٔ تابش اشعه ۴۰ درجه باشد)	۲/۵
ابر	۴۰-۸۰
یخ و برف	۴۶-۸۶
علف	۱۴-۳۷
زمین بدون پوشش گیاهی	۷-۲۰
جنگل	۳-۱۰

جدول ۶ ــ ۱ ــ تمام اشعهٔ خورشیدی که به‌زمین برسد، جذب آن نمی‌شود.



شکل ۷ ــ ۱ ــ اثر گلخانه‌ای، اتمسفر زمین نمی‌گذارد امواج گرمایی دوباره به‌فضا برگردند. (خطوط پیوسته اشعه مستقیم با طول موج کوتاه و خطوط نقطه‌چین تشعشع حرارتی با طول موج بلند را نشان می‌دهد)

پس هوا ظاهراً از دو راه گرم می‌شود: یکی از راه جذب مستقیم مقداری از اشعهٔ خورشید، و دیگر از راه دریافت امواج گرمایی منتشر شده از زمین.

یک راه دیگر هم برای گرم شدن هوا وجود دارد. به‌این ترتیب که هوای سرد وقتی در مجاورت زمین گرم واقع شود، گرم شده، صعود می‌کند و هوای سرد لایه‌های بالاتر، طبق مکانیسم جابه‌جایی، جای آن را می‌گیرد. وجود باد و جریانهای تلاطمی هوا، این پدیده را تسریع می‌کند. بالاخره گردش بخار آب در طبیعت، یکی از فرآیندهای تبادل انرژی حرارتی است، چه، هر گرم آبی که از سطح دریاها تبخیر می‌شود، در حدود ۶۰۰ کالری انرژی تشعشعی خورشید را به‌صورت گرمای نهان‌تبخیر جذب می‌کند و متقابلاً وقتی این بخار تبدیل به‌مایع می‌شود، آن حرارت آزاد می‌گردد.

گرم شدن آب و خشکی ــ اگر سطح زمین به‌طور یکنواخت از آب یا ماده دیگری پوشیده شده بود گرما هم در امتداد عرضهای جغرافیایی بطور یکنواخت توزیع می‌شد. ولی با وضع موجود، آبها و خشکیها به‌طور یکنواخت گرم نمی‌شوند. به‌دلایل متعددی آبها آرامتر از خشکیها گرم می‌شوند:

۱) مقدار انرژی گرمایی که از سطح آب نسبت به‌سطح خشکی منعکس می‌شود بیشتر است (جدول ۶ ــ ۱).

۲) اشعه خورشیدی در آب نفوذ می‌کند، در حالیکه همه گرمای خورشید تقریباً در سطح سنگها می‌ماند.

۳) آب با جابه‌جا شدن گرمای دریافت کرده را منتشر می‌کند.

۴) ظرفیت گرمایی ویژه آب چهار برابر ظرفیت گرمایی ویژه خشکی است.

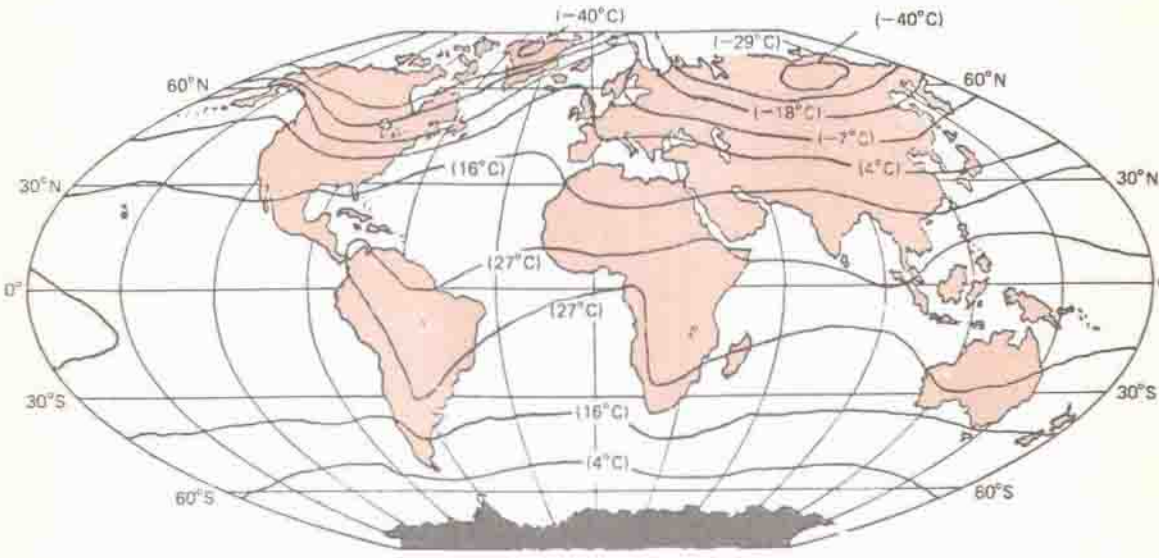
۵) مقداری از گرمای گرفته شده توسط آب صرف انجام عمل تبخیر می‌شود.

در عین حال آب در مقایسه با خشکی گرما را به‌مدت بیشتری در خود نگه می‌دارد. شاید هم علت این است که گرمای دریافت شده توسط آب، در عمق وسیعتری پراکنده می‌شود. با توجه به‌موارد مذکور، در یک عرض جغرافیایی معین، آب و خشکی به‌یک نسبت گرم نمی‌شوند و خشکیها سریعتر از آب گرم شده، یا گرما را از دست می‌دهند (این مسئله در باره نقاط مختلف خشکی هم که از مواد مختلفی تشکیل شده مصداق دارد، چنانکه مثلا سطح اسفالت زودتر از چمن گرم و سرد می‌شود).

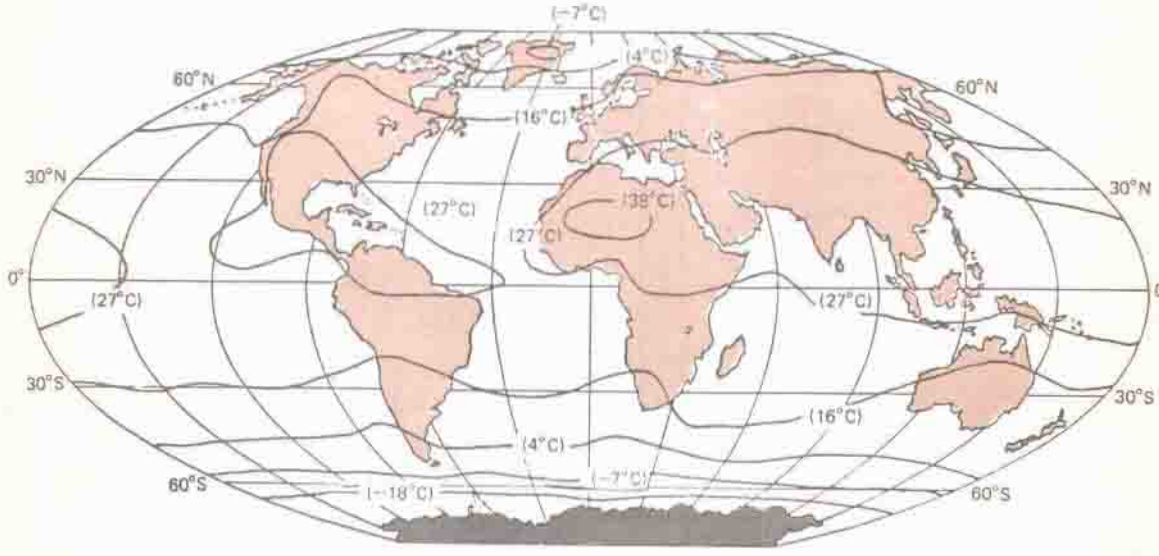
گرمترین ساعات روز، ساعات بعد از ظهر است (نه‌خود ظهر) و در تابستان، گرمترین ساعت روز دیرتر از زمستان فرا می‌رسد (چرا؟). سردترین ساعات شب هم در نزدیکی سپیده‌دم و قبل از طلوع آفتاب است و در زمستان این ساعات نسبت به‌تابستان دیرتر فرامی‌رسند (به‌همین ترتیب تحقیق کنید سردترین و گرمترین ماه‌های سال کدامند).

نشان دادن دما در روی نقشه‌های هواشناسی ــ معمولا در روی نقشه‌هایی که در مؤسسات و اداره‌های هواشناسی برای نشان دادن وضع هوا ترسیم می‌شود، دمای هوا در قسمتهای مختلف باید مشخص باشد. در روی این نقشه‌ها، دمای مربوط به‌هر ایستگاه را در کنار نام آنها، کمی بالا و سمت چپ دایره‌ای که علامت ایستگاه است می‌نویسند. اما البته راه عمومی‌تر نشان دادن دما در روی نقشه‌ها ترسیم منحنی‌هایی به‌نام منحنی‌های ایزوترم (دما = Therm مساوی = Iso) است.

میانگین دما در سطح دریا در دی‌ماه



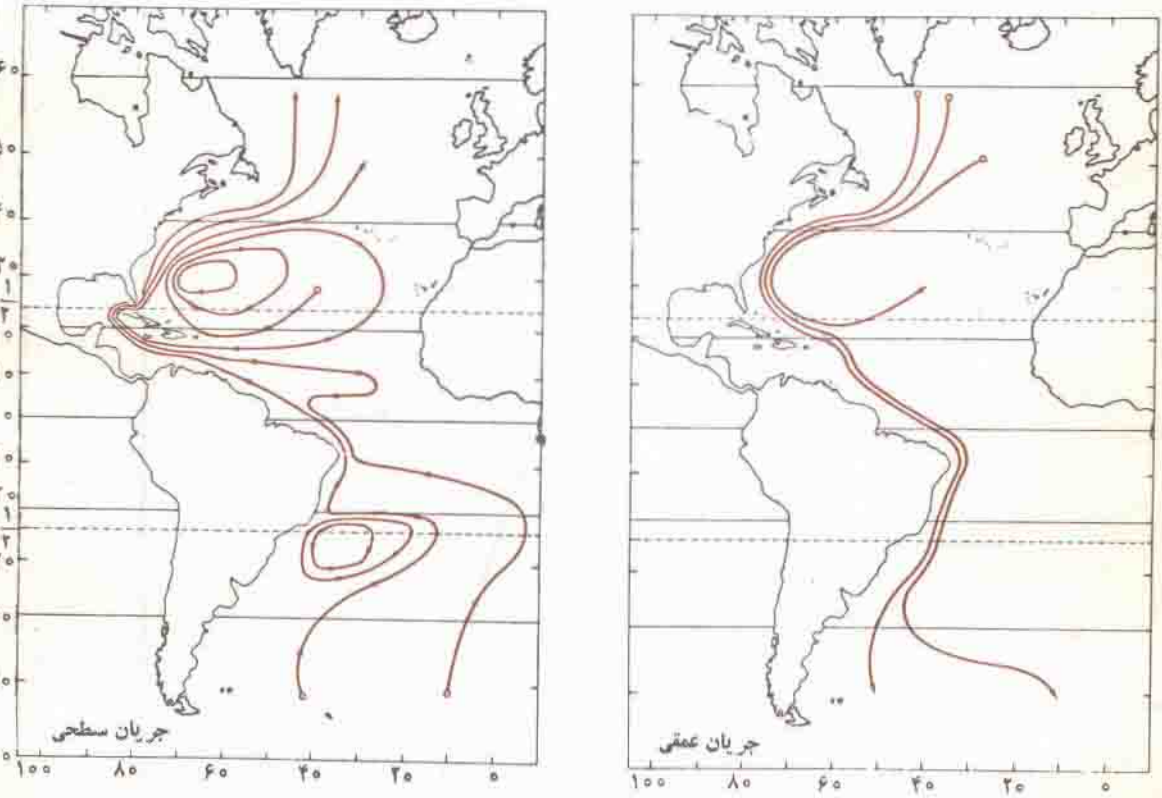
میانگین دما در سطح دریا در تیرماه



شکل ۸ ــ ۱ ــ منحنی‌های هم دما در ماههای تیر و دی در نقاط مختلف دنیا.

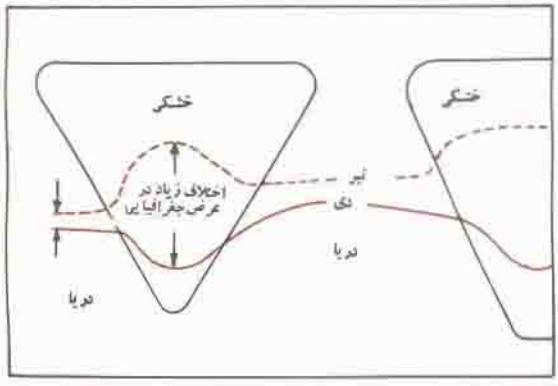
ایزوترم مکان هندسی نقاطی از نقشه است که دمای آنها در زمان معین (یا یک دوره معین برای معدلهای دما) یکسان باشد. در شکلهای ۸ ــ ۱ خطوط هم دمای میانگین را در ماههای دی و تیر نمایش داده‌ایم. (شکل ۸ ــ ۱).

قاعدتاً انتظار می‌رود که وقتی از استوا به‌سمت قطبین پیش می‌رویم، دمای هوا به‌تناسب عرضهای جغرافیایی به‌تدریج کمتر شود، اما این کاهش دما چندان منظم نیست. اگر سطح زمین ساختمانی کاملاً یکنواخت داشت، مسلماً استوا گرمترین و قطبین سردترین نقاط آن بودند. در نیمکره جنوبی که بیشتر سطح زمین از آب پوشیده شده، منحنی‌های هم دما منظم‌ترند تا در نیمکره شمالی. دلایل اصلی بی‌نظمی در وضع منحنی‌های هم دما عبارتند از: ۱) خشکیها در تابستان گرمتر و در زمستان سردتر از آبهای نقاط همعرض خود هستند. ۲) در بسیاری از نقاط ساحلی اقیانوسها جریان‌های دریایی وجود دارد که این جریانها ممکن است مانند گلف‌استریم جریان آب گرم یا مانند لابرادور جریان آب سرد باشند. این جریانها در دمای مناطقی که در آنها جریان دارند، مؤثرند. (شکل ۹ ــ ۱).



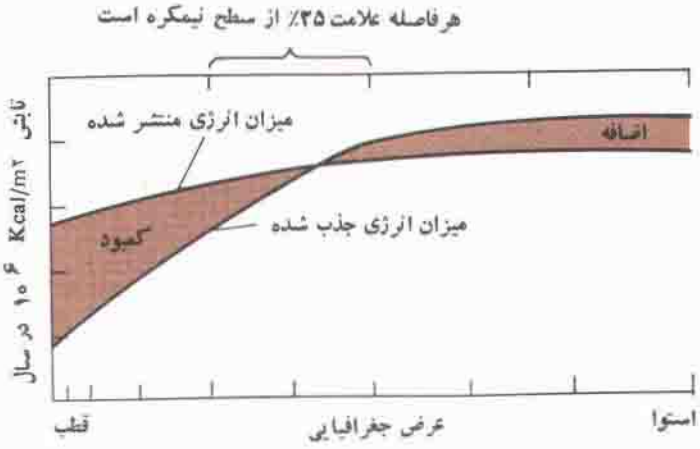
شکل ۹ ــ ۱ ــ جریانهای دریایی مهم آب گرم و آب سرد برهوای نقاط مجاور خود در روی خشکیها اثر دارند.

در عین حال با نگاه کردن به‌منحنی‌های هم‌دما می‌توان دریافت که: ۱) نامنظم بودن خطوط هم‌دما در سطح خشکیها بیشتر است تا در سطح آبها. ۲) نامنظم بودن خطوط هم‌دما در نیمکرهٔ شمالی بیشتر است تا در نیمکره جنوبی. ۳) گرمترین و سردترین نقاط همیشه در روی خشکیها واقعند.



شکل ۱۰ ــ ۱ ــ منحنی‌های هم دما در روی خشکیها سریعتر از هم فاصله می‌گیرند تا در روی دریاها.

تعادل دما ــ از آنجا که میانگین دمای سطح زمین با گذشت زمان تغییر چندانی نمی‌کند، باید گفت که میان انرژی دریافت شده و خارج شده از زمین تعادل برقرار است. به‌وجود آمدن این توازن را به‌کمک منحنی ۱۱ ــ ۱ می‌توان دریافت. در این منحنی نشان داده می‌شود که در هر عرض جغرافیایی چه مقدار انرژی گرمایی به‌زمین می‌رسد، یا از زمین خارج می‌شود. در منطقه استوا



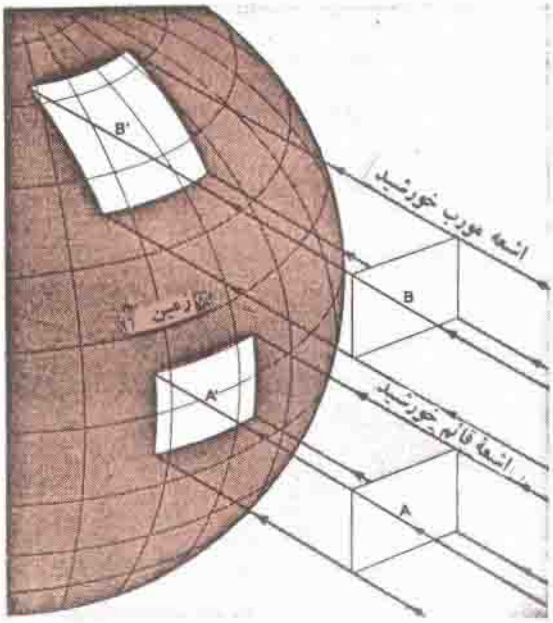
شکل ۱۱ ــ ۱ ــ توازن سالانه میان انرژی دریافت شده و از دست رفته در زمین. در منطقه استوا مقدار انرژی دریافتی، و در مناطق قطبی مقدار انرژی از دست رفته زیادتر است.

مقدار انرژی دریافت شده، بیشتر از انرژی از دست رفته است. عکس این گفته نیز در موردنقاط قطبی صادق است. با این حال چرا نقاط استوایی مرتباً گرمتر و نقاط قطبی سردتر نمی‌شوند؟ پاسخ این مسئله در وجود جریانهای هوا و آب است که مازاد انرژی را از نقطه‌ای به‌نقطه دیگر انتقال می‌دهند. در حدود ۸۰ درصد از این انرژی را باد انتقال می‌دهد و بقیه آن هم توسط جریانهای دریایی منتقل می‌شود.

جریان هوا

بدیهی است که اشعهٔ خورشید به‌همهٔ قسمتهای زمین به‌یک میزان و تحت یک زاویه نمی‌رسد. مثلا در استوا امتداد تابش در هنگام ظهر تقریباً قائم است و در نواحی قطبی زاویه‌دار. با ملاحظهٔ شکل ۱۲ ــ ۱ می‌توان فهمید که همین وضع سبب پدید آمدن اختلاف دما در نقاط مختلف زمین می‌شود.

البته علل مختلف دیگری هم وجود دارد که چرا دمای قسمتهای مختلف زمین مساوی نیست، چنان‌که مثلا آب دیرتر از خشکی گرم و دیرتر سرد می‌شود و بدین ترتیب در نقاطی که آب و خشکی در مجاورت همدیگرند همواره اختلاف دما وجود دارد.

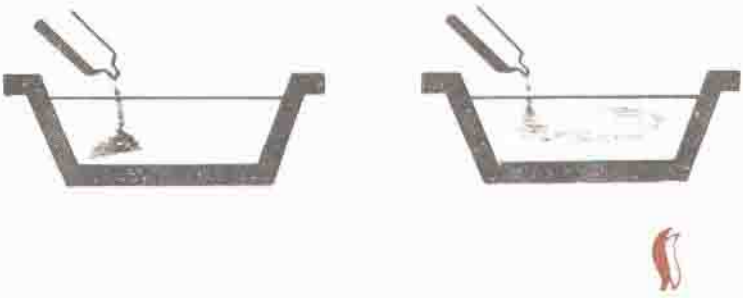


شکل ۱۲ ــ ۱ ــ وقتی که زاویه تابش آفتاب به‌حالت قائمه نزدیکتر باشد، مقدار گرمای زیادتری پدید می‌آورد. چرا؟

علت به‌جریان در آمدن هوا ــ اگر یک سمت یک ظرف بزرگ آب را حرارت بدهیم و یک قطرهٔ جوهر را در سمت دیگر آن بچکانیم چه خواهد شد؟ وضع لکهٔ جوهر نشان می‌دهد که ذرات آب

ابتدا به‌سمت پایین می‌خزند، سپس در امتداد کف ظرف و به‌سوی ناحیهٔ گرم به‌حرکت در می‌آیند، آن‌گاه در آنجا به‌سمت بالا می‌روند و در سطح دوباره به‌سوی نقطهٔ سرد اول حرکت می‌کنند (جریان کنوکسیون Convection). ولی چرا این حرکت صورت می‌گیرد؟ آیاآب متحرک گرما را از نقطهٔ گرم ظرف به‌نقاط سرد آن می‌برد؟ آیا در اتمسفر هم چنین پدیده‌ای رخ می‌دهد؟

وقتی که هوا، آب یا هر سیال دیگر سرد شود، بر اثر نزدیکتر شدن مولکولها و اتمها به‌همدیگر، بر وزن حجمی آن افزوده و هرگاه گرم شود به‌علت دور شدن ذرات از هم، از وزن

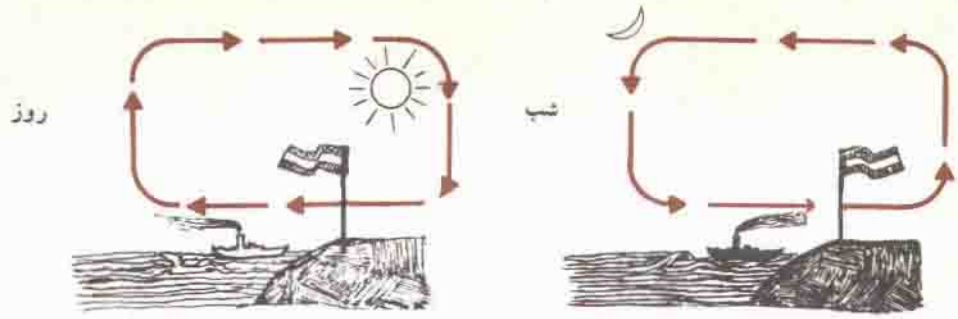


شکل ۱۳ ــ ۱ ــ گرم کردن آب ظروف در یک طرف، سبب پدید آمدن جریان کنوکسیون می‌شود. آیا جهت حرکت به‌سوی منبع گرماست یا در جهت خلاف آن؟

حجمی آن کاسته می‌گردد. بنابراین چون نیروی جاذبهٔ زمین اثر بیشتری بر سیال سردتر دارد، آن را به‌سوی خود می‌کشاند. بدین ترتیب امکانی هم برای حرکت سیال گرمتر و کم تراکمتر فراهم می‌آید تا جای سیال سرد و پرتراکم را بگیرد. با این ترتیب مقدار تودهٔ سیال در سمت سرد زیاد می‌شود و فشار آن در قسمت ته، بالا می‌رود و بالطبع کاهش فشاری در سمت گرم پدید می‌آید. در این صورت سیال سرد به‌سوی ناحیهٔ گرم رانده می‌شود.

آنچه گفته شد در مورد جریانهای محلی هوا و در مقیاس کوچک عیناً مشاهده می‌شود و ساده‌ترین مثالی که می‌توان در این مورد ذکر کرد نسیم دریا و نسیم خشکی در نواحی ساحلی است. در این مناطق به‌هنگام روز زمینهای ساحلی در اثر تابش خورشید زیادتر از سطح آب گرم می‌شوند و در نتیجه هوای گرم ساحل صعود کرده، هوای سرد دریا جای آنرا می‌گیرد و در سطح زمین نسیمی از دریا به‌ساحل می‌وزد که در ارتفاع بالاتر، جهت حرکت معکوس است (شکل ــ ۱۴ ــ ۱ ــ الف). در شب به‌علت اینکه زمین زودتر سرد می‌شود و دریا دیرتر حرارت خودرا از دست می‌دهد، در سطح زمین باد از خشکی به‌ساحل و در ارتفاع، از ساحل به‌خشکی جریان می‌یابد (شکل ــ ۱۴ ــ ۱ ــ ب). عمق نفوذ جریان دریا و خشکی حداقل ۲۰ کیلومتر و ارتفاع جریان حداکثر ۲ کیلومتر است.

برخلاف آنچه در مورد حرکت هوا در مقیاس کوچک ذکر شد، در مقیاس کره زمین کیفیت



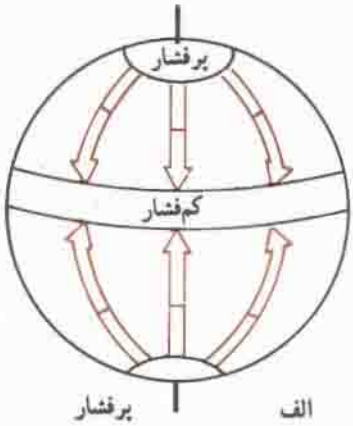
شکل ۱۴ ــ ۱ ــ چگونگی وزش نسیم حرارتی دریا و خشکی

و نیروهای مؤثر بر هوا به‌مراتب پیچیده‌تر است. اگر قرار بود اختلاف گرم و سرد شدن هوا در نقاط مختلف تنها عامل به‌وجودآورنده بادها باشد، انتظار می‌رفت که هوا در مجاورت استوا گرم شده، صعود نماید و سپس در امتداد نصف‌النهار بسوی قطبین به‌حرکت درآید و در قطب نزول کند و در نتیجه در سطح زمین جریانی افقی در امتداد نصف‌النهار از قطب به‌استوا و در جهت عمود بر مدارات بوزد.

در چنین مدل ساده‌ای، خطوط هم‌فشار، یعنی نقاطی از سطح‌تراز دریا که فشار جوی در روی آنها یکسان است به‌فرض همگن بودن جنس سطح زمین، به‌صورت خطوطی به‌موازات مدارات درمی‌آمد و طبیعی است جریان بادها بر این خطوط هم‌فشار عمود می‌بود.

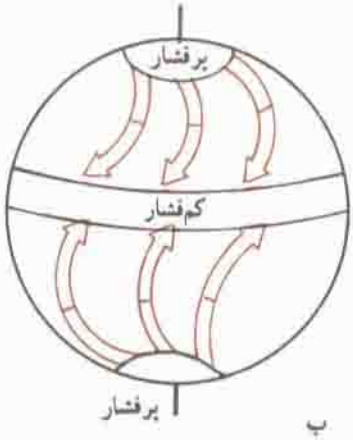
در حقیقت اگر کره زمین ساکن بود و هیچگونه حرکتی نداشت و جنس سطح آن نیز یکنواخت بود چنین امکانی به‌وجود می‌آمد (شکل ۱۵ ــ ۱).

اما کره‌زمین بدور محور خود از غرب به‌شرق در حرکت است. وجود این حرکت باعث انحرافی در جهت وزش بادها می‌شود، به‌قسمی که در نیمکره شمالی، هوا به‌سمت راست مسیر



شکل ۱۵-۱ الف ــ حرکت هوا در مقیاس کره زمین وقتی حرکت دورانی وجود نداشته باشد. در این مدل، هوا در سطح زمین در امتداد نصف‌النهار از قطب به‌سمت استوا پیش می‌رود و در این منطقه صعود کرده، در ارتفاعات در امتداد عکس، از استوا به‌سمت قطب حرکت می‌کند.

آغازی حرکت یعنی از شمال شرق به‌جنوب غرب، و در نیمکره جنوبی به‌سمت چپ حرکت اولیه یعنی از جنوب شرق به‌شمال غرب به‌حرکت درمیآید. چرا؟



ب

شکل ۱۵-۱ ب ـ جهت وزش بادها در اثر حرکت دورانی غربی ـ شرقی زمین، انحراف بادها در نیمکره شمالی به‌سمت راست و در نیمکره جنوبی به‌سمت چپ در حرکت است.

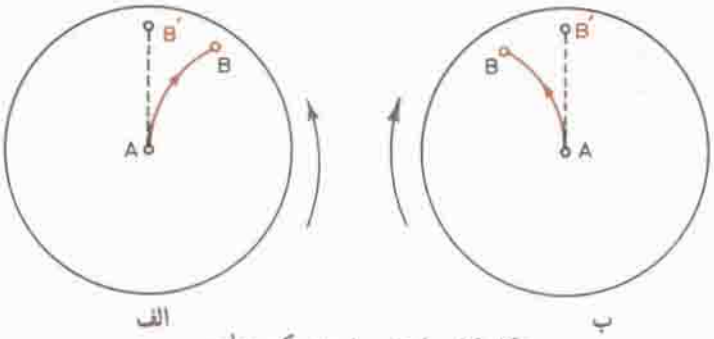
در سال ۱۸۳۵ یک دانشمند فرانسوی بنام کوریولیس(Coriolis)به‌کمک محاسبات ریاضی ثابت کرد که به‌اجسام اعم از جامد، مایع یا گاز، که در روی کره زمین حرکت می‌کنند، نیرویی منحرف‌کننده وارد می‌شود. مقدار این نیرو اولاً با سرعت جسم متناسب است و بنابراین بر اجسام ساکن اعمال نمی‌شود، ثانیاً به‌سرعت حرکت دورانی زمین مربوط است و ثالثاً به‌عرض جغرافیایی محل بستگی دارد، به‌قسمی که در استوا مقدار آن صفر و در قطبین حداکثر است. نیروی کوریولیس در نیمکره شمالی اجسام (یا هوا) را به‌سمت راست مسیر اولیه و در نیمکره جنوبی به‌سمت چپ آن منحرف می‌کند.

به‌این ترتیب، آنچه باعث انحراف بادها در شکل ۱۶ ــ ۱ شده است همان نیروی مورد بحث یعنی کوریولیس است.

برای تجسم نیروی کوریولیس و نحوه اثر آن آزمایش زیر را می‌توان انجام داد.

* یک صفحه کاغذ را در روی یک صفحه چرخان (نظیر گرامافون) قرار دهید. در حالت الف شکل ۱۶ــ۱ که صفحه در جهت عکس عقربه‌های ساعت می‌چرخد، مانند این است که از فراز قطب شمال کره زمین را زیرنظر قرار داده باشیم. مرکز این صفحه نظیر قطب و پیرامون آن مشابه خط استوا خواهد بود. حال سعی کنیم به‌کمک مداد و خط کش، خطی از نقطه A در امتداد شعاع رسم کنیم. ملاحظه خواهد شد که بجای خط AB، قوس AB حاصل می‌گردد و با وجودی که

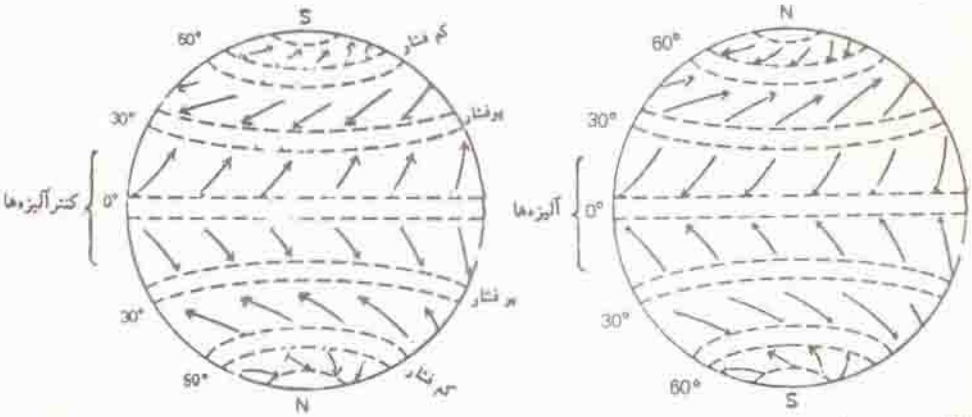
مسیر حقیقی در امتداد شعاع است، حرکت نوک مداد نسبت به‌صفحه دوّار، منحنی و به‌سمت راست منحرف شده است.



شکل ۱۶ ــ۱ تجسم نیروی کوریولیس

حال اگر جهت حرکت دورانی صفحه تغییر کند، انحراف حرکت به‌سمت چپ و نظیر AB در شکل ۱۶ ــ ۱ ــ ب خواهد بود. این حالت مشابه وضعیتی است که برای قطب جنوب پیش می‌آید و عیناً مانند زمانی است که از فراز قطب جنوب، نیمکره جنوبی را زیر نظر قرار داده باشیم.

توزیع متوسط فشار هوا در روی کره زمین در هر نیمکره منحصر به‌وجود یک مرکز کم‌فشار در استوا و مرکز پرفشار در قطب نیست بلکه به‌دلایل پیچیده‌ای شامل یک مرکز پرفشار ثانوی در عرضهای ۳۰ درجه و در نتیجه، یک مرکز کم‌فشار ثانوی در عرضهای ۶۰ درجه شمالی و جنوبی مطابق شکل ۱۷ــ۱ خواهد بود. در این صورت، با در نظر گرفتن این که جریان هوا از قسمتهای پرفشار به‌نواحی کم‌فشار است و با توجه به‌اثر انحرافی نیروی کوریولیس جریان هوا در قسمت‌های پایین اتمسفر مطابق شکل ۱۷ ــ ۱ ــ الف است و در عوض در لایه‌های بالای تروپوسفر جریان هوا معکوس خواهد بود.



ب ــ در ارتفاعات تروپوسفر

الف ــ در سطح زمین

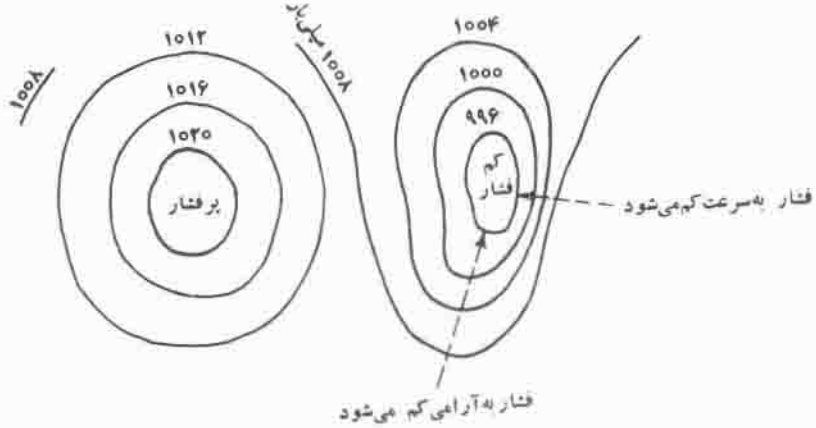
شکل ۱۷ ــ ۱ ــ جریان عمومی متوسط هوا

این جریانات بخصوص بین عرض‌های ۳۰ درجه و در نواحی اقیانوس‌ها یکی از منظم‌ترین بادهای سطح زمین را به‌نام آلیزه به‌وجود می‌آورند. باد آلیزه شمالی در اطراف استوا از شمال شرقی به‌سمت جنوب غرب می‌وزد و آلیزه جنوبی از جنوب شرقی به‌شمال غرب جریان دارد. این دو جریان پس از برخورد به‌یکدیگر، به‌سمت بالا صعود کرده، سپس جهت عکس سمت قطب را انتخاب می‌کنند، که در این‌حالت ضد آلیزه یا کنترآلیزه خوانده می‌شوند. بادهای کنترآلیزه در عرض‌های ۳۰ درجه مجدداً نشست می‌کنند.

سلول جریان هوائی که در هر نیمکره بدین ترتیب بین استوا و عرضهای ۳۰ درجه تشکیل می‌گردد، به سلول جریان استوایی موسوم است.

در اینجا لازم است یادآور شویم که جریانهای تعریف شده فوق و توزیع فشار در سطح زمین در مورد میانگین فشار معتبر است، ولی در اوقات مختلف، خطوط همفشار به‌اشکال مختلفی است که ناشی از وجود کوهها، دشتها، پراکندگی آبهای سطح زمین، مناطق صحرایی، برفی و یخبندان و غیره است که به‌طور یکنواخت گرم نمی‌شوند. از مشخص‌ترین و مهمترین صورتها مراکز کم‌فشار و پرفشار است (شکل ۱۷ــ۱).

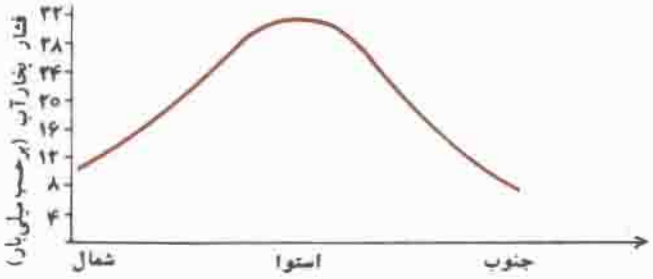
نقاط کم‌فشار در محلهایی پدید می‌آیند که هوا گرم می‌شود و به‌بالا صعود می‌کند. نقاط پرفشار نیز در جاهایی تشکیل می‌شوند که هوا سرد و سنگین می‌شود و به‌سوی سطح زمین نشست می‌کند. در تابستانها معمولاً نقاط کم‌فشار در روی قاره‌ها و جزایر بزرگ تشکیل می‌شود، زیرا خشکی از آب اطراف خود زودتر گرم می‌شود و در زمستان برعکس نقاط پرفشار در روی این نقاط پدید می‌آید زیرا خشکی از دریاهای اطراف سردتر است.



شکل ۱۸ ــ ۱ ــ نقاط کم‌فشار در محلهایی پدید می‌آیند که هوا گرم می‌شود و به‌بالا صعود می‌کند. نقاط پرفشار در محلهایی پدید می‌آیند که هوا سرد و سنگین می‌شود و به‌سوی سطح زمین سرازیر می‌گردد. منحنیها و مراکز فشار از روزی به‌روز بعد تغییر می‌کنند و در عرضهای جغرافیایی متوسط، معمولاً از غرب به‌شرق در حرکت‌اند.

بخار آب در اتمسفر

وقتی که آب تبخیر می‌شود، مولکولهای آب، خود به‌صورت جزئی از ترکیبات اتمسفر در می‌آیند، و هرچه مقدار آنها در واحد حجم هوا زیادتر باشد می‌گوییم فشار بخار آب بیشتر است هر وقت مقدار این فشار با مقدار فشاری که از درون آب مولکولها را به‌خارج می‌فرستد برابر شود، می‌گوییم بخار به‌حد اشباع رسیده و عمل تبخیر متوقف می‌شود. در این حال هوا دیگر نمی‌تواند مقدار بخار آب بیشتری را دریافت دارد. درجهٔ اشباع بخار آب در هوای گرم دیرتر حاصل می‌شود تا در هوای سرد، بنابراین در منطقهٔ استوا که امکانات تبخیر نیز بیشتر است، فشار بخار آب در هوا زیادتر می‌شود.



شکل ۱۹ ــ ۱ ــ مقدار متوسط فشار بخار آب هوا، نسبت به‌عرض جغرافیایی تغییر می‌کند.

نسبت بین مقدار رطوبت موجود در هوا را بر حداکثر مقدار رطوبتی که در آن دما هوا می‌تواند در خود نگهدارد محاسبه می‌کنند و آن را رطوبت نسبی می‌نامند. رطوبت نسبی را به‌صورت درصد نشان می‌دهند.

$$\text{رطوبت نسبی} = \frac{\text{فشار بخار آب موجود}}{\text{فشار بخار آب اشباع شده در همان دما}} \times ۱۰۰$$

مثلا اگر فشار بخار آب موجود ۱۰ میلی‌بار[1] و فشار بخار اشباع شده در همان دما ۲۰ میلی‌بار باشد، رطوبت نسبی مساوی $\frac{۱۰}{۲۰} \times ۱۰۰$ یعنی ۵۰ درصد خواهد بود. هنگامی که رطوبت نسبی به‌صددرصد برسد می‌توان انتظار تشکیل ابر و مه و بارندگی را داشت.

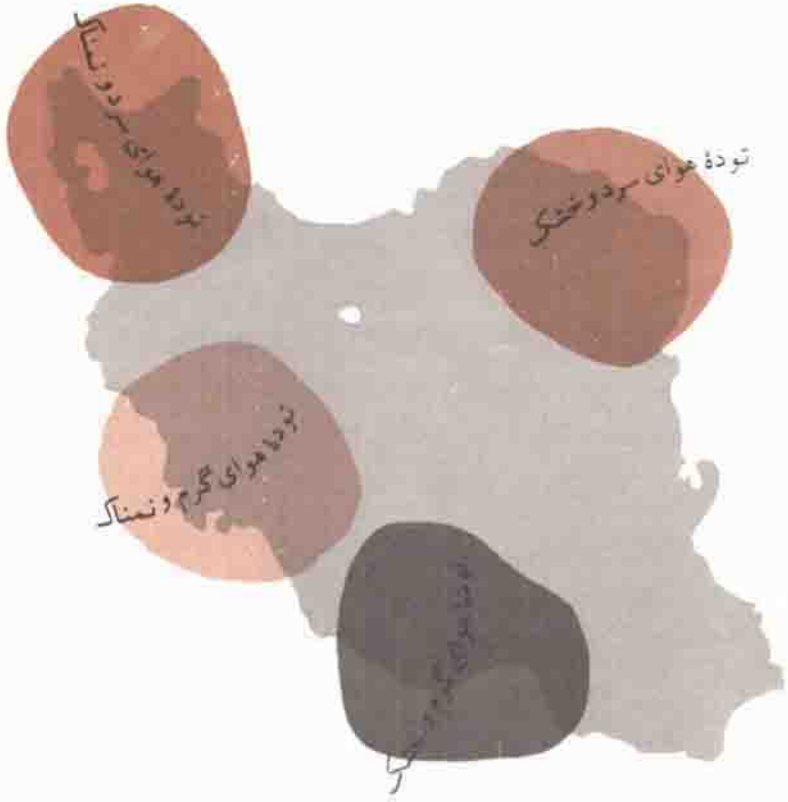
---

۱ ــ میلی‌بار، واحدی است که در هواشناسی برای سنجش فشار کاربرد دارد ــ هر میلی‌بار برابر $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ بار، یا ۱۰۰ نیوتن بر مترمربع است.

رطوبت نسبی بالا از مقدار تعرق و تعریق پوستی می‌کاهد. چرا در این صورت شخص احساس گرمای بیشتری را می‌کند؟

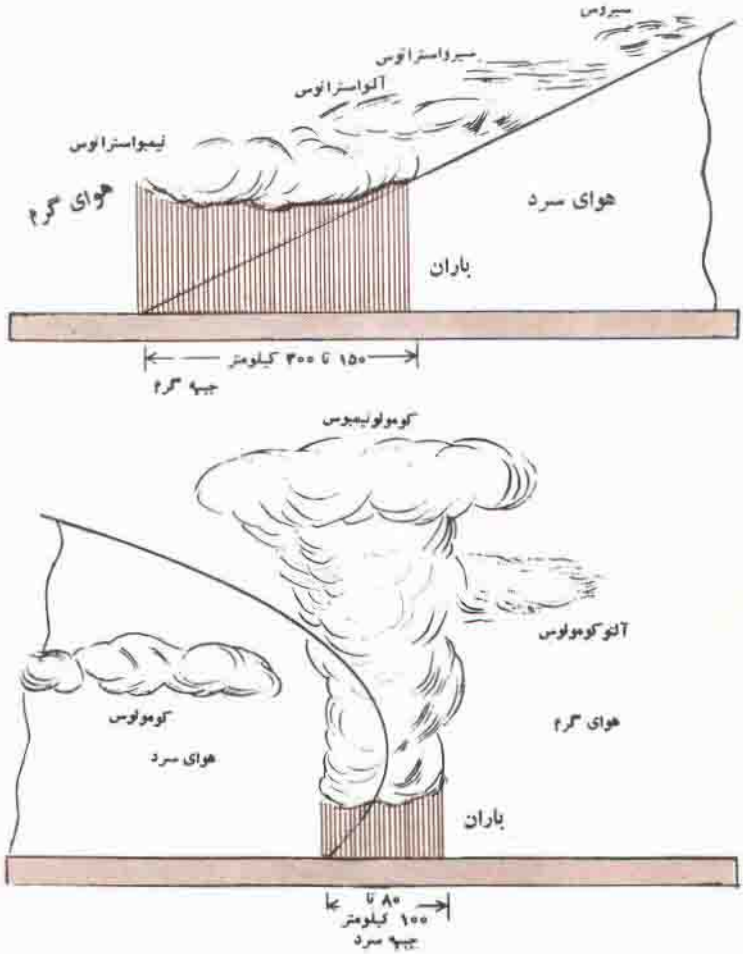
توده‌ها و جبهه‌های هوا

براساس مطالعاتی که در ادارات هواشناسی روی گزارشهای ایستگاههای هواشناسی صورت می‌گیرد، معمولا در مناطق وسیعی از یک قاره در اوقات معین وضع هوا از لحاظ مقدار حرارت ورطوبت تا حدود زیادی مشابه است. این تشابه نه‌تنها در سطح زمین، بلکه تا چند کیلومتری بالای آن هم وجود دارد. به‌این حجم وسیع هوا که چند صد و گاهی چند هزار کیلومتر قطر و چند کیلومتر ارتفاع دارد، یک توده هوا می‌گویند. به‌عبارت بهتر توده هوا، قسمت بزرگی از تروپوسفر است که در آن دما و رطوبت در قسمتهای مختلف مقاطع افقی آن یکنواخت است. توده‌های هوایی که اغلب در کشور ما ملاحظه می‌شوند سرد و مرطوب، سرد و خشک، گرم و مرطوب یا گرم و خشک‌اند که از قسمتهای مختلف اروپا یا آسیا به‌این منطقه می‌رسند و خصوصیات هر کدام هم تابع منشأ جغرافیائی آنهاست.



شکل ۲۰ ــ ۱ ــ برخی از توده‌های هوایی که به‌ایران می‌رسند.

توده‌های هوایی که به‌یک منطقه (مثلا ایران) می‌رسند، به‌کندی حرکت می‌کنند و معمولا چند روز آن منطقه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند، به‌طوری که براساس این حرکت کند اغلب اداره‌های هواشناسی می‌توانند وضع هوای ۲۴ ساعت آینده را پیش‌بینی کنند. اما در عین حال ممکن است چند توده هوایی مختلف از چند جهت در حرکت باشند که طبعاً امکان برخورد میان آنها هم وجود دارد. وقتی که چنین برخوردی میان دو توده هوایی صورت بگیرد، به‌محل برخورد آن دو توده، جبهه می‌گویند. توده‌های هوایی به‌آسانی در هم نمی‌آمیزند و مانند آب و روغنی که مجاور همدیگر شده باشند، هر کدام خواص خود را محفوظ نگه می‌دارند. در بیشتر موارد، یک توده هوایی می‌خواهد جای توده قبلی را بگیرد بنابراین نه تنها دو توده مزبور به‌حرکت در می‌آیند، بلکه محل جبهه نیز تغییر می‌کند. توده‌های هوای سرد اصولا سنگین‌اند و به‌زیر توده‌های گرم می‌خزند. بدین ترتیب توده‌های گرم به‌سمت بالا رانده می‌شوند. معمولا جبهه‌هایی که بدین صورت تشکیل می‌شوند، شیبی ملایم و برابر یک درصد دارند.



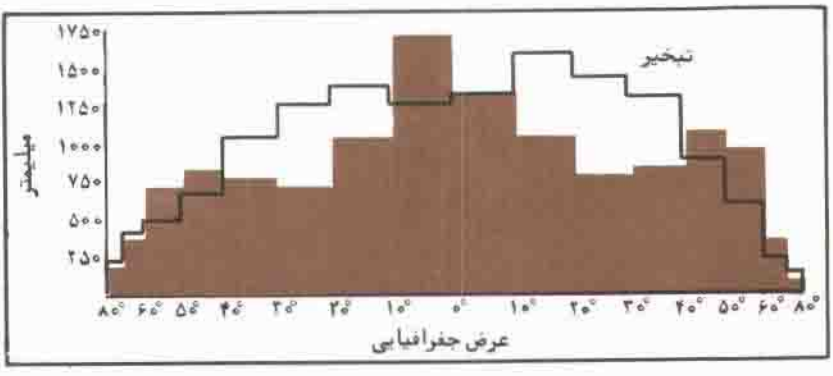
شکل ۲۱ ــ ۱ ــ از برخورد توده هوای سرد و گرم جبهه تشکیل می‌شود.

با عبور یک جبهه از یک محل، وضع هوا تغییر می‌کند و هرچه تفاوت دما و رطوبت میان دو توده‌ای که از برخوردشان جبهه تشکیل شده زیادتر باشد، تغییر هوا هم شدیدتر خواهد بود. ضمناً در مواقعی که رطوبت کافی باشد، در محل جبهه بارندگی صورت می‌گیرد زیرا در این محل هوای گرم به‌بالا صعود می‌کند و این صعود بارندگی را به‌دنبال خواهد داشت.

محل جبهه‌ها را عموماً با توجه به‌موارد زیر تعیین می‌کنند. ۱) دما در یک طرف جبهه به‌طور محسوس پائینتر از طرف دیگر آن است. ۲) جهت وزش باد و سرعت آن در دوسوی جبهه متفاوت است. ۳) فشار هوا در محل عبور جبهه تغییر ناگهانی می‌یابد و به‌سبب این پدیده، منحنی‌های هم‌فشار در محل جبهه شکستگی می‌یابند (بهترین و آسانترین راه تشخیص محل جبهه‌ها هم مشاهده همین منحنیهای هم‌فشار است).

آب و هوا

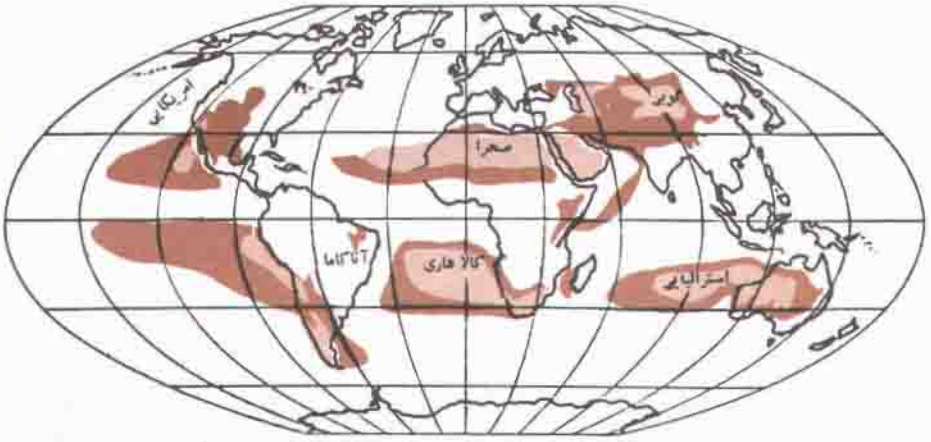
وضع آب و هوای هر منطقه را دو عامل اصلی دما و بارندگی در کنترل دارند. در عین حال مقدار رطوبتی که می‌تواند در هوا وجود داشته باشد خود به‌دمای آن بستگی دارد. تابش آفتاب عامل اصلی تبخیر شدن آبهاست. مثلا در دو قطب که شدت تابش آفتاب اندک است، مقدار تبخیر نیز به‌حدود صفر می‌رسد. نقشه ۲۲ ــ ۱ نیز توزیع بارندگی و تبخیر را در عرضهای مختلف جغرافیایی نشان می‌دهد. در روی این نقشه به‌مناطق کم‌باران فاصله عرضهای جغرافیایی ۲۵ و



شکل ۲۲ ــ ۱ ــ مقدار بارندگی و تبخیر سالانه در عرضهای جغرافیایی مختلف فرق می‌کند (الف)، مقدار بارندگی سالانه در نقاط مختلف روی زمین (ب).

۳۰ درجه شمال و جنوب توجه کنید. در این نواحی میزان تبخیر از مقدار بارندگی بیشتر است. بادهایی هم که از این مناطق به‌سوی استوا می‌وزند بسیار خشک‌اند و می‌توانند رطوبت زیادی را جذب کنند. به‌همین علت بیشتر بیابانهای دنیا در همین مناطق قرار دارند (شکل ۲۳ ــ ۱).

در عوض، در اطراف استوا مقدار بارندگی بیشتر از مقدار تبخیر است. یک منطقه پرباران هم در حدود عرضهای ۴۰ تا ۵۰ درجه وجود دارد که علت پیدایش آن برخورد بادهای مخالفی است که از جانب قطب و منطقه معتدله می‌وزند و در این قسمتها تشکیل جبهه‌هایی را می‌دهند. البته این ناحیه در همه طرف زمین امتداد ندارد، زیرا خشکی، دریا و وجود کوهها بر جهت وزش بادها و ریزش مقدار باران تأثیر می‌گذارد.



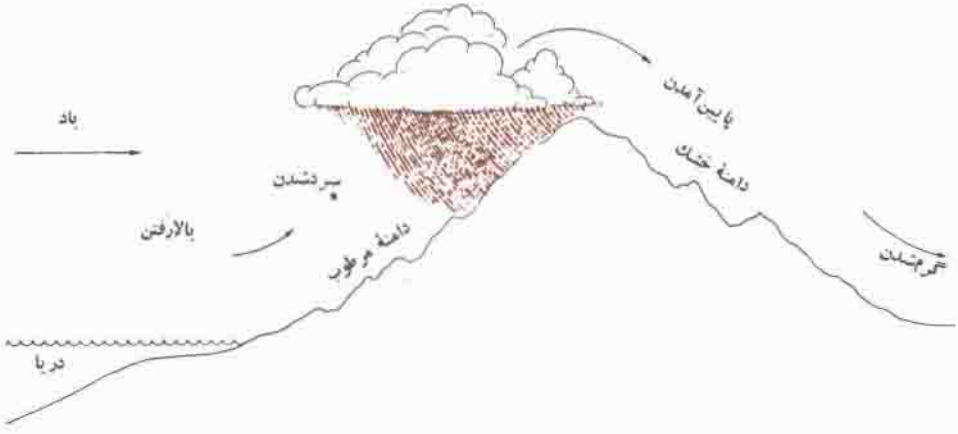
شکل ۲۳ ــ ۱ــ مناطق کم باران روی زمین و نام بیابانهای مهم آن

عوامل مؤثر برنوع آب و هوا ــ عواملی که خصوصیات آب و هوایی مناطق مختلف زمین را پدید می‌آورند به‌طور خلاصه عبارتند از: ۱) عرض جغرافیایی، که هرچه بیشتر باشد، دمای هوا پائینتر می‌آید و تغییرات سالانه آن بیشتر است. ۲) ارتفاع محل، که هرچه زیادتر باشد هوا سردتر است. ۳) دوری و نزدیکی به‌دریا، هرچه محلی از دریا دورتر باشد تغییرات دمای سالانه‌اش زیادتر خواهد بود. ۴) جهت وزش بادهای دایمی، که اثر زیادی بر تغییرات دما دارد. وقتی باد از جانب دریا و اقیانوس بوزد، تغییرات دمای زیادی را در روی خشکی باعث نمی‌شود، در حالی که وقتی باد از سوی پهنه وسیع خشکی در وزش باشد، تغییرات دمای حاصله زیاد خواهد بود. ۵) پستی و بلندیهای محل هم بر نوع آب و هوا مؤثرند، زیرا وجود کوههای بلند باعث صعود هوا در دامنه روبه‌باد می‌شود و بارندگی ایجاد می‌کند. رشته‌کوههای البرز در مقابل جریانهای خزری چنین پدیده‌ای را به‌وجود می‌آورند و متقابلاً طرف دیگر کوه (پشت به‌باد) از دریافت بارندگی محروم می‌ماند.

کوههای هیمالیا در شمال هندوستان، کوههای آند در حاشیه غربی امریکای جنوبی و

کوههای راکی در حاشیه غربی امریکای شمالی نیز چنین حالتی را در دو طرف خود به‌وجود می‌آورند.

تغییرات آب و هوا ــ وقوع فرایندهای طبیعی سبب می‌شود که گازهای تشکیل دهنده اتمسفر مقادیر ثابتی را دارا باشند. چنانکه، صاعقه باعث خارج شدن نیتروژن از هوا می‌شود و در عوض از تجزیه مواد آلی، این گاز دوباره به‌هوا باز می‌گردد. از آتشفشان مقداری نیتروژن، دی‌اکسید کربن و بخار آب به‌هوا وارد می‌شود. در طی فرآیند فتوسنتز گیاهان دی‌اکسید کربن هوا را

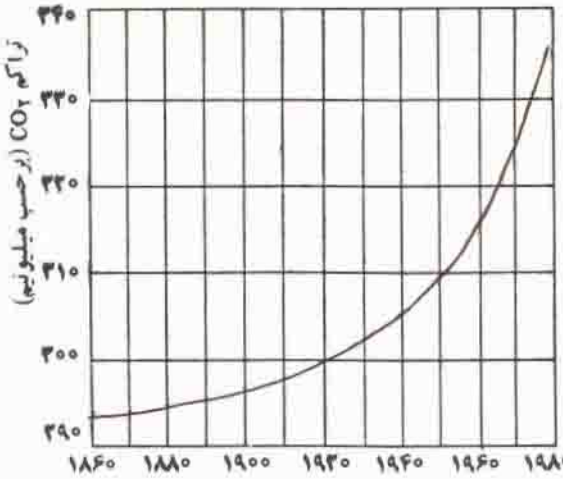


شکل ۲۴ ــ ۱ ــ مقدار بارندگی در دو دامنه بعضی از کوهها (البرز) متفاوت است.

می‌گیرند و اکسیژن را جانشین آن می‌سازند. در عوض، جانوران از هوا اکسیژن می‌گیرند و دی‌اکسید کربن پس می‌دهند. با تغییرات فصول هم در مقدار دی‌اکسیدکربن اتمسفر تغییراتی جزئی پدید می‌آید.

قبل از آنکه حیات برروی زمین ظاهر شود، ترکیب احتمالی اتمسفر شامل CH_4،NH_3بخار آب و مقدار کمی H,O,N و CO_2بوده است. نخستین جانداران هم در چنین محیطی پدید آمده‌اند. اما بعداً با پیدایش تولید کنندگان برمقدار اکسیژن اتمسفر افزوده شد و با تشکیل لایهٔ ازون، زمین از اثر کشندهٔ اشعهٔ ماورای بنفش خورشید در امان ماند و در نتیجه، گسترش جانداران زیادتر گردید.

دی‌اکسیدکربن یکی از گازهایی است که سطح زمین را گرم نگه می‌دارد. با تجزیه مواد آلی دی‌اکسیدکربن وارد اتمسفر می‌شود. در عین حال دلایل خوبی در دست است که نشان می‌دهند از سال ۱۸۸۰ به‌بعد در نتیجهٔ سوختن مواد (زغال‌سنگ و نفت) در روی زمین، برمقدار



شکل ۲۵ ــ ۱ ــ مقدار CO_2 هوا از سال ۱۸۸۰ به‌بعد همچنان رو به‌افزایش است (چرا؟)

دی‌اکسید کربن هوا افزوده شده است (شکل ۲۵ ــ ۱) و به‌علت اثر گلخانه‌ای، این افزایش، بالا رفتن دمای زمین را باعث خواهد شد. در این زمینه پیشگوئیهایی صورت گرفته، اما اطمینان کافی و اتفاق‌نظر دربارهٔ نتایج حاصله وجود ندارد.

آلودگی هوا

میلیونها سال طول کشیده است تا اتمسفر زمین ترکیب فعلی خود را به‌دست آورده است، ولی این ترکیب هم همانند بسیاری از چیزهای دیگر زمین به‌وسیلهٔ آدمی دستخوش تغییر گردیده و با موادی که به آلوده کنندهٔ هوامعروفند مخلوط شده است. اگر آلودگی هوا زیاد طول بکشد یا آن که مقدار مواد آلوده‌کننده در هوا زیاد باشد، سلامت ما در خطر می‌افتد یا آن که حیوانات و گیاهان بسیاری ممکن است نابود شوند. منابع مهم آلوده کنندهٔ هوا از این قرارند:

۱ ــ صنایع ــ بعلت صرفه اقتصادی در اغلب نقاط دنیا سوخت صنایع بوسیله زغال‌سنگ و یا نفت تأمین می‌گردد که نامناسبترین سوختها ازلحاظ آلودگی هواهستند. این سوختها دارای مقادیر قابل توجهی گوگردند که در نتیجهٔ سوختن تبدیل به‌اکسید گوگرد می‌شوند و سمی‌ترین مواد آلوده کننده محیط را پدید می‌آورند. وجود این گاز در محیط باعث بروز بیماری‌های گوناگون ریوی، بینی و گلو و سوزش چشم می‌شود. این گاز در اثر ترکیب با آب باران به‌اسیدسولفوریک تبدیل می‌شود که برای موجودات زنده مضر است و به‌علت خاصیت خورندگی که دارد برروی فلزات و ساختمانها نیز اثر گذاشته، باعث پوسیدگی و خرابی آنها می‌شود.

کوره‌های آجرپزی، کارخانه سیمان، صنایع شیمیائی، نساجی، پالایشگاههای نفت، نیروگاههای برق و راکتورهای اتمی بسیاری دیگر از کارخانجات و صنایع، بر اثر بیرون فرستادن

ذرات آلوده‌کننده و متصاعد کردن گازهای مضر، سهم بزرگی در آلودگی هوا دارند.

۲ ــ وسایط نقلیه ــ وسایط نقلیه‌ای که با بنزین و گازوئیل کار می‌کنند سهم بزرگی در آلوده ساختن هوا دارند. مونواکسید کربن که گازی سمی است و برای تنفس بسیار خطرناک است، در اثر احتراق ناقص سوخت از وسایط نقلیه ناشی می‌گردد.

ترکیبات محتوی سرب که تقریباً فقط از مصرف بنزین توسط موتور وسایط نقلیه تولید می‌شود یکی دیگر از آلوده کننده‌های مهم هواست که در صورت تراکم بیش از حد برای سلامت انسان زیانبخش است. گازوئیل که در وسایط نقلیه سنگین مصرف می‌شود، دارای مقدار زیادی گوگرد است. این ماده در اثر سوختن تبدیل به‌اکسید گوگرد می‌شود که یکی از سمی‌ترین مواد آلوده کننده محیط زیست است. هواپیماها نیز به‌علت مصرف زیاد سوخت سهم بسیار زیادی در آلوده کردن هوا دارند.

میزان آلودگی وسایط نقلیه موتوری تنها به‌دلیل مصرف زیاد سوخت‌های آنها نیست، بلکه ناشی از نقص فنی خود آنها هم می‌تواند باشد که باعث احتراق ناکامل سوخت می‌گردد.

۳ ــ مصارف خانگی و تجاری ــ وسایل تولید حرارت مانند بخاری، آبگرمکن، شوفاژ (دستگاه حرارت مرکزی) که از نفت، گازوئیل، چوب و زغال‌سنگ استفاده می‌کنند، غالباً احتراق ناقص دارند و سهم بزرگی را در آلوده‌سازی محیط بخصوص در فصل سرما که احتیاجات در حداکثر است دارند.

۴ ــ زباله ــ سوزاندن زباله‌ها و برگهای خشک اگر به‌روش صحیح انجام نگیرد علاوه بر تولید بوی نامطبوع باعث پخش مواد آلوده‌کننده در محیط می‌گردد.

علاوه بر چهار منبع فوق عوامل دیگری باعث آلودگی هوا می‌شوند که اهمیت زیادی دارند. مواد رادیو اکتیو ناشی از آزمایشات اتمی و نیروگاههای اتمی، سمومی که در طبیعت وجود ندارند (مانند سموم دفع آفات) با وجود اینکه در بعضی از موارد مفید هستند ولی مصرف بی‌رویهٔ آنها برای موجودات زنده خطرناک است.

معمولا جریان باد گازهای مضر را در هوا پخش می‌کند و اثر زیان‌آور آنها را تا حدودی کم می‌کند ولی در شهرهائیکه از یک یا چند طرف بوسیله کوهها محاصره شده باشند (مانند تهران)، امکان پخش مواد آلوده کننده کمتر می‌شود و طبعاً چنین شهرهایی بیشتر از سایر شهرها در معرض خطر آلودگی هوا قرار دارند.

خلاصه

۱ ــ به‌هوایی که کرهٔ زمین را احاطه کرده، اتمسفر می‌گویند. اتمسفر دارای حدود دقیقی نیست.

۲ ــ اتمسفر دارای دو لایهٔ هوموسفر و هتروسفر است. در هوموسفر بیشتر از همه N و O وجود دارد، و در هتروسفر گازهای He, O, N و H یافت می‌شوند.

۳ ــ برای اتمسفر از نظر دمایی چهار لایه تروپوسفر، استراتوسفر و مزوسفر و ترموسفر در نظر گرفته می‌شود.

۴ ــ یونوسفر لایه‌ای از هوا است که گازها در آن یونیزه هستند و چهار لایه منعکس کننده امواج رادیویی در آن تشخیص داده شده است.

۵ ــ گرم شدن زمین یا باجذب مستقیم اشعه خورشید، یا توسط اثر گلخانه‌ای است، اما متعادل سازنده اصلی هوا، جریانهای هوا و آب‌اند.

۶ ــ به‌علت وجود تفاوت در مقدار فشار میان دو نقطه مجاور، هوا بین آنها به‌جریان درمیآید و جریان هوا به‌علت چرخش زمین در مسیرهای معینی صورت می‌گیرد.

۷ ــ در هوا همیشه مقداری بخار آب وجود دارد و همین بخار آب می‌تواند باعث بارندگی شود.

۸ ــ به‌قسمتهای بزرگی از تروپوسفر که دما و رطوبت همه‌جای آن یکنواخت باشد، تودهٔ هوا می‌گویند.

۹ ــ از برخورد توده‌های هوا، جبهه پدید می‌آید، در اکثر مواقع در محل جبهه بارندگی صورت می‌گیرد. جبهه‌ها اقسام مختلفی از قبیل سرد، گرم و محبوس دارند.

۱۰ ــ دو عامل بارندگی و دما باعث شده‌اند که آب و هوای نقاط مختلف زمین مشابه نباشد، و البته نوع آب و هوا به‌عرض جغرافیایی، ارتفاع محل، دوری و نزدیکی به‌دریا، وجود کوهها و نوع بادها هم بستگی دارد.

۱۱ ــ انسان با فعالیتهای مختلف خود سبب آلودگی هوا می‌شود و منابع آلوده‌ساز هوا، به‌ویژه مواد سوختنی، وسایط نقلیه و گاهی اشعه مواد رادیواکتیواند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ بخار آب و گاز دی‌اکسیدکربن چگونه سبب متعادل ماندن دمای هوا می‌شوند؟

۲ ــ اگر یک ظرف آب را در لبه‌ها حرارت دهیم و در مرکز سرد کنیم، حرکت آب داخل آن چگونه خواهد بود؟

۳ ــ در کدام نقاط زمین حداکثر تفاوت دما را طی فصول مختلف می‌بینیم؟چرا؟

۴ ــ چرا اگر به‌قسمتی از دریا و خشکی به‌مقدار مساوی انرژی گرمایی خورشید برسد، خشکی زودتر از دریا گرم می‌شود؟

۵ ــ تفاوتهای تروپوسفر و استراتوسفر در چیست؟

۶ ــ اگر همیشه یک طرف زمین به‌سوی خورشید بود، فکر می‌کنید وضع بادها و بارندگی در نقاط مختلف آن چگونه بود؟

۷ ــ در زمستان با آن که خورشید به‌زمین نزدیکتر است تا در تابستان، ولی هوا سردتر است. چرا؟

۸ ــ باد چگونه تشکیل می‌شود؟

۹ ــ مقدار بخار آب موجود در اتمسفر زیاد نیست. اگر اتمسفر به‌طور کامل بخار آب خود را از دست بدهد، چه تغییراتی در روی زمین ظاهر خواهد شد؟

۱۰ ــ توده‌های هوا را بیشتر در روی مناطق معتدله مورد مطالعه قرار می‌دهند تا مناطق سردسیر یا استوایی به‌نظر شما علت چیست؟

۱۱ ــ وجود گرد و غبار در استراتوسفر به‌خنک شدن سطح زمین کمک می‌کند، در حالی که وقتی این غبارها نزدیک به‌سطح زمین باشند، تأثیری معکوس خواهند داشت. دلیل این اثر متضاد چیست؟

۱۲ ــ با آن که در قطبین زمین بارندگی خیلی کم است، شرایط بیابانی در آن نقاط پدید نمی‌آید، علت چیست؟

۱۳ ــ چرا هوای اتاقی که به‌گرمی می‌رود، خشک‌تر می‌شود؟

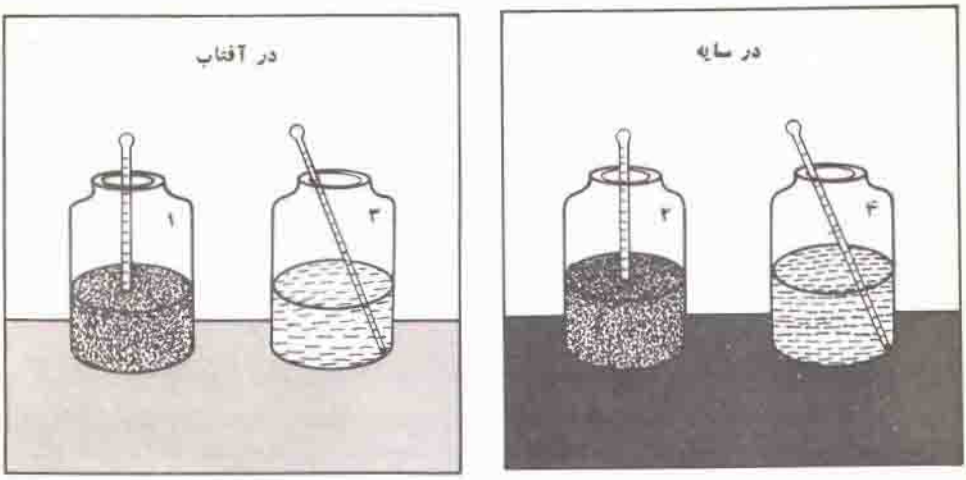
فعالیت خارج از کلاس

برای یافتن پاسخ این پرسش که آیا آب و خشکی به‌طور مساوی گرم می‌شوند آزمایش زیر را انجام دهید: مطابق شکل ۱ ــ ب چهار ظرف شیشه‌ای کاملا مساوی انتخاب کنید. دوتای آنها را تا نیمه از خاکی که از یک محل سایه انتخاب کرده‌اید پر کنید (شیشهٔ ۱ و ۲). دمای وسط خاک را به‌کمک دماسنج اندازه بگیرید و یادداشت کنید. آن‌گاه دو شیشهٔ دیگر را هم تا نیمه از آب پر کنید (شیشهٔ ۳ و ۴). به‌همان ترتیب قبلی، دمای آبهای درون این شیشه‌ها را هم اندازه بگیرید و یادداشت کنید. شیشه‌های ۱ و ۳ را در آفتاب و شیشه‌های ۲ و ۴ را در سایه بگذارید.

دمای هوا را در ۱۵ سانتیمتری بالای هر شیشه اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

به‌مدت ۹۰ دقیقه، هر ۱۵ دقیقه یک‌بار، دمای خاک، آب و هوا را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

پس از ۹۰ دقیقه، جای شیشه‌ها را از آفتاب به‌سایه و به‌عکس، تغییر دهید و دوباره آزمایش را تکرار کنید.



شکل ۱ ــ ب

۱ ــ از نتایجی که به‌دست آورده‌اید، بگویید در چه مدتی دمای خاکی که در معرض تابش آفتاب قرار داشت یک درجه بالاتر رفت؟

۲ ــ آیا دمای هوای بالای ظرفهای آب و خاک با دمای داخل ظرفها برابر بود؟

۳ ــ دمای آبی که در آفتاب بود با دمای آبی که در سایه قرار داشت چه تفاوتی دارد؟

۴ ــ دمای خاکها چه تفاوتی با هم دارد؟

۵ ــ آیا دمای آب و خاکی که هر دو در سایه (یا هر دو در آفتاب) قرار دارند با هم مساوی است؟

۶ ــ هوای بالای کدام ظرف زودتر از همه گرم شد؟ کدام یک زودتر از همه سرد شد؟

۷ ــ دلایل خود را در مورد تغییرات فوق ارائه دهید.

۸ ــ توجه داشته باشید که شما دمای مقدار کمی از خاک یا آب را می‌سنجید. آیا این نتایج درباره حجمهای وسیعی از آب و خاک در روی زمین هم مصداق دارد؟

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ مجلات «نیوار»، از انتشارات سازمان هواشناسی کل کشور
۲ ــ ابر، باران و برف، پارکر، برتاموریس، ترجمهٔ مجید روشنگر ۱۳۴۲
۳ ــ آب و هوا، تانهیل، ایوان، ترجمهٔ کاظم عمادی ۱۳۵۱
۴ ــ شگفتیهای آب و هوا، باتسل، جورج، ترجمهٔ پروین ابوالضیا ۱۳۴۹
۵ ــ هواشناسی، محمد منجمی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم

۲

هیدروسفر

آب فعالترین مواد موجود در روی زمین به‌حساب می‌آید که بصورت مایع قسمت اعظم سطح زمین را می‌پوشاند. مقداری از آن به‌صورت یخ در قطبین و نقاط مرتفع زمین متمرکز است و مقداری هم به‌صورت بخار جذب اتمسفر است. براثر تغییر دما، همیشه بین سه حالت فوق مبادله صورت می‌گیرد. به‌طور کلی به‌مجموعه آبهای موجود در کرهٔ زمین هیدروسفر (کره = Sphere آب = Hydros) گویند.

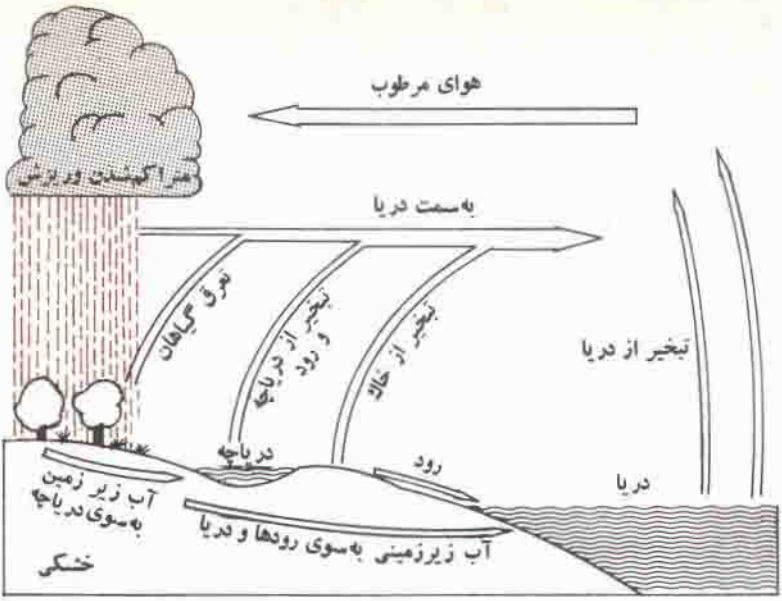
آب به‌طور مداوم در اتمسفر و روی خشکیها در حرکت است. یعنی، انرژی تابشی خورشید سبب تبخیر آب دریا می‌شود، باد بخار آب را به‌مسافات دور دست می‌برد و این بخار آب بالاخره به‌صورت باران دوباره به‌سطح زمین باز می‌گردد. آب حاصل از بارندگی هم به‌صورتهای مختلف در روی زمین جاری می‌شود و باز به‌دریا می‌رود. پس آب دائماً در چرخه‌ای دور می‌زند، در جایی انرژی را جذب می‌کند و در جای دیگر آن را آزاد می‌سازد و موادی را در سطح زمین به‌حرکت درمی‌آورد.

اقیانوسها را باید منبع عظیم آب در سطح زمین دانست، زیرا ۹۸ درصد از کل آب موجود در کرهٔ زمین در آنها ذخیره شده است.

وجود این آب در روی زمین نتایج زیر را در بر دارد:

۱) آب، وضع هوای زمین را در کنترل دارد. اگر آب وجود نداشت، تغییرات دمای شب و روز، یا فصول مختلف بسیار زیادتر می‌شد و در عین حال تفاوت دمای نقاط قطبی و استوایی هم بیشتر بود.

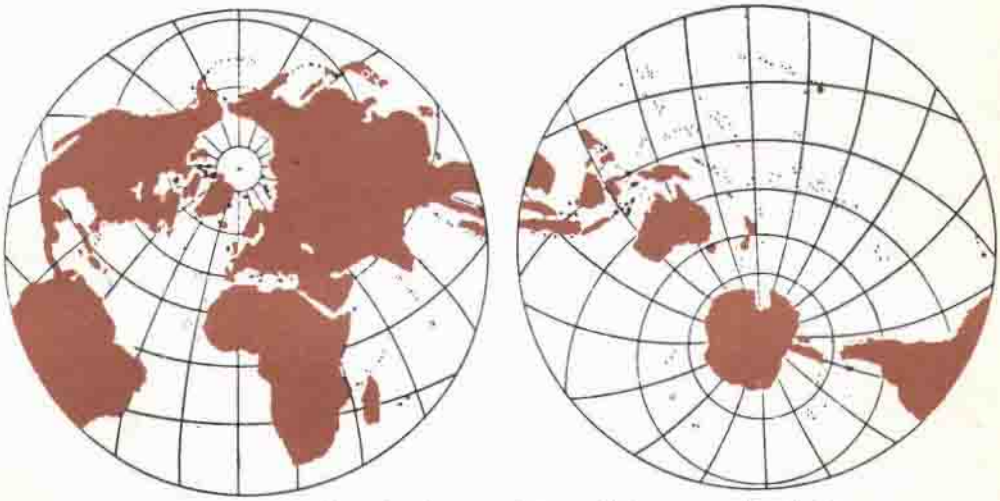
۲) آب عامل فرسایشی مهمی است و می‌تواند مواد مختلفی را تخریب یا حمل کند، یا آن که



شکل ۱ ــ ۲ ــ چرخهٔ آب در طبیعت.

در یک محل رسوب دهد. بدون وجود آب شاید سطح زمین به‌سطح کره ماه شباهت می‌یافت.

۳) وجود آب برای حیات ضروری است و هر کجا آب فراوانتری داشته باشد، جمعیت بیشتری از جانداران را هم داراست. گذشته از آن، بیشتر گونه‌های جانداران روی زمین ساکن آبند. ضمناً از لحاظ حمل و نقل، بدست‌آوردن غذا و بعضی از مواد خام هم وجود آب دریا و رودخانه و دریاچه برای انسان اهمیت حیاتی دارد.



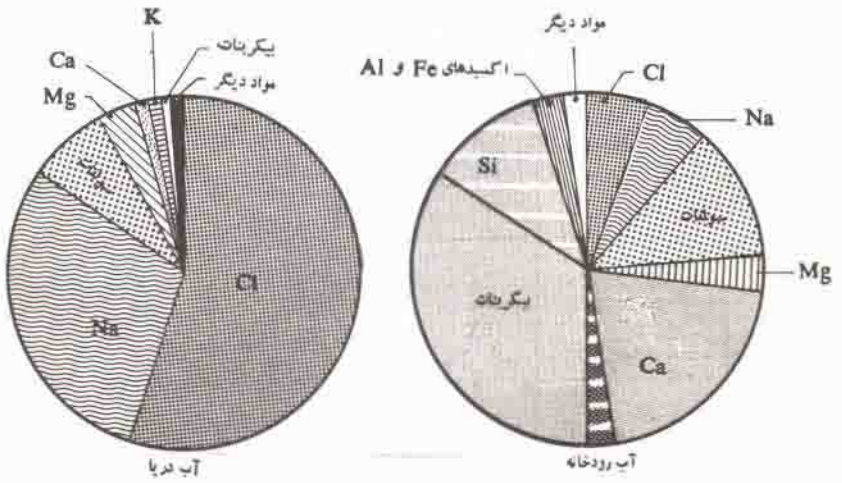
شکل ۲ ــ ۲ ــ نسبت میان آب و خشکی در نیمکره‌های شمالی و جنوبی زمین.

دریاها و اقیانوسها

دریاها و اقیانوسها بخش فرورفته سطح زمین‌اند که بوسیله آب پر شده‌اند و نزدیک به $\frac{3}{4}$ سطح زمین را اشغال می‌کنند. اقیانوس‌ها به‌پهنه‌های وسیع آب گفته می‌شود که در عین حال عمیق هم هستند، ولی دریاها با وسعت و عمق کمتر به‌وسیله خشکیها محصورند. اقیانوسها را باید منبع عظیم آب در سطح زمین دانست و ۹۷/۲ درصد از کل آب موجود در کره‌زمین را شامل می‌شوند. پراکندگی خشکیها در سطح کره زمین یکنواخت نیست و قسمت عمده آن در یک بخش از زمین مستقر است که اصطلاحاً می‌توانیم آنرا نیمکره خشکی بنامیم. در این نیمکره مساحت خشکیها و دریاها تقریباً مساوی است. نیمکره مقابل که در آن خشکی کمتری پراکنده است نیمکره آبی نامیده می‌شود.

املاح آب دریا

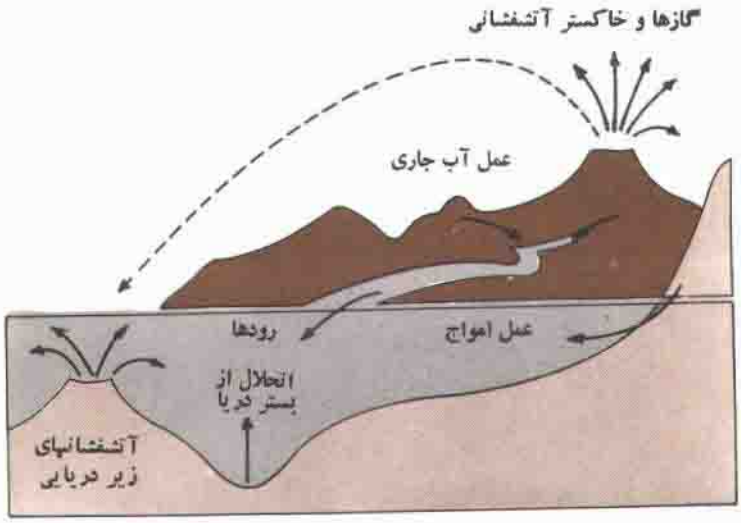
آدمی از هزاران سال قبل می‌دانست که اگر آب دریا را تبخیر کند یا بجوشاند، مقداری از نمکهای مختلف از آن به‌دست می‌آید. مردمی هم که در نزدیکی دریا زندگی می‌کردند، از همین راه نمک خوراکی خود را تأمین می‌نمودند. اگر یک کیلوگرم از آب دریا را تبخیر کنیم، در حدود ۳۵ گرم نمکهای مختلف از آن به‌دست می‌آید. پس می‌گوییم **درجهٔ شوری** آب دریا ۳۵ در هزار است. اگر تمامی نمکهای موجود در دریاها را در روی قاره‌ها بگسترانند، لایه‌ای به‌قطر ۲۰۰ متر تشکیل می‌شود.



شکل ۳ ــ ۲ ــ مقایسهٔ میان ترکیب یونی آب دریا و آب یک رود معمولی.

ولی این نمکها از چه زمانی در دریا بوده‌اند؟ ما به‌درستی نمی‌دانیم قدمت اقیانوسها چقدر است و چگونه تشکیل شده‌اند. بنابر این راجع به‌نحوهٔ ورود نمکها به‌آب آنها هم اطلاعی دقیق نداریم.

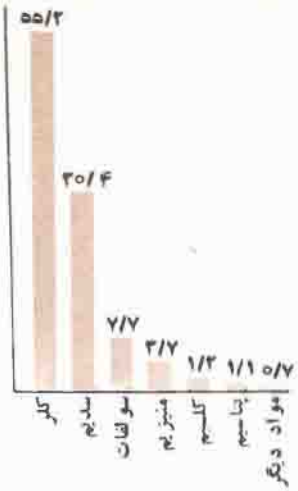
در حال حاضر رودخانه‌ها و آبهای زیرزمینی همه‌ساله مقادیر معتنابهی از املاح مختلف بصورت محلول وارد آب دریا می‌کنند و بر غلظت آن می‌افزایند. نمکهای موجود در آب رودخانه‌ها و آبهای زیرزمینی از انحلال مواد قابل حل سنگهای مسیر جریان حاصل می‌شود. آتشفشانهای فعال خشکیها و زیردریاها منبع دیگری برای افزایش املاح محلول دریاها هستند. انحلال مواد قابل حل موجود در بستر و ساحل دریا نیز از عوامل مؤثر در شوری دریا محسوب می‌شود. تقریباً کلیه مواد تشکیل‌دهنده خشکیها به‌طور نسبی در آب قابل حل‌اند، ولی قدرت حل‌شوندگی آنها بسیار متفاوت است و از مواد تقریباً غیرقابل حل تا خیلی محلول مانند نمک‌طعام فرق می‌کند. مواد حل شده بصورت یون در آب پراکنده‌اند و تا زمانیکه در اثر تغییر شرایط شیمیایی و فیزیکی محیط ته‌نشین نشده‌اند محلول باقی می‌مانند.



شکل ۴ ــ ۲ ــ راههایی که تصور می‌رود از طریق آنها بر مقدار املاح آب دریا اضافه می‌شود.

آزمایشهای شیمیایی دقیق وجود تقریباً ۶۰ عنصر مختلف را در آب دریا ثابت کرده است. ولی تنها یونهای ۶ عنصر بیش از ۹۹ درصد نمکهای دریا را تشکیل می‌دهند.

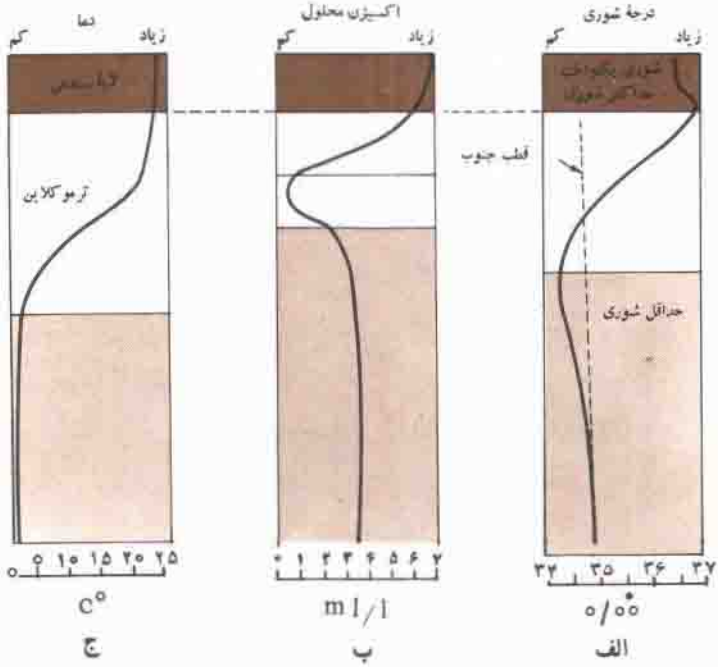
یونهای کلرید سدیم از آن جهت در آب فراوانند که بسیار محلولند و به‌مقادیر زیاد از خشکی به‌دریا حمل می‌شوند. به‌علت همین محلول بودن زیاد هم هست که هنوز این دو یون در آب دریا به‌درجه اشباع نرسیده‌اند.



شکل ۵ ــ ۲ ــ شش نوع یون بیش از ۹۹ درصد نمکهای آب دریا را تشکیل می‌دهند.

آب دریاها هم مانند آبهای روی خشکیها از لحاظ مقدار املاح تفاوت دارند و عواملی از قبیل تبخیر از یک‌سو، و وارد شدن آب شیرین رودها و ذوب یخها از سوی دیگر میزان شوری آن را کم و زیاد می‌کنند. ولی البته وجود جریانهای دریایی سبب می‌شود که تفاوت درجهٔ شوری دریاها زیاد نباشد (برخلاف دریاچه‌ها که درجهٔ شوری آب آنها بسیار متفاوت است).

اقیانوس‌شناسان هنوز شوری آب دریا را به‌دفعات زیاد اندازه‌گیری نکرده‌اند تا بفهمند که آیا این شوری در طول زمان تغییر می‌کند یا نه. آب دریا می‌تواند به‌جز کلسیم، یونهای دیگری را که



شکل ۶ ــ ۲ ــ تغییرات شوری (الف)، اکسیژن (ب) و دما (ج) در آب دریاها در مناطق استوایی و معتدله

در خود دارد، باز هم به‌مقدار بیشتری دریافت کند. بنابر این در آب دریا میزان کلسیم در بالاترین حد خود است و این عنصر به‌آسانی از آب جدا می‌شود، به‌طوری که مثلاً هر کجا که آب گرم می‌شود، کلسیم به‌صورت کربنات رسوب می‌کند.

از آنجا که در آب دریا تقریباً همهٔ عناصر وجود دارند، آدمی از قدیم‌الایام به‌فکر به‌دست آوردن مواد پرارزش از آب بوده است. نمک طعام را قرنهاست که از آب دریا و در حوضچه‌های کم‌عمق با انجام عمل تبخیر، می‌گیرند. ولی امروزه مواد دیگری از جمله منیزیم و برم را هم از آب دریا به‌دست می‌آورند. منیزیم که فلزی سبک وزن است در هواپیماسازی و برم در تهیهٔ محصولات عکاسی مورد استعمال دارد.

زمانی که آب دریا تبخیر شود، مواد جامد آن باقی می‌مانند. اما با کمک پاره‌ای امواج شدید، قطرکهای ریزی از آب دریا وارد اتمسفر می‌شوند که با خود نمکهایی را هم به‌همراه دارند. این نمکها در هوا می‌مانند و باد آنها را از جایی به‌جای دیگر می‌برد. حتی این نمکها که در هوا به‌صورت بلورهای بسیار کوچک درمی‌آیند می‌توانند هستهٔ قطرات باران را هم تشکیل دهند.

گازها

گازها هم مانند مواد جامد در آب دریا یافت می‌شوند و در این میان اکسیژن و دی‌اکسیدکربن مهمتر از بقیه‌اند. وجود این گازها برای جانداران ساکن آب اهمیت بسیار دارد. تمام جانوران باید اکسیژن آزاد به‌دست آورند تا تنفس کنند. وقتی که ماهیها و سایر جانوران آبزی اکسیژن آزاد محلول در آب را مورد استفاده قرار می‌دهند، اکسیژن اتمسفری جانشین آن می‌گردد. در پاره‌ای از موارد هم به‌علت عمل فتوسنتزی که به‌وسیلهٔ گیاهان سبز و فراوان موجود در سطح آب صورت می‌گیرد، مقداری اکسیژن از آب وارد هوا می‌گردد. در ضمن جریانهای دریایی، اکسیژن را از سطح به‌عمق آب می‌برند. فقط مقدار کمی از دی‌اکسیدکربن آب اقیانوس به‌صورت مولکول CO_2 باقی می‌ماند. مقدار زیادی از این گاز با آب واکنش کرده، به‌صورت یونهای کربنات ($CO_3^{=}$) و بیکربنات (HCO_3^{-}) درمی‌آید. از آنجا که توانایی آب در نگهداری چنین یونهایی زیاد است، اقیانوسها نسبت به‌اتمسفر مقدار بیشتری دی‌اکسیدکربن دارند. همچنین، آب سرد توانایی زیادتری در نگهداری دی‌اکسیدکربن و یونهای آن را دارد تا آب گرم. در ضمن، تخمین زده می‌شود که مقدار تبادلات این گاز بین دریا و اتمسفر بیشتر از مقدار تبادلاتی است که میان اتمسفر و جانداران صورت می‌گیرد.

دمای آب دریا

در دریاهای باز، دمای سطحی آب از حدود ۳ - درجهٔ سانتیگراد در نواحی قطبی شروع

می‌شود و تا ۳۲ + درجهٔ سانتیگراد در مناطق استوایی می‌رسد.

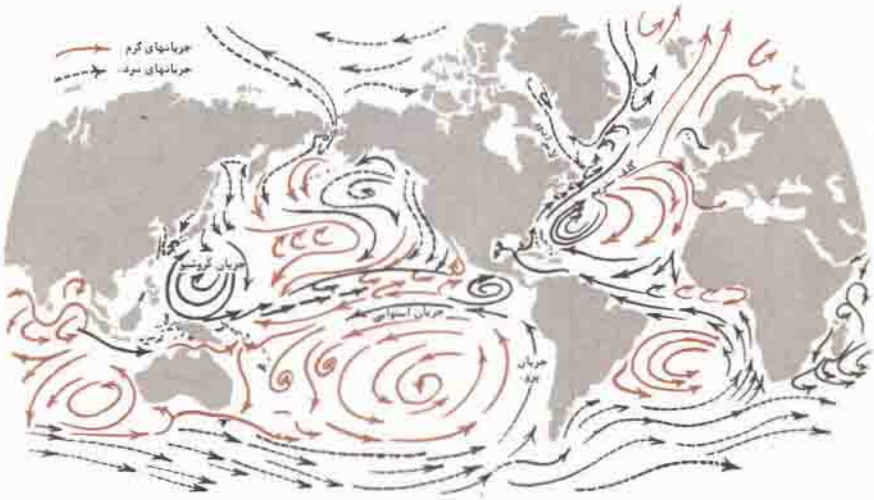
عامل اصلی گرم‌کنندهٔ آب دریا اشعه خورشید است که تا عمقی متجاوز از صد متر در آب دریا نفوذ می‌کند و بیشتر گرمای آن در نزدیکی سطح آب جذب می‌گردد. در ضمن، جریانهای دریایی با جابه‌جا کردن آبهای سرد و گرم دما را در نواحی مختلف اعماق متفاوت تا حدی متعادل می‌سازند.

برخلاف لایه‌های سطحی آب که دمایی تغییرپذیر دارد و حتی این دما در فصول مختلف تغییر می‌کند، عمق آب (پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر) دارای دمای ثابتی معادل ۴ درجهٔ سانتیگراد است و اما در فاصله میان لایهٔ سطحی آب و قسمتهای عمیق، منطقه‌ای هم وجود دارد که ترموکلاین (Thermocline) نام دارد. دمای آب در این منطقه به‌سرعت افت می‌کند. به‌طوری که مثلاً حتی در آبهای گرم استوایی هم دما یکباره از ۳۲ + به ۴ + درجه می‌رسد.

جریانهای دریایی

آب دریا هم مانند اتمسفر ساکن نیست و حرکاتی دارد. بعضی از حرکات آب دریا مانند امواج و جزر و مد مشخص‌اند، چون سطح آب را بالا و پائین می‌برند یا به‌تلاطم درمی‌آورند. اما حرکات دیگری هم در آب دریا صورت می‌گیرد که مقیاس‌های وسیعتری دارند و مقدار زیادی آب را جابه‌جا می‌کنند. به‌این حرکات، جریانهای دریایی می‌گویند.

جریانهای دریایی را می‌توان به‌نهرهای عظیمی تشبیه کرد که در داخل آبهای ساکن اقیانوس به‌حرکت درمی‌آیند. گلف‌استریم در اقیانوس اطلس، کروشیو در کنار ژاپن و لابرادور در

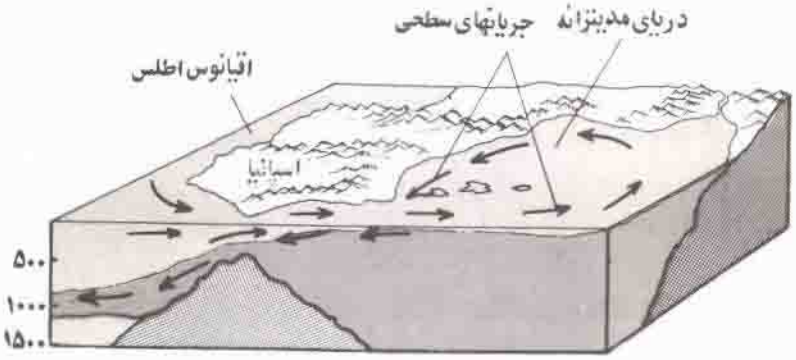


شکل ۷ ــ ۲ ــ جریانهای سطحی مهم دنیا.

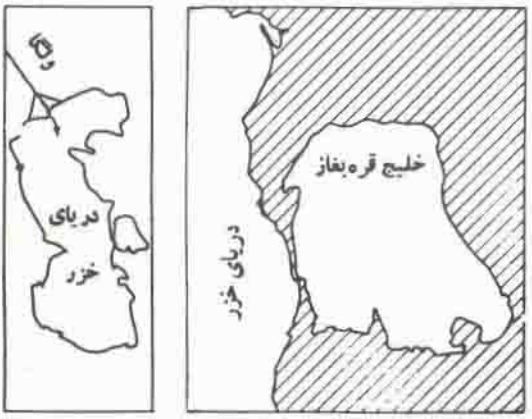
ساحل شرقی کانادا از جریانهای دریایی معروفند. تصور می‌رود عامل اصلی بوجود آورنده جریانهای دریایی باد باشد. جریانهای فوق همگی در جهت افقی به‌حرکت درمی‌آیند و مانند باد عامل مهمی در متعادل ساختن دمای هوا هستند. در عین حال شوری آب دریا نیز به‌این ترتیب متعادل می‌شود.

اما جریانهای دیگری هم در دریا وجود دارند که به‌علت اختلاف درجه شوری و وزن حجمی آب دریا پدید می‌آیند. این جریانها رو به‌پایین صورت می‌گیرند، زیرا آب غلیظتر آنها سنگین‌تر از آب اطراف است و به‌اصطلاح می‌خواهد ته‌نشین بشود. این جریان تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که آب سنگین‌تر کاملاً در زیر آب سبکتر قرار گیرد، یا آن که به‌سطحی برسد که دیگر از آبهای زیر و اطراف سنگینتر نباشد.

ولی چگونه آب قسمتی از دریا ممکن است سنگین‌تر و غلیظتر از آبهای اطراف خود بشود؟ یک علت، تبخیر سریع است که در نواحی گرم و آب و هوای خشک صورت می‌گیرد. در این صورت آب پرنمک‌تری حاصل می‌آید.



شکل ۸ ــ ۲ ــ الف ــ از آنجا که آب دریای مدیترانه نسبت به‌آب اقیانوس اطلس شورتر و سنگینتر است، نوعی جریان در محل تنگه جبل‌الطارق میان ایندو محیط برقرار می‌شود. این جریان نسبت به‌جریانهای سطحی سریعتر است، ولی البته از لحاظ حجم با آنها برابری نمی‌کند.



ب ــ نظیر همین پدیده در میان دریای خزر و خلیج قره‌بغاز هم رخ می‌دهد.

معروفترین جریانی که به‌این صورت پدید می‌آید، در دریای مدیترانه است. در این دریای گرم میزان تبخیر بیشتر از میزان بارندگی یا آبی است که از راه رودها وارد آن می‌شود، و اگر دریای مدیترانه از راه تنگه جبل‌الطارق با اقیانوس اطلس در ارتباط نبود، احتمال خشکیدنش می‌رفت. در محل تنگه عمق آب کم است و در هر دو طرف بر عمق آب افزوده می‌شود. در اقیانوس اطلس میزان شوری متوسط آب ۳/۵ درصد است، در حالی که در دریای مدیترانه این رقم به ۳/۹ درصد می‌رسد. به‌همین سبب نوعی جریان دوطرفه در این محل پدید می‌آید (شکل ۸-۲).

راه دوم، سردشدن فوق‌العاده آب است که در نواحی قطبی زمین اتفاق می‌افتد. با عمل سرد شدن هم بر سنگینی آب افزوده می‌شود. در اقیانوس اطلس شمالی و نزدیکی گرینلند نظیر این پدیده رخ می‌دهد. البته سرعت حرکت این جریانها دقیقاً معلوم نشده، اما حدس می‌زنند که این سرعت از یک تا یک‌ونیم کیلومتر در روز بیشتر نباشد. دانشمندان جریانهای مزبور را که در نواحی قطبی صورت می‌گیرند، برای جانداران دریازی بسیار مهم می‌شمارند زیرا به‌همراه آبی که به‌سوی اعماق دریا می‌رود مقدار زیادی اکسیژن محلول وجود دارد. در ضمن، هنگامیکه آبها از عمق به‌سطح می‌آیند کار مهمتری را انجام می‌دهند، زیرا پلانکتونهای گیاهی و جانوری ساکن مناطق سطحی آب به‌کانیهایی از قبیل نیتراتها و فسفاتها نیاز دارند و آبهای اعماق دریا مقدار زیادی از این مواد را دارا هستند (به‌علت آن که اجساد جانوران و گیاهان میکروسکوپی به‌اعماق دریا می‌افتد). پلانکتونها خود غذای جانوران بزرگتر آبهای سطحی را تشکیل می‌دهند. پس طبعاً در هرکجا این قبیل جریانها وجود داشته باشند ماهی و سایر جانوران آبزی فراوان است (نظیر چنین حالتی در ساحل کشور پرو در امریکای جنوبی وجود دارد و بر همین اساس پرو دارای صنعت ماهیگیری توسعه‌یافته‌ای شده است). راه سوم، مخلوط شدن گل‌ولای با آب دریاست که در منطقه کم عمق دریا صورت می‌گیرد و طبعاً آب گل‌آلود از آب صاف سنگینتر است. این قبیل جریانها را معمولاً در نقاطی می‌توان یافت که رودی گل‌آلود وارد دریایی آرام شود.

نکته‌ای که در مورد همه جریانهای دریایی قابل ذکر است این است که سرعت حرکت جریانها بسیار ملایم است و از یک گره دریایی (حدود ۱۸۵۳ متر) در ساعت بیشتر نیست و حتی در بسیاری از نقاط از این هم کمتر می‌شود. البته گاهی هم دیده می‌شود که به‌مدت چند روز در نقاطی از دریا سرعت کمی بیشتر می‌گردد و تا ۵ گره دریایی در ساعت هم می‌رسد.

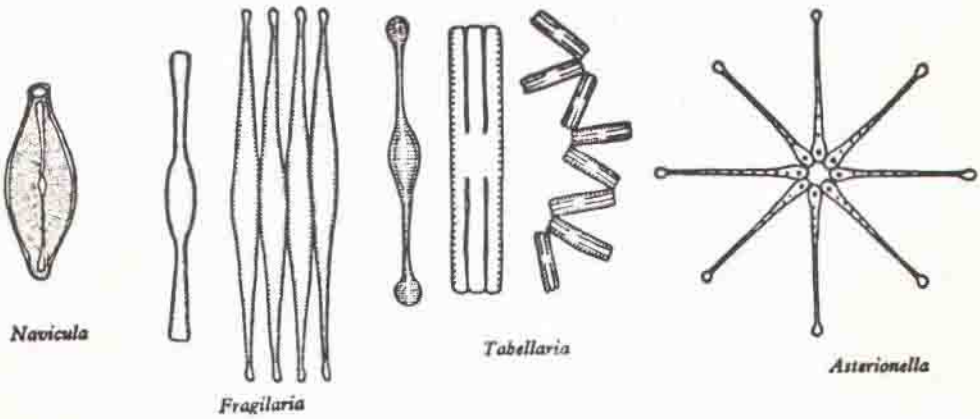
در مقایسه با رودها، جریانهای دریایی را باید وسیعتر و عمیق‌تر شمرد، به‌طوری که مثلاً در مورد گلف‌استریم یا کروشیو جریان آب را تا عمق یکهزار متری هم مشاهده کرده‌اند. بدین ترتیب حجم زیادی از آب به‌همراه هر جریان جابه‌جا می‌شود. کمترین عرض گلف‌استریم برابر ۲۷۰ کیلومتر است.

جانداران ساکن دریا

دریا را می‌توان یک اکوسیستم بسیار بزرگ محسوب داشت. تعداد جاندارانی که در لایه‌های سطحی این اکوسیستم به‌سر می‌برند، به‌نسبت بسیار زیادتر از تعداد جاندارانی است که ساکن خشکی‌اند. زیرا هم محیط زندگی آنها وسیعتر است و هم این که عوامل محیطی لازم (دما، املاح، فشار، گازها، غذا و ...) برایشان آماده‌تر است. مهمترین عاملی که زندگی گیاهان و جانوران محیط آب را آسان می‌سازد، یکنواخت بودن این محیط از نظر شرایط مذکور است، در حالی که در محیطهای خشکی نه مقدار غذا یکنواخت است، نه دما و غیره. تقریباً همهٔ عناصر شیمیایی مورد لزوم سلول در آب دریا یافت می‌شوند. البته معنی این گفته آن نیست که محیط دریا محلولی یکنواخت است، زیرا اگر چنین بود، جانداران در همه جای آن به‌یک نسبت و فراوانی یافت می‌شدند، اما در هر حال جریانهای دریایی به‌انتشار دما و مواد شیمیایی و یکنواخت‌سازی تقریبی آن کمک بسیار می‌کنند. از طرفی عوامل محدودکننده‌ای از قبیل نور (بخصوص برای گیاهان)، شوری، دما و وجود مواد سمی از قبیل سولفید هیدروژن هم در دریا وجود دارند.

از آنجا که آب دریا محیط مساعدی برای پرورش و رشد سلول است، در درون آن جانداران ذره‌بینی فراوانی یافت می‌شود. گفته می‌شود که زندگی از دریا منشأ گرفته است و تحولات حیات را هم در محیط آب مطالعه می‌کنند. نکته جالب این است که مواد محلول در مایعات بدن همه جانوران، حتی خون انسان هم تقریباً از لحاظ نوع و نسبت‌ها به‌املاحی می‌مانند که در آب دریا یافت می‌شوند، ولی البته خیلی رقیق‌ترند.

جانداران ذره‌بینی، بخصوص تک‌سلولیهای کلروفیل‌دار اساس زنجیرهای غذایی محیط دریا را تشکیل می‌دهند زیرا جانداران مختلف دیگر به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم از آنها استفاده غذایی می‌برند. بدین ترتیب، فراوانی جانداران ذره‌بینی مزبور در محیط آب، تأثیر زیادی در

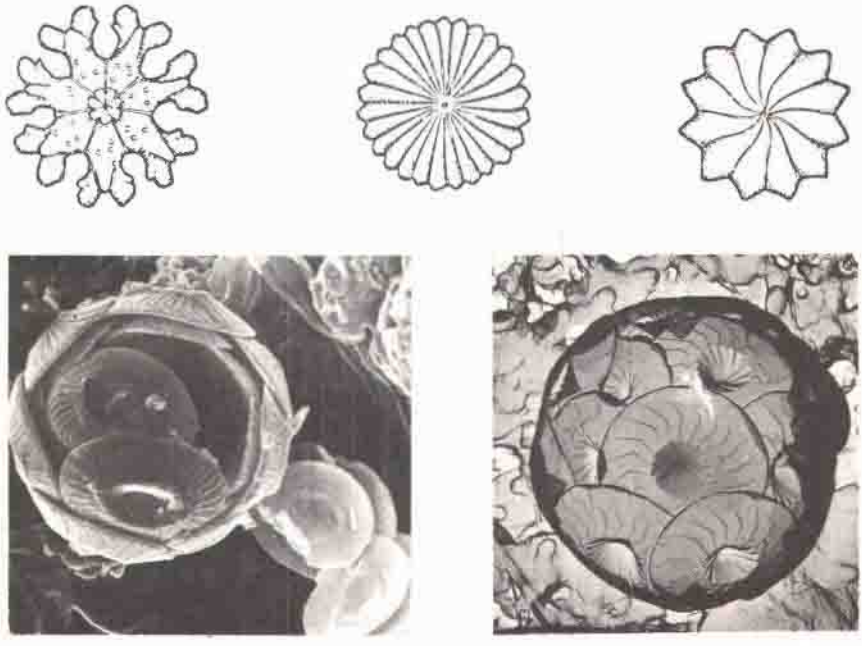


شکل ۹ ــ ۲ ــ چند نوع دیاتوم

انتشار سایر جانداران در این محیط دارد. این تک‌سلولیها با استفاده از انرژی خورشید و دی‌اکسید کربن موجود در محیط آب غذاسازی می‌کنند و مواد آلی ساخته شده را در اختیار سایر جانداران می‌گذارند. در اعماق تاریک دریا جانداران تولیدکننده وجود ندارند و مصرف‌کنندگان این مناطق یا مردارخوارند، یا آن‌که همدیگر را می‌خورند. با این ترتیب عوامل مهمی که در زندگی جانداران دریازی اثر دارند عبارتند از وجود تولیدکنندگان برای در اختیار گذاردن مواد آلی و وجود اکسیژن برای امکان‌پذیر شدن عمل تنفس.

آغازیان ساکن دریا ــ این جانداران اصولاً پلانکتون نام دارند و آزادانه در دریا شناورند. پلانکتونها را می‌توان به‌دو دسته فیتوپلانکتون و زوئوپلانکتون تقسیم کرد. دیاتومه‌ها را باید از جمله فراوانترین فیتوپلانکتونها محسوب داشت. این جلبکهای تک‌سلولی به‌صدها شکل مختلف یافت می‌شوند. دیاتومه‌ها را در همه آبها، به‌ویژه در آبهای سرد می‌توان یافت. اغلب آنها دارای قاب‌های سیلیسی‌اند. این قابها بعد از مرگ جاندار در ته دریا جمع شده، گلهای سیلیسی را تشکیل می‌دهند که در اعماق زیاد قسمتهای شمالی و جنوبی اقیانوس کبیر به‌فراوانی یافت می‌شود (این گلها پس از سخت‌شدن تشکیل سنگی به‌نام تریپولی را می‌دهند که از آن خاک سمباده تهیه می‌شده است).

دیگر از فیتوپلانکتونها، کوکولیتوفرها (Coccolithophore) هستند که اغلب زردرنگند و

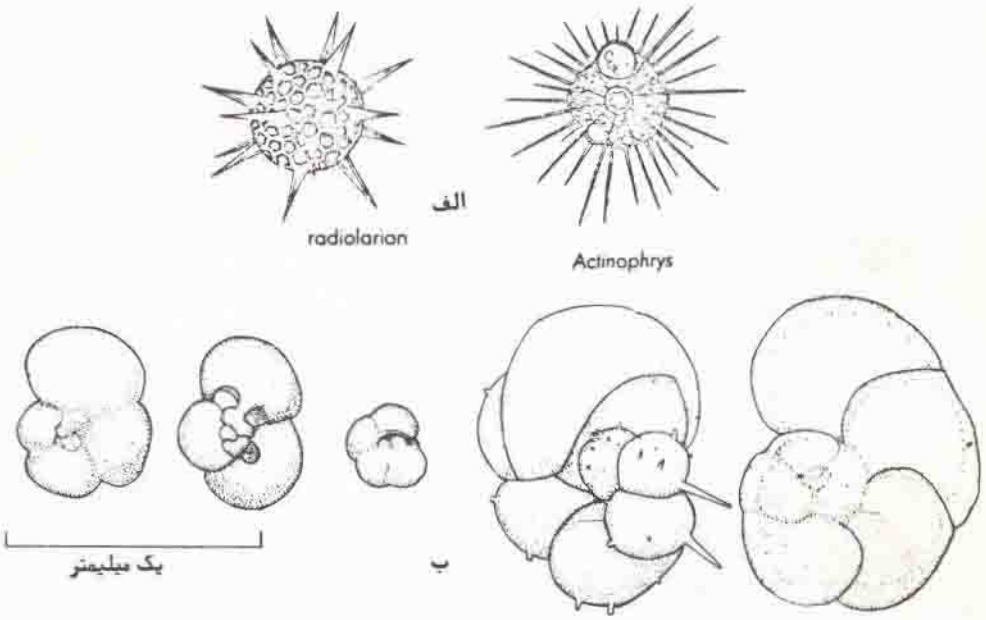


شکل ۱۰ ــ ۲ ــ چند نوع کوکولیت

پوشش آهکی در اطراف سلول خود دارند. از تجمع این پوششهای آهکی، گلهای آهکی و بالاخره گل سفید پدید می‌آید. این نوع پلانکتونها در همه دریاها بجز نواحی قطبی یافت می‌شوند.

دسته‌ای از باکتریها هم در دریا پراکنده‌اند، اما بیشتر آنها را باید در میان گلهای بستر دریا جستجو کرد. این باکتریها از جمله تجزیه‌کنندگان محیط دریا محسوب می‌شوند و مواد آلی را که در این قسمتها جمع می‌شود تجزیه می‌کنند. البته اطلاعات ما درباره این باکتریها کم است، اما تصور می‌رود که آنها نقش مهمی را از لحاظ تأمین غذا و برقراری چرخه‌های موادی از قبیل فسفاتها و ترکیبات نیتروژندار بر عهده داشته باشند. از این لحاظ باکتریهای درون آب را می‌توان به‌باکتریهای ساکن خاک تشبیه کرد. شاید هم این باکتریها در تشکیل هیدروکربنها نقشی داشته باشند، زیرا بعضی از آنها که زندگی بی‌هوازی دارند، اکسیژن لازم را از ترکیبات شیمیایی تأمین می‌کنند.

زوئوپلانکتونها، از لحاظ اندازهٔ جثه متفاوت بوده، طول قد آنها از یک سلول تا حدود یک الی یک‌ونیم سانتیمتر می‌رسد. البته هر چه جثه زوئوپلانکتونها بزرگتر باشد، تعداد آنها کمتر خواهد بود. زوئوپلانکتونها نه تنها از لحاظ جثه بلکه از لحاظ ساختمان بدنی هم متفاوتند، به‌طوری که از تک‌سلولیهای خاص تا نمونه‌هایی از حیوانات گروههای مختلف از قبیل کرمها، نرم‌تنان و سخت‌پوستان را می‌توان در میانشان یافت. بیشتر زوئوپلانکتونها متعلق به‌سه گروهند: شعاعیان، روزندران و کوپه‌پودها (Copepodes)، که دو گروه اول از جمله تک‌سلولیها هستند، اما



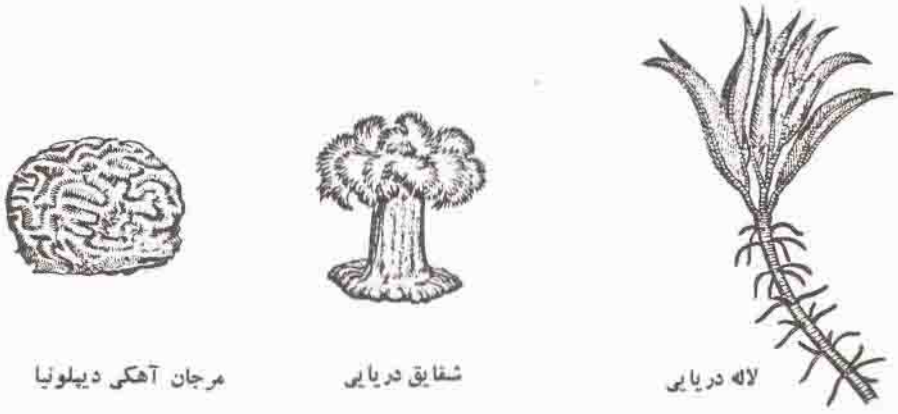
شکل ۱۱ ــ ۲ ــ دو نوع از شعاعیان (الف)، یک نوع روزن‌دار (ب)

دسته سوم از سخت‌پوستان محسوب می‌شوند. شعاعیان از بسیاری جهات به‌دیاتومه‌ها شباهت دارند، بخصوص که پوسته‌ای سیلیسی اطراف پروتوپلاسم آنها را فرا می‌گیرد. این پوسته سوراخدار است و از سوراخها «بازوانی» خارج می‌شود تا اکسیژن و مواد غذایی را به‌درون بدن ببرد. روزنداران هم مشابه شعاعیانند با این تفاوت که جنس پوسته اطراف بدنشان آهکی است.

زوئوپلانکتونها را بیشتر در مناطقی می‌توان یافت که فیتوپلانکتونها زیادند، ولی البته این جانداران فقط محدود به‌لایه‌های سطحی آب نیستند. در ضمن، برخلاف فیتوپلانکتونها، بیشتر زوئوپلانکتونها وسیله حرکتی دارند و می‌توانند به‌دلخواه در آب جابه‌جا شوند.

گیاهان و جانوران بزرگ دریا ــ گیاهان بزرگ دریایی هرگز از لحاظ ساختمانی پیچیدگی گیاهان خشکی را نمی‌یابند، زیرا زندگی گیاهان در دریا ساده‌تر است تا در خشکی، غذا در آن آسانتر به‌دست می‌آید و تغییرات دما هم شدید نیست. در مناطق کم‌عمق که نور، دی‌اکسیدکربن، اکسیژن و مواد غذایی در دسترس است، گیاهان می‌توانند بدون پیچیدگی ساختمانی، رشد زیاد بکنند. این گیاهان فقط از یک نقطه به‌کف آب می‌چسبند، ولی دارای خاصیت انعطاف‌پذیری‌اند و در برابر جریانهای آب و امواج مقاومت نشان نمی‌دهند. از این‌رو، بزرگترین گیاهان دریا متعلق به‌گروههای ساده‌ای از قبیل جلبکها[1] به‌ویژه جلبکهای قهوه‌ای‌اند که در بعضی از نقاط مشرق‌زمین حتی برای استفاده‌های غذایی به‌پرورش آنها هم پرداخته‌اند.

در عوض، جانوران بزرگ دریازی شکل و ساختمان پیچیده‌ای دارند. گوناگونی



شکل ۱۲ ــ ۲ ــ نمونه‌هایی از مرجانها و خاردارن (لاله‌وشان) ساکن دریا.

---

۱ ــ البته امروزه بیشتر زیست‌شناسان جلبکها را جزو آغازیان قرار می‌دهند.

زیستگاهها و وجود رقابت‌های زیاد خود یکی از دلایل این گوناگونی است. حیوانات بزرگ را تقریباً در همه جای دریا، به‌جز مناطقی که آب راکد است می‌توان یافت. بعضی از آنها مانند ماهیها آزادی حرکت دارند و برخی مانند خارتنان ثابت (لاله‌وشان)، شقایق دریایی و مرجانهای آهکی به‌طور دایم به‌بستر دریا چسبیده‌اند و منتظرند تا غذا به‌طرفشان بیاید. بعضی از ساکنان بستر دریا از قبیل ستاره دریایی و نرم‌تنان هم قدرت تحرک محدودی دارند و با خزیدن در محیط زندگی خود به‌دنبال غذا می‌روند. البته مطالب بیشتر را در مورد جانوران دریازی، در درس زیست‌شناسی خود مطالعه خواهید کرد.

آبهای سطح خشکیها

تا اینجا بارها اشاره کردیم که منبع آبهای شیرینی که در سطح خشکیها وجود دارد، بخار آب موجود در اتمسفر است که به‌صورت باران و برف به‌سطح زمین می‌رسد. ولی مقدار بارندگی سال‌به‌سال، فصل به‌فصل و نقطه به‌نقطه فرق می‌کند. همچنان که گاهی ممکن است در یک‌جا ۱۵۰ میلیمتر باران تنها در یک ساعت فرو بریزد و در جای دیگر در سال یک قطره باران هم نیاید. در پاره‌ای از بیابانهای کشور پرو آن‌قدر مقدار بارندگی سالانه کم است که ساکنانش در زبان خود کلمه‌ای معادل «باران» وضع نکرده‌اند! و برعکس در دشت آمازون تقریباً هر روز باران می‌بارد.

ولی آبی که بدین ترتیب به‌سطح زمین می‌رسد چه می‌شود؟ یک قطره باران را در نظر می‌گیریم. این قطره ممکن است در زمین نفوذ کند، بر سطح زمین جاری شود و یا آن که مجدداً تبخیر شود و به‌هوا برگردد. وقتی که رودهای پر آب را می‌بینید، قاعدتاً تصور می‌کنید که قسمت اعظم بارندگی به‌صورت آبهای جاری بر سطح زمین درمی‌آید. اما این آبها تنها ۲۵ درصد بارندگی را شامل می‌شوند و ۶۴ درصد آب دوباره از راه تبخیر از سطح خاک و گیاهان به‌هوا باز می‌گردد و ۱۱ درصد باقیمانده نیز در زمین نفوذ می‌کند که سرانجام این آبها هم در سطح زمین ظاهر می‌شوند.

دریاچه‌ها ــ دریاچه‌ها به‌گودالهای بزرگ روی خشکیها گفته می‌شود که به‌وسیله آب پر شده‌اند و با دریای آزاد ارتباط ندارند. دریای خزر با وجود وسعت زیاد (حدود ۳۸۰ هزار کیلومترمربع) به‌علت بسته بودن به‌عنوان دریاچه شناخته می‌شود و بزرگترین دریاچه زمین را تشکیل می‌دهد. منبع آب دریاچه‌ها، رودخانه، یخچال، آبهای زیرزمینی و بارندگی یا آب دریاست.

شوری آب دریاچه‌ها بسیار متفاوت است و از آب شیرین تا آب بسیار شور تغییر می‌کند. میزان شوری آب دریاچه تابع سه عامل عمده آب‌وهوای منطقه، ترکیب آب رودخانه‌های تغذیه‌کننده و عمر دریاچه است. تقریباً کلیه دریاچه‌های بدون درو، اگر شور هم نباشند

رو به‌شوری می‌روند. دریاچه‌های آب شیرین بیشتر در مناطق سرد شمالی کره‌زمین مستقرند، زیرا هم تبخیر در آنها کم است و هم آب حاصل از ذوب یخچالها فراوان است و مازاد آب از روی این دریاچه‌ها به‌سمت دریا سرازیر می‌شود. سطح دریاچه‌ها عموماً از سطح دریای آزاد بالاتر است ولی سطح بعضی از آنها نظیر دریای خزر و بحرالمیت پایین‌تر از سطح دریا است.

در ایران اغلب دریاچه‌ها شورند. دریاچه پریشان در استان فارس هنوز آب شیرین دارد. علل پیدایش دریاچه‌ها متفاوت و متعدد است. از آنجمله فرونشستن تدریجی بخشی از زمین و دریافت آب رودخانه‌های اطراف آن، بسته شدن مسیر رودخانه در دره‌های نزدیک کوههای آتشفشان فعال بوسیله گدازه آتشفشانی و عمل فرسایش و رسوبگذاری یخچالها و جدا شدن بخشی از دریا را می‌توان نام برد.

اثر آدمی بر چرخه آب

گذشته از تغییراتی که به‌طور طبیعی در روی آب دریاها و آبهای سطح خشکیها صورت می‌گیرد، فعالیتهای آدمی نیز در این میان بی‌تأثیر نیست. مثلاً در نقاطی که زمین را برای کارهای جاده‌سازی آماده می‌کنیم، میزان فرسایش را در برابر نقاط پوشیده از گیاه، تا ۲۰۰۰ بار شدیدتر می‌سازیم. اما از آن مهمتر، تخلیه فاضلابها به‌درون رودها و دریاچه‌هاست که با افزایش جمعیت مقدار فاضلابها هم همچنان رو به‌فزونی است.

فاضلابها را بر حسب منشأ به‌سه دسته: شهری و خانگی، صنعتی و کشاورزی تقسیم می‌کنند. فاضلابهای شهری شامل فضولات انسانی، آب کثیف ناشی از شستشوی ظروف و لباسها، پاک‌کننده‌هایی که تجزیه نمی‌شوند و زباله‌ها هستند که در آنها میکروبهای بیماریزا فراوانند. متأسفانه در اکثر شهرهای ما این نوع فاضلابها را به‌درون رودها و چاهها می‌ریزند و با این کار، آبهای مختلف را به‌شدت آلوده می‌کنند.

فاضلابهای صنعتی، بیشتر حاوی ترکیبات فلزات سنگین، مواد سمی شیمیایی و رنگی‌اند. اغلب کارخانه‌ها دارای دستگاه تصفیه فاضلاب نیستند و فاضلابها را مستقیماً به‌درون آبها رها می‌کنند. آب داغی هم که از نیروگاهها و کارخانه‌های مربوط به‌صنایع سنگین حاصل می‌شوند باعث نابودی تولیدکننده‌ها و کم‌شدن مقدار اکسیژن آب می‌گردند.

فاضلابهای کشاورزی، باقیمانده کودهای طبیعی و شیمیایی و سموم دفع آفات‌اند که توسط باد و باران از سطح زمین و درختان شسته شده، وارد آبها می‌شوند. DDT یکی از همین مواد است که مدتها (حدود ۲۰ سال) در آب پایدار می‌ماند. بدیهی است که در این فاصله، DDT می‌تواند وارد بدن جانداران آبزی از جمله ماهیها و پرندگان شود و تدریجاً آنها را مسموم و به‌ویژه، عقیم سازد.

فاضلابها از یک طرف هم چرخه زندگی گیاهان آبزی را تسریع می‌کنند، زیرا در آنها، مواد غذایی لازم برای رشد این گیاهان وجود دارد. با افزایش گیاهان (به‌ویژه جلبکها) بر مقدار مواد آلی هم که رو به‌تجزیه می‌رود، افزوده می‌گردد. پس مقدار اکسیژن بیشتری از آب گرفته می‌شود و جانوران زیادتری می‌میرند. وقتی که همهٔ اکسیژن آب به‌مصرف رسید، باکتریهایی که نیاز به‌اکسیژن آزاد ندارند افزایش می‌یابند. این باکتریها مقداری سولفید هیدروژن از خود تولید می‌کنند، که در نتیجه آن رنگ آب به‌تیرگی می‌گراید و بوی بدی از آن برمی‌خیزد.

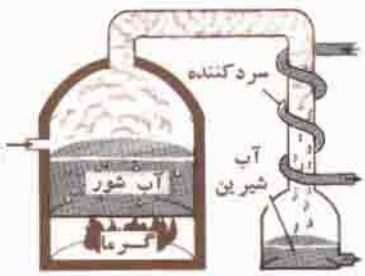
گذشته از اینها، آلودگی آب دوام بیشتری دارد تا آلودگی هوا، زیرا سرعت حرکت و جابه‌جایی آب زیاد نیست. بدین ترتیب، جز با صرف هزینه‌های بسیار سنگین جبران اشتباهاتی که به‌سادگی امکان جلوگیری از آنها وجود داشته، نخواهد شد.

مسئله کم‌آبی

هم‌اکنون مسئله کم‌آبی در بسیاری از نقاط کشور ما کاملاً آشکار است و متأسفانه با ازدیاد جمعیت از یک طرف و یا مدرن شدن زندگی از طرف دیگر احتیاج به‌آب زیاد و زیادتر می‌گردد. به‌طور متوسط یک نفر در روز از راه آشامیدنیها و غذا در حدود ۴ لیتر آب وارد بدنش می‌کند. با یک دوش گرفتن در حدود ۲۰ لیتر آب در دقیقه مصرف می‌شود. به‌این مقدار باید آبی را هم که برای شستن دست‌وروی، ظروف، سبزیها، لباسها و غیره به‌کار می‌رود افزوده شود.

مقادیر فوق حداقل مقدار مصرفی آب هستند. عملاً بیشتر مردم مقداری زیادتر از این حدود را مصرف می‌کنند. در عین حال آبی را که برای استخرهای شنا، کولرهای آبی، شست‌وشوی اتومبیل، دستگاههای ظرفشویی و رختشویی و آبپاشی باغچه به‌کار می‌رود باید به‌مقادیر فوق افزود. افزایش جمعیت هم خود به‌خود بر مقدار مصرفی آب شهر می‌افزاید. بسیاری از صنایع به مقادیر زیادی آب برای خنک‌کردن و پاک‌کردن محتاجند.

آبی که در بیشتر این موارد به‌کار می‌رود، دیگر قابل استفاده برای آشامیدن نیست و ممکن است برای زندگی جانداران آبزی هم خطرناک باشد، مگر آن که مراحل تصفیه را بگذراند.



شکل ۱۳ ــ ۲ ــ روش شیرین کردن آب دریا

اقیانوسها پر از آبند، اما بیشتر احتیاج ما به‌آب شیرین است. گیاهانی که در کشاورزی مورد نظر ما هستند با کمک آب دریا رشد نمی‌کنند و این آب برای آبیاری مناسب نیست. دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که در آیندهٔ نزدیک منابع آب شیرین موجود جوابگوی نیازهای جمعیت دنیا نخواهد بود، بنابر این در کشورهایی که در کنار دریا قرار دارند و دچار کم‌آبیند (حتی در نقاط جنوبی کشور خود ما) امکان شیرین‌کردن آب دریا تحت مطالعه قرار دارد.

برای این کار، یعنی جداسازی نمکهای آب دریا از آن، دو راه وجود دارد: یکی جداکردن آب از نمکها که این کار را با تقطیر، تبخیر و انجماد انجام می‌دهند و دیگر جداکردن نمکها از آب است که به‌کمک الکتریسیته صورت می‌گیرد. هر دوی این روشها به‌علت احتیاج به‌منبع عظیم نیرو برای سوخت، گران تمام می‌شود.

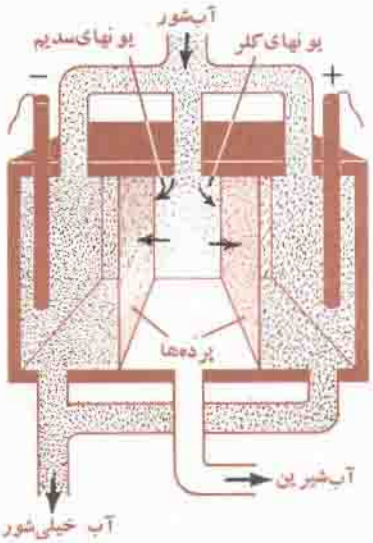
در روش تقطیر که قرنهاست مورد استعمال دارد، آب را تا درجهٔ جوش گرم می‌کنند، آب بخار می‌شود و املاح را بر جای می‌گذارد. سپس بخار آب را متراکم و در ظرف دیگر جمع‌آوری می‌کنند. البته اگر منظور به‌دست آوردن مقدار کمی آب باشد، این راه خوب است، اما در مقیاس زیاد، احتیاج به‌منابع عظیم و ارزان سوخت دارد. در بعضی از کشورهای عربی منطقهٔ خلیج فارس هم‌اکنون از این طریقه استفاده می‌شود.

امروزه طرح دیگری هم در دست تهیه است تا در مناطق بیابانی نزدیک به‌دریا که آفتاب زیادی در طول سال در دسترس است، از این منبع انرژی برای تبخیر آب دریا استفاده شود. در این روش آب دریا را وارد حوضچه‌های کم‌عمقی که کف سیاه‌رنگ دارند می‌کنند. این رنگ اشعهٔ گرمایی زیادتری را جذب می‌کند و این اشعه صرف گرم کردن آب می‌گردد. سقف مدور و شفافی هم که از جنس شیشه یا پلاستیک است قطرات تشکیل شده بر روی جداره داخلی خود را جمع‌آوری می‌کند. در این طریقه آب دریا را مرتباً به‌درون مخازنی میانی روانه می‌کنند و آب پر نمک باقیمانده پس از تبخیر را هم دوباره به‌دریا برمی‌گردانند.

شکل ۱۴ ــ ۲ ــ استفاده از انرژی خورشید برای شیرین کردن آب دریا

راه دیگری هم وجود دارد که در آن آب را منجمد می‌کنند. عمل انجماد سبب می‌شود که در یخ تشکیل شده در سطح آب، نمکهای کمتری نسبت به‌محلول باقیمانده در ته ظرف جمع شود. اما در این راه هم احتیاج به‌انرژی زیاد برای منجمد کردن آب هست، همچنان که در یخچالهای خانگی هم یخ‌بستن آب مستلزم صرف مقداری انرژی الکتریکی است.

روش دیگری هم وجود دارد که در آن، به‌جای جداساختن آب از نمکها، نمکها را از آب جدا می‌کنند. در این راه از الکتریسیته و دو پرده قابل‌نفوذ استفاده می‌شود. در شکل ۱۵ ــ ۲ این کیفیت نشان داده شده است. یک الکترود را با علامت منفی و الکترود دیگر را با علامت مثبت مشخص کرده‌ایم. وقتی که از آب دریا جریان الکتریسیته عبور داده شود، یونهای فلزی مثبت آن (مانند Na^+) جذب قطب منفی و یونهای غیر فلزی منفی (مانند Cl^-) جذب قطب مثبت می‌گردند. دو پرده قابل نفوذ هم محفظه را به‌سه قسمت تقسیم می‌کنند. آب دریا وارد محفظهٔ وسطی می‌شود و بر اساس روش گفته شده، نمکهای آن به‌طرفین چپ و راست پرده هدایت می‌گردند. آب محفظهٔ میانی را بدین ترتیب چندبار مورد تصفیه قرار می‌دهند.



شکل ۱۵ ــ ۲ ــ جدا ساختن یونهای موجود در آب به‌کمک جریان الکتریسیته.

این روش هم به‌علت مصرف زیاد برق، گران تمام می‌شود و به‌ویژه اگر نسبت درصد نمکهای آب دریا بالا بوده، و لازم باشد که طی چند مرحله نمکهای آن گرفته شود، به‌هزینه زیادتری احتیاج هست.

خلاصه

۱ ــ آب به‌سه حالت بخار، مایع و جامد در روی زمین وجود دارد. این حالات آب دائماً در حال تبدیل شدن به‌همدیگرند و بدین صورت چرخهٔ آب را پدید می‌آورند.

۲ ــ درجه شوری آب دریا مربوط به‌مقدار املاح آن و به‌طور متوسط ۳۵ گرم در لیتر است. مقدار یونهای کلر و سدیم در آب دریا بیشتر از مقدار یونهای دیگر است.

۳ ــ دمای آب دریا نیز مانند شوری آن متغیر است و از ۳ - تا ۳۲ + درجهٔ سانتیگراد تغییر می‌کند.

۴ ــ وجود جریانهای گرم و سرد دریایی سبب متعادل شدن نسبی دما در نقاط مختلف زمین می‌شود. جریانهای دریایی یا افقی‌اند (سرد و گرم) یا عمودی (مربوط به‌تراکمهای مختلف آب).

۵ ــ از آنجا که دریا محیطی مناسب برای زیستن است، جانداران مختلفی (که بیشترشان را آغازیان تشکیل می‌دهند) در آن ساکنند.

۶ ــ وجود آبهای سطح خشکیها به‌علت استفاده‌ای که در کارهای کشاورزی، مصارف صنعتی و بهداشتی دارد برای انسان اهمیت ویژه دارد. با زیاد شدن موارد مصرف و کمبود آب شیرین، امروزه آدمی در فکر تأمین آب شیرین از آب دریاست.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ منظور از شوری آب دریا چیست؟

۲ ــ منبع اصلی آب شیرین کدام است؟

۳ ــ چه عواملی سبب می‌شوند که آب در زمین نفوذ کند (یا نفوذ نکند)؟

۴ ــ انرژی از چه راهی از اقیانوس خارج می‌شود؟ بحث کنید.

۵ ــ در کجای زمین انرژی خورشیدی بیشتری در اقیانوسها جذب می‌شود. چرا؟

۶ ــ منشأنمکهای موجود در آب دریا از کجاست؟

۷ ــ چقدر از آب دریا را باید تبخیر کرد تا ۷۰۰ گرم نمک از آن به‌دست آید؟

۸ ــ وزن حجمی آب دریا تحت اثر چه عواملی تغییر می‌کند؟

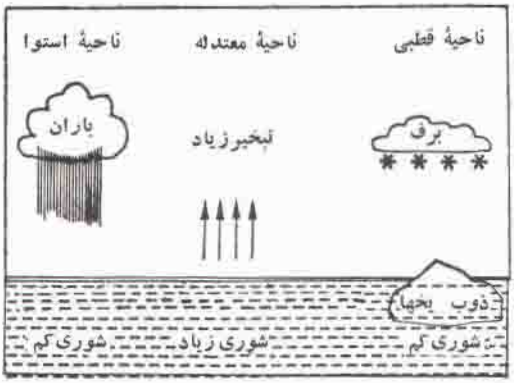
۹ ــ وقتی که از ذخیرهٔ آب شیرین در سطح زمین کاسته شود، چه مشکلاتی ممکن است بروز کند؟

۱۰ ــ با چه اقداماتی شما می‌توانید از هدررفتن آب شیرین جلوگیری کنید؟

۱۱ ــ با فرض آن که منشأ نمکهای آب دریا از خشکیها باشد، دانشمندان سابقاً عمر زمین را با اندازه‌گیری میزان شوری آب دریاها تخمین می‌زدند. به‌نظر شما چگونه این کار انجام می‌گرفته است؟

۱۲ ــ اگر فرض کنیم که در ابتدای قرن بیست‌ویکم جمعیت ایران به ۶۰ میلیون نفر برسد، مسلماً ذخایر آب شیرین فعلی برای مصارف آن عده کافی نخواهد بود. به‌نظر شما چه اقداماتی برای تأمین آب مصرفی این افراد می‌توان به‌عمل آورد و چگونه باید مقدار آب مصرفی آنان را محاسبه کرد؟ برای محاسبه این مقدار، به‌چه اطلاعاتی نیاز دارید؟

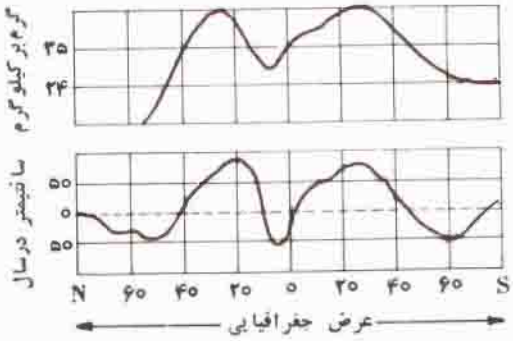
۱۳ ــ شکل (۲ ــ الف) را تفسیر کنید و بر اساس آن بگویید چرا آب دریاهای مناطق معتدله شورتر از آب دریاهای مناطق استوایی و قطبی زمین است؟



شکل ۲ ــ الف

۱۴ ــ مرجانهای آهکی و نرمتنان، مواد لازم برای ساختن اسکلت خود را از آب دریا می‌گیرند. این جانوران در دریاهای گرمسیر زمین فراوانتر از دریاهای نقاط سردند، به‌نظر شما علت چیست؟

۱۵ ــ در شکل (۲ ــ ب) منحنی بالا مقدار شوری آب دریا را در سطح نشان می‌دهد. منحنی پائین هم نشان‌دهنده میزان تبخیر منهای میزان بارندگی است. از مقایسه ایندو منحنی چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟



شکل ۲ ــ ب

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ دریا، دیار عجایب، لین، فردیناند، ترجمهٔ شهیندخت صنعتی، ۱۳۵۱.
۲ ــ زندگی در دریا، لژاندر، رنه، ترجمهٔ مهدی تجلّی‌پور، ۱۳۴۳.
۳ ــ دریای پیرامون ما، کارسون، راشل، ترجمهٔ مهندس ناصر جدیدی، ۱۳۴۱.
۴ ــ مبانی زمین‌شناسی، اوبروچف، ترجمهٔ عبدالکریم قریب، ۱۳۴۸.

۳

کانیها

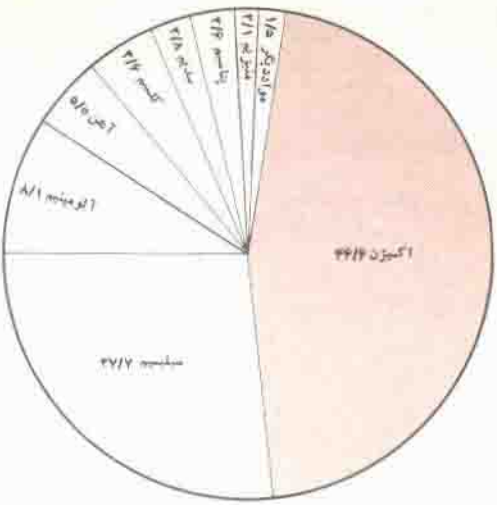
پوسته زمین ساختمان یکنواختی ندارد، بلکه، از مواد مختلفی تشکیل یافته است که در مجموع به‌آنها سنگ می‌گویند. در نگاهی دقیق‌تر می‌توان دید که سنگها خود مجموعه‌ای از مواد دیگری به‌نام کانی (Mineral) هستند. تعریف دقیق کانیها، آسان نیست، اما می‌توانیم آنها را موادی طبیعی، غیر زنده، معمولاً متبلور، با ترکیبی شیمیایی که یا ثابت است، یا در حدود معینی تغییر می‌کند به‌حساب آوریم و این تعریف برای مقصود ما کفایت می‌کند.

در پوستهٔ زمین نزدیک به ۳۰۰۰ نوع کانی یافت شده است، اما بسیاری از آنها کمیابند و تعداد کانیهایی که عملاً در ترکیب سنگها شرکت می‌کنند شاید به ۵۰ عدد هم نرسد. در عین حال همین تعداد کم، دارای ترکیبات بسیار مختلف و گوناگونند.

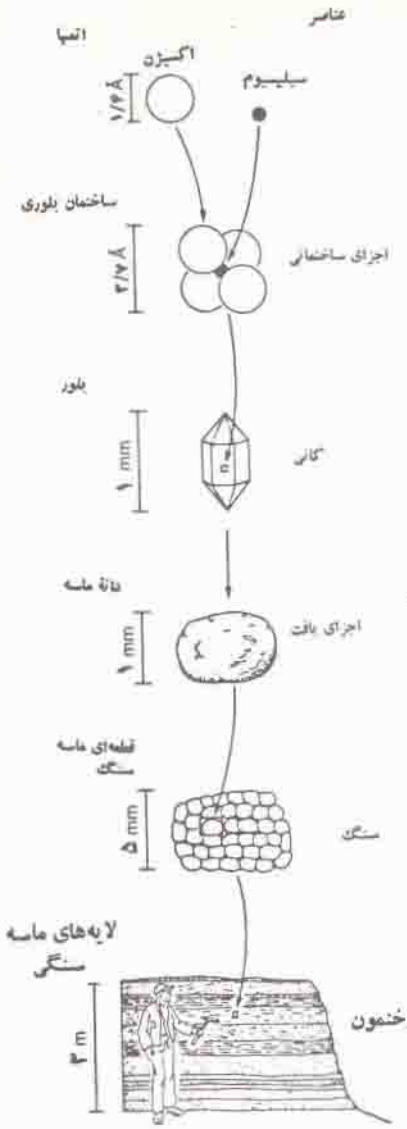
طبقه‌بندی کانیها

کانی‌شناسان هم مانند دیگر دانشمندان علوم طبیعی دریافته‌اند که اگر کانیها را طبقه‌بندی کنند، کار مطالعهٔ آنها آسانتر خواهد بود. کانیها را معمولاً بر اساس ساختمان اتمی و ترکیب شیمیایی آنها به‌دو گروه اصلی سیلیکاتها و غیرسیلیکاتها تقسیم‌بندی می‌کنند، که خلاصه این تقسیم‌بندی در جدول ۳ ــ ۳ دیده می‌شود.

درک این که چرا بعضی از مواد به‌صورت کانی دیده می‌شوند و برخی دیگر چنین نیستند، آسان است. عناصری از قبیل طلا، پلاتین و گوگرد که از لحاظ شیمیایی غیرفعالند، به‌صورت عناصر آزاد در طبیعت یافت می‌شوند. در حالی که عناصر فعال مانند سدیم، کلسیم یا کلر همیشه



جدول ۱ ــ ۳ ــ نسبت فراوانی عناصر در پوستهٔ جامد زمین.

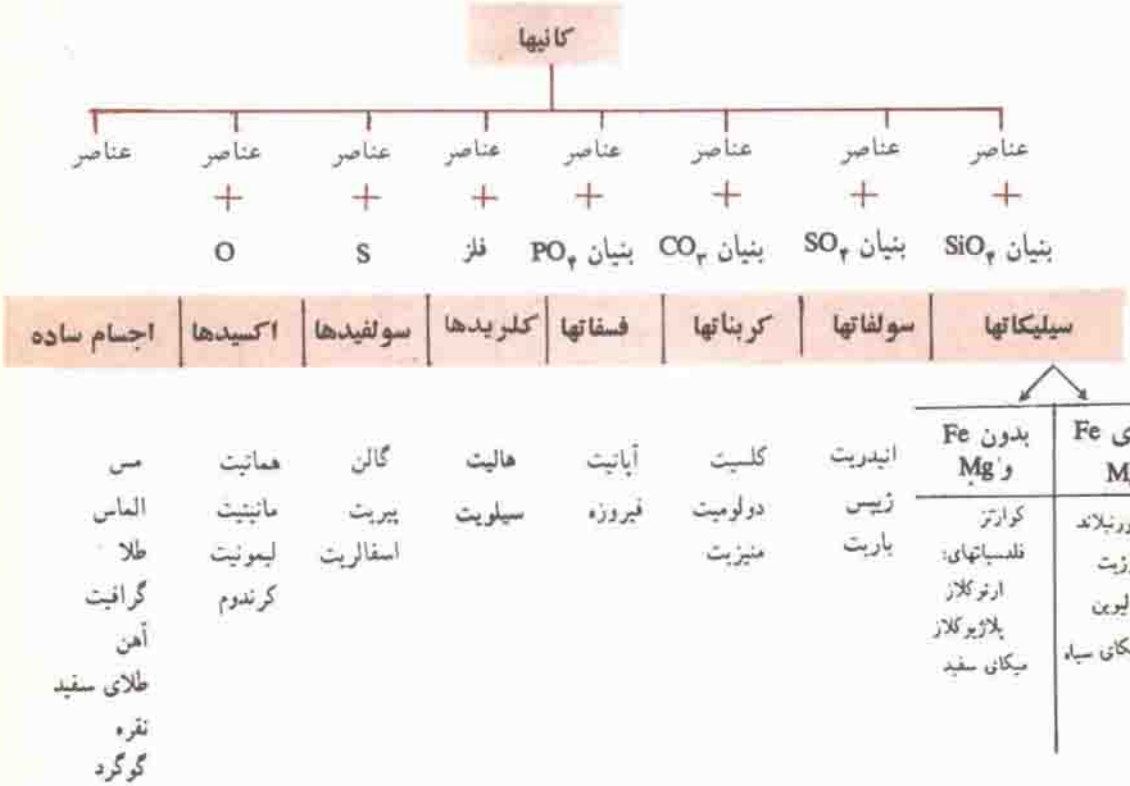


شکل ۲ ــ ۳ ــ رابطهٔ میان عناصر، کانیها و سنگها.

به‌صورت ترکیب‌اند. ترکیباتی که به‌آسانی در آب حل می‌شوند، بیشتر در نقاط بیابانی وجود دارند که آب کم است. کلریدسدیم، کربنات سدیم و نیترات پتاسیم از این جمله‌اند. موادی هم که در برابر اکسیژن واکنش نشان می‌دهند، تنها در اعماق زمین و دور از اتمسفر دیده می‌شوند.

سیلیکاتها ــ که بیشتر حجم آنها را اکسیژن و سیلیسیم تشکیل می‌دهد (جدول ۱ ــ ۳)، فراوانترین کانیها در پوسته زمین‌اند. کوارتز، فلدسپات و میکا که با نام آنها آشنائید، از جمله سیلیکاتها هستند.

از میان خانواده‌های غیرسیلیکاتی و فراوان کانیها، کربناتها هستند که مهمترین نمونهٔ آنها کلسیت با ترکیب کربنات کلسیم است. سایر کانیهای نسبتاً فراوان را می‌توان اکسیدها و سولفیدها شمرد. البته سولفاتها، فسفاتها و کلریدها نسبت به‌بقیه کمتر یافت می‌شوند.

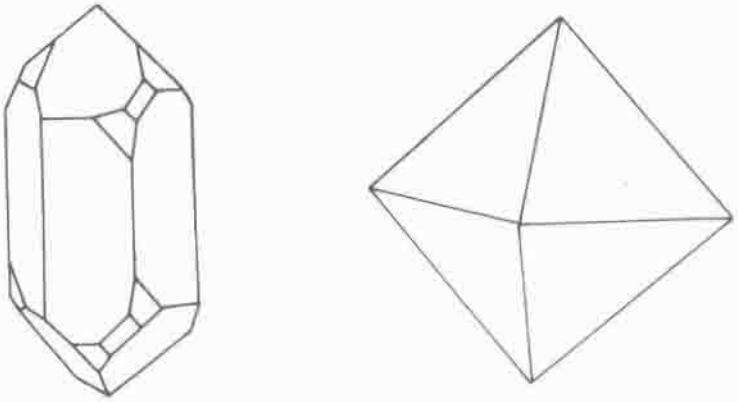


جدول ۳ ــ ۳ ــ طبقه‌بندی کانیها بر اساس ساختمان شیمیایی آنها

شناسایی کانیها

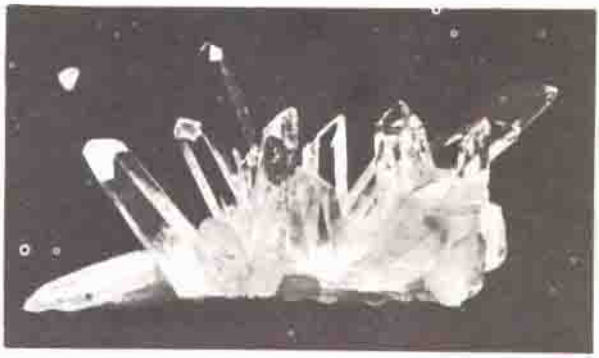
کار شناسایی کانیها، آسان نیست و به‌ندرت ممکن است بتوانیم یک کانی را تنها از روی یک خاصیت فیزیکی، یا شیمیایی آن بشناسیم. هر نمونه باید از جهات مختلفی مورد آزمایش واقع شود، و در کار نتیجه‌گیری نهایت توجه به‌عمل آید. امروزه دانشمندان برای شناسایی کانیها آزمایشهای دقیقی را انجام می‌دهند. برای این کار، هم به‌وسایل آزمایشگاهی گران‌قیمت و هم متخصصین ورزیده احتیاج هست، ولی آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی ساده‌ای وجود دارند که در تشخیص کانیها می‌توانند ما را کمک کنند. روشهای زیر، از جملهٔ معروفترین آنهاست.

شکل بلور ــ بیشتر کانیها ساختمان بلوری دارند، یعنی اتمها و مولکولهایشان طبق نظم خاصی در کنار هم قرار می‌گیرند و در نتیجه به‌کانی شکل هندسی منظم می‌دهند. در بعضی از کانیها مانند هالیت (نمک طعام) این شکل مکعبی و ساده است، ولی گاهی در بلور حاصله تعداد زوایا، یالها و سطوح متعددند و صورت پیچیده‌ای پدید می‌آید (شکل ۳ــ۳).



شکل ۳ ــ ۳ ــ شکل بلورها ممکن است ساده یا پیچیده باشد.

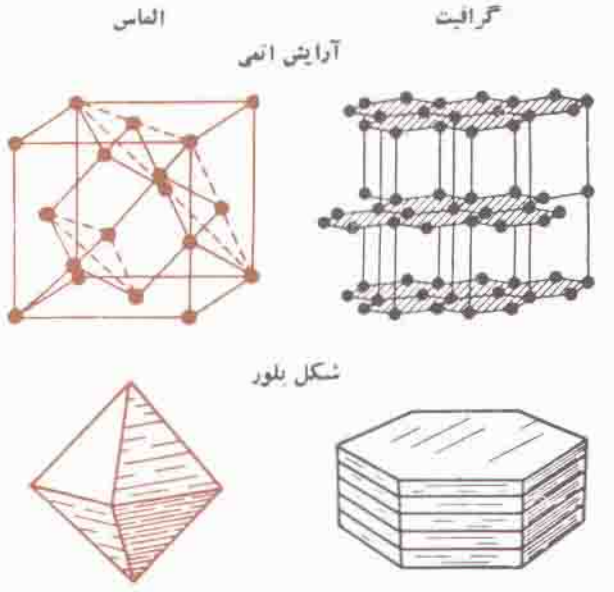
آرایش اتمها اثر زیادی هم بر خواص فیزیکی جسم دارد. بهترین مثالی که در این مورد می‌توان زد، الماس و گرافیت است که هر دو تقریباً از کربن خالص تشکیل شده‌اند، اما الماس سخت، شفاف و متراکم است، حال آن که گرافیت نرم و سیاه است و این تفاوتها، مربوط به‌طرز آرایش اتمهای آنهاست که در الماس حالتی فشرده دارد، در صورتی که در گرافیت این فشردگی کامل نیست. (شکل ۵ــ۳)



شکل ۴ ــ ۳ ــ الف ــ بلورهای کوارتز

ب ــ بلور نمک طعام

معمولاً بلورها زمانی تشکیل می‌شوند که یا مایعی به‌حالت جامد درآید، یا آنکه محلولی به‌حالت فوق اشباع برسد که در این صورت، ماده حل شده به‌صورت بلور، خود را از درون ماده حلاّل خارج می‌کند. بدیهی است که زمان نقش مهمی در تشکیل بلور و درشت شدن آن دارد، و هرچه مدت جداشدن مولکولهای ماده حل شده از محیط حلال بیشتر به‌درازا بکشد، بلور درشت‌تری حاصل می‌آید. شما نیز با انجام آزمایش زیر می‌توانید بلور درست کنید:

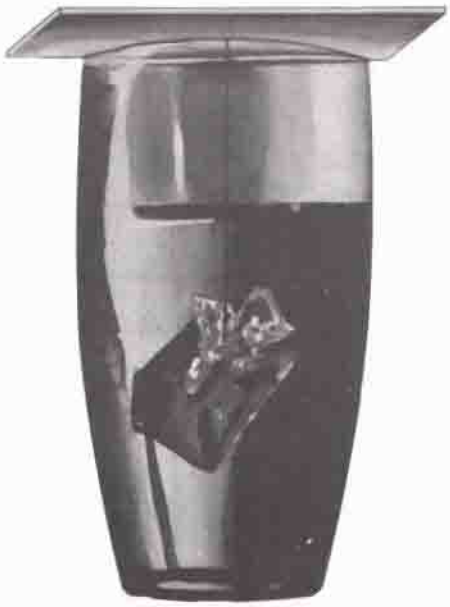


گرافیت	پاره‌ای از خواص فیزیکی	الماس
بلور منشوری شکل		بلور مکعبی شکل
انعطاف‌پذیر		شکننده
نرم		سخت
چگالی ۲/۳		چگالی ۳/۵
تیره		شفاف

شکل ۵ ــ ۳ ــ الماس و گرافیت هر دو از عنصر کربن ساخته شده‌اند اما تفاوتهای آنها بسیار است.

۱ ــ محلول اشباع شده‌ای از زاج سفید تهیه کنید و سپس با گرم کردن محلول، باز هم مقدار بیشتری زاج را در آن حل کنید تا بدین ترتیب محلول فوق اشباع زاج حاصل آید. سپس یک قطعه کوچک زاج را مطابق شکل ۶-۳ به‌عنوان هسته در درون محلول بیاویزید و ظرف را در جایی قرار بدهید که اصلاً تکان نخورد. برای آنکه از ورود ذرات گردوغبار به‌درون این محلول

جلوگیری شود، دهانهٔ آن را هم با یک قطعه دستمال کاغذی تمیز ببندید (ذرات غبار خود می‌توانند مبدل به‌هسته‌هایی شوند که مولکولها به‌دورشان جمع می‌شوند). پس از یکی دو روز خواهید دید که در دور قطعه زاجی که در انتهای نخ‌آویخته بوده، بلور درشتی از زاج پدید آمده است.

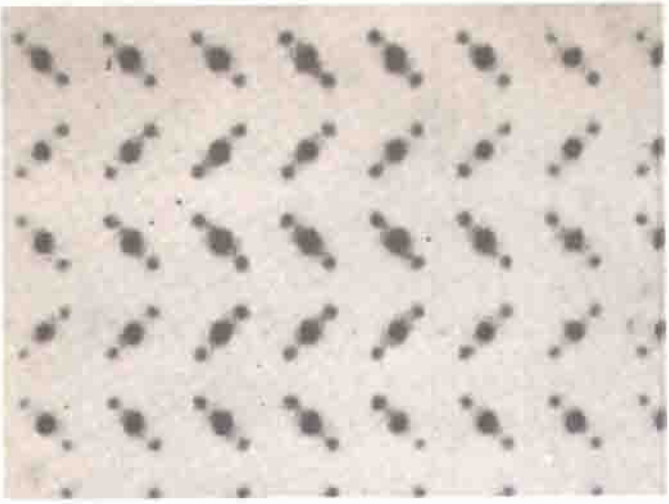


شکل ۶ ــ ۳ ــ برای آنکه بلورهای حاصله درشت‌تر شوند چه باید کرد؟

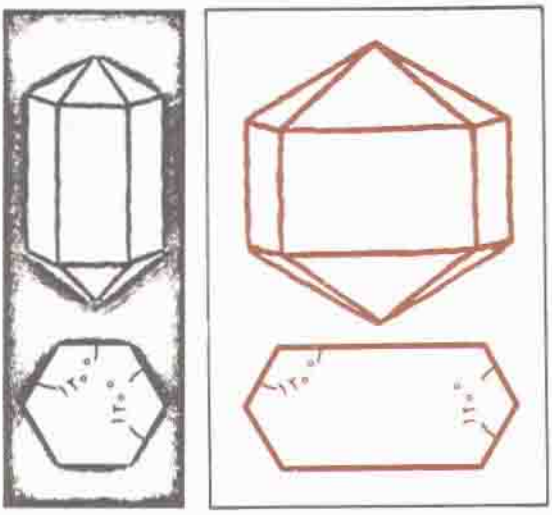
۲ ــ نظیر همین آزمایش را با محلول نمک یا شکر تکرار کنید و نتایج حاصله را با هم مقایسه نمایید.

۳ ــ بلورهای شکر را با ذره‌بین نگاه کنید و شکل آنها را با شکل بلورهای نبات که قنادها می‌سازند مقایسه کنید. آیا شباهتی میان این دو وجود دارد؟

مهمترین فایده‌ای که مطالعه بلور کانیها دارد، کمک به‌شناسایی آنهاست. برای این کار، زوایای میان سطوح را اندازه‌گیری می‌کنند، زیرا این زوایا همیشه مقداری ثابت‌اند و میان این زوایا در یک بلور روابط ریاضی ساده‌ای برقرار است. وجود همین روابط بوده است که کانی‌شناسان را متقاعد ساخته است اتمها در شبکهٔ بلور طبق نظم معینی قرار دارند. البته عکسهایی هم که در قرن اخیر با کمک اشعهٔ ایکس از بلورهای مختلف گرفته شده، صحت این مطلب را تأیید می‌کند. ضمناً، با مطالعاتی که در روی صدها نوع کانی به‌عمل آمده، معلوم شده است که همه کانیهای موجود را می‌توان از لحاظ شکل بلور در ۶ گروه اصلی قرارداد که در بخش ضمیمهٔ کتاب درباره آنها صحبت شده است.



شکل ۷ ــ ۳ ــ یکی از آزمایشهایی که دانشمندان برای شناسایی کانیها انجام می‌دهند با استفاده از اشعهٔ ایکس صورت می‌گیرد. این عکس به کمک اشعهٔ ایکس از بلور پیریت (FeS_2) گرفته شده است. آیا در عکس می‌توانید وضع عنصرهای Fe و S را مشخص کنید؟



شکل ۸ ــ ۳ ــ دو بلور از یک کانی ممکن است ظاهری متفاوت داشته باشند، اما زوایای میان سطوح آنها همواره یکسان است.

رنگ ــ برخی از کانیها دارای رنگهای مشخصی هستند. رنگ کانی، از مشخص‌ترین خصوصیات آن است، ولی برای تشخیص رنگ باید قطعهٔ کوچکی از کانی را شکست و مقطع تازه را مورد توجه قرار داد. برخی از کانیها همیشه به‌یک رنگ مشخص دیده می‌شوند، چنانکه، مالاکیت همیشه سبز، گرافیت همواره سیاه و گوگرد اصولاً زردرنگ است. در عین حال به‌علت وجود ناخالصیها، یک کانی ممکن است به‌رنگهای مختلفی درآید، چنان که وجود مقادیر جزئی ناخالصی در کوارتز آن را به‌رنگ بنفش، قرمز، زرد، سفید، دودی و غیره درمی‌آورد. در ضمن،

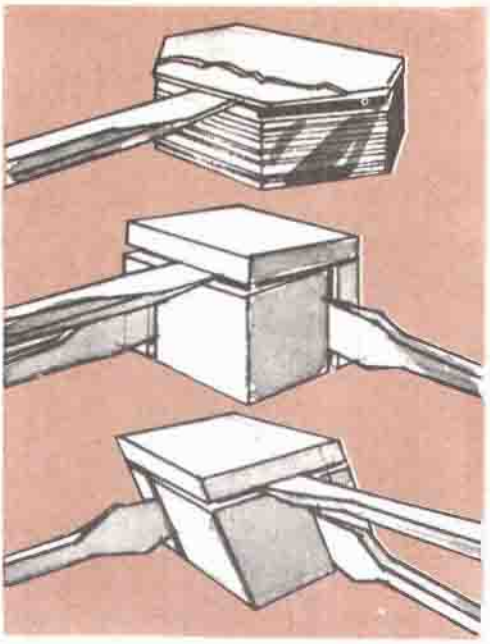
کانیهایی هم وجود دارند که از لحاظ رنگ مشابهند (کوارتز، کلسیت و نمک‌طعام که در حالت خالص بودن بی‌رنگ‌اند، پیریت و طلا نیز هر دو همرنگند) ولی متعلق به گروههای جداگانه‌ای هستند. ضمناً، برخی از کانیها در برابر نورهای طبیعی و مصنوعی (به‌ویژه تابش اشعه ماورای بنفش) و حتی زاویهٔ تابش نور تغییر رنگ می‌دهند.

اثر بر چینی بدون لعاب ــ برای آنکه رنگ واقعی برخی از کانیها معلوم شود، معمولاً رنگ گرد آنها را نگاه می‌کنند. بدین منظور، کانی موردنظر را بر روی قطعه‌ای چینی بدون لعاب می‌کشند تا لایهٔ نازکی از مواد کانی بر روی آن بر جای بماند. اثر کانیهای غیرفلزی معمولاً بی‌رنگ یا به‌رنگهای بسیار روشن است. در عوض، کانیهای فلزی رنگهای تیره‌ای بسته به‌نوع خود پدید می‌آورند. مثلاً اثر پیریت سیاه است، حال آن که رنگ خود بلور زرد طلایی است. یا آن که اثر مانیتیت (Fe_3O_4) سیاه و اثر اولیژیت (Fe_2O_3) قهوه‌ای نمایان می‌شود، در حالی که ظاهر این دو کانی معمولاً سیاه است.

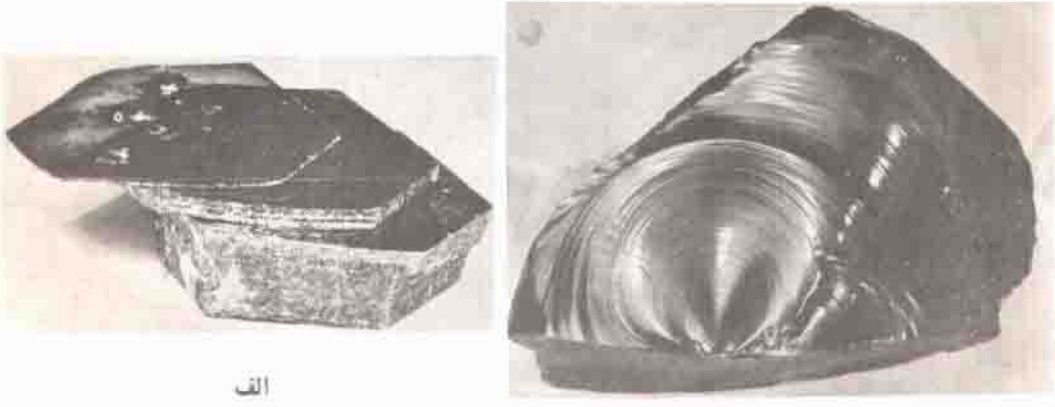
جلا ــ جلای کانی یعنی توانایی آن در منعکس ساختن، متفرق کردن یا جذب نور. کانیها را از لحاظ جلا به‌انواع شیشه‌ای، خاکی، فلزی، صمغی و غیره طبقه‌بندی می‌کنند.

جلای کانیها
فلزی : نور را به خوبی منعکس می‌سازند
شیشه‌ای : روشن ، مانند شیشه
صمغی : ظاهری صمغ مانند دارند
چرب : مانند آن است که سطح کانی را چرب کرده باشند
ابریشمی : ظاهری رشته رشته دارد

سطح شکست و سطح تورق ــ بعضی از بلورهای کانیها به‌هنگام شکسته شدن، در امتداد سطح یا سطوح معینی شکسته می‌شوند که بستگی به‌ساختمان داخلی و اتمی آنها دارد، بدین معنی که قدرت پیوندهای میان اتمها در جهات مختلف مشابه نیست. کانی میکا همیشه در امتداد یک سطح ورقه‌ورقه می‌شود، ولی بلور نمک طعام و کلسیت در سه جهت تورق می‌یابند. نوع پیوندها در برخی از کانیها مانند کوارتز در همه جهت محکم است، بنابراین، چنین کانیهایی در جهات مشخصی نمی‌شکنند. طرز شکسته شدن را در چنین کانیهایی با اصطلاحاتی از قبیل صدفی، صاف، ناصاف، رشته‌ای، نامنظم و غیره بیان می‌کنند.



شکل ۹ ــ ۳ ــ نوع تورق یافتن در کانیهای گالن، کلسیت و میکا.



الف

ب

شکل ۱۰ ــ ۳ ــ بلورهای میکا در امتداد یک سطح به‌آسانی متورق می‌شوند (الف)
شکستگی صدفی در سنگ ابسیدین (ب)

درجهٔ سختی ــ درجهٔ سختی یک کانی، میزان مقاومت آن را در برابر خراشیده شدن نشان می‌دهد. مثلاً، یک قطعه بلور کلسیت با تیغهٔ چاقو خراشیده می‌شود، اما همین تیغه چاقو وقتی روی بلور کوارتز کشیده شود، در روی آن لیز می‌خورد. پس این دو کانی، دو درجهٔ سختی متفاوت

دارند. برای تعیین درجهٔ سختی کانیها، به‌عنوان مبنای مقایسه از جدول مخصوصی استفاده می‌شود که به‌نام جدول موهس (Mohs) معروف است. این جدول شامل ۱۰ کانی با ده درجهٔ سختی متفاوت است که از تالک (نرم‌ترین جسم) شروع می‌شود و به‌الماس (سخت‌ترین جسم) ختم می‌گردد (جدول ۱۱ ــ ۳).

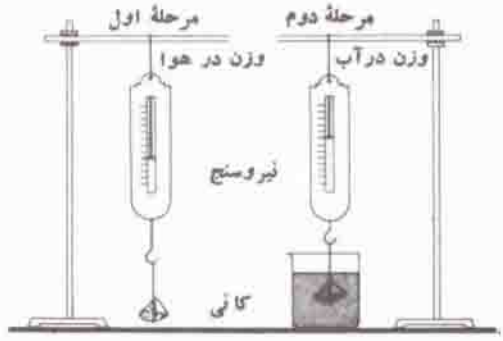
نام کانی	درجه سختی	اشیای معمولی
تالک	۱	
ژیپس	۲	
—		ناخن
—		سکه مسی یا سیم مسی
کلسیت	۳	
فلوئوریت	۴	
آپاتیت	۵	
—		تیغه چاقو
—		شیشه
ارتوز (ارتوکلاز)	۶	
کوارتز	۷	
توپاز	۸	
کرندوم	۹	
الماس	۱۰	

جدول ۱۱ ــ ۳ ــ درجه سختی کانیها

البته در مورد سنجش درجه سختی کانیها باید نهایت مراقبت به‌عمل آید تا معلوم شود که واقعاً خراشیدگی پدید آمده است یا نه، چون یک کانی نرم ممکن است اثری در روی کانی سخت‌تر از خود بگذارد ولی این اثر را به‌آسانی و با مالش می‌توان پاک کرد، در حالی که خراشیدگیهای واقعی پاک‌شدنی نیست و می‌توان آن را با ناخن حس کرد. عمل خراش دادن را باید روی کانی نامشخص و بالعکس انجام داد. درجهٔ سختی بیشتر به‌نوع ترکیب و استقرار اتمها در مولکول بستگی دارد تا به‌نوع عنصر. چنان‌که الماس و گرافیت هر دو تقریباً از کربن خالصند، اما یکی سخت‌ترین اجسام و دیگری از نرمترین آنهاست.

وزن حجمی ــ وزن نسبی کانیها را تا حدودی می‌توان با در دست گرفتن حجمهای مساوی از آنها تشخیص داد. اما راه دقیق‌تر، تعیین وزن حجمی آنهاست، یعنی این که تعیین کنیم وزن یک کانی چندبار از وزن آب هم‌حجمش بیشتر است. برای این کار، ابتدا کانی را با نیروسنج دقیقاً وزن می‌کنند، سپس آن را در جایی که هنوز به‌نیروسنج متصل است به‌طور کامل در آب غوطه‌ور می‌کنند و دوباره وزنش را می‌خوانند. تفاوت وزن حاصل مربوط به‌وزن آب هم‌حجم کانی است. سپس با تقسیم وزن کانی (در هوا) به‌وزن آب هم حجم، وزن حجمی کانی به‌دست می‌آید.

$$\text{وزن حجمی} = \frac{\text{وزن کانی در هوا}}{\text{وزن آب هم‌حجم}}$$



شکل ۱۲ ــ ۳ ــ طرز تعیین وزن حجمی کانیها

خواص دیگر ــ گرما شفافیت کانیهای آبداری مانند ژیپس را از میان می‌برد، چنان‌که اگر شعله کبریت را به‌ورقهای آن نزدیک کنیم، کدر خواهد شد و بدین وسیله از میکای سفید (طلق نسوز) مشخص می‌گردد. به‌همین ترتیب سنگهای سوختنی اثر سیاهی بر انگشت می‌گذارند، طعم نمک طعام شور و طعم کلریدپتاسیم سوزنده است. کلسیت با اسید کلریدریک سرد و رقیق و دولومیت با اسید کلریدریک گرم و غلیظ ترکیب می‌شوند و گاز CO_2 می‌دهند.

همچنین امروزه برشهای نازکی از کانیها تهیه می‌کنند و آنها را در زیر میکروسکوپهای مخصوص (که با نور پلاریزه کار می‌کنند) مورد مطالعه قرار می‌دهند. از آنجا که هر کانی دارای خواص نوری ویژه‌ای است، این نوع مطالعه در شناسایی کانیها ارزش فراوانی دارد.

*** تعیین وزن حجمی سنگها و کانیها** ــ در چند نمونه از سنگها و کانیهایی که تهیه کرده‌اید، می‌توانید با کمک یک نیروسنج حساس وزن حجمی را اندازه‌گیری کنید. برای این کار، سنگ یا کانی را مطابق شکل ۱۲-۳ از نیروسنج بیاویزید و وزن آن را در هوا اندازه بگیرید. سپس وزن را

در حالی که نمونه به‌طور کامل در آب غوطه‌ور شده اندازه بگیرید (توجه داشته باشید که سنگ یا کانی مورد آزمایش، با دیواره یا کف ظرف برخورد نداشته باشد). آنگاه بر اساس فرمول $\frac{\text{وزن کانی در هوا}}{\text{وزن آب هم‌حجم}}$، وزن حجمی را بسنجید. (برای سنجش وزن حجمی کانیهای محلول در آب چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟)

به‌مثال زیر توجه کنید:

a ــ وزن نمونه در هوا ۵۰ گرم

b ــ وزن نمونه در آب ۳۰ گرم

c ــ مقدار کاهش وزن در آب ۲۰ گرم

$$\text{وزن حجمی} = \frac{a}{c} = \frac{۵۰}{۲۰} = ۲/۵$$

وزن حجمی سنگهای مورد آزمایش را با آنچه که در جدول ضمیمهٔ آخر کتاب آمده مقایسه کنید.

۱ ــ آیا آنچه شما به‌دست آورده‌اید با اعداد موجود در جدول مزبور اختلاف دارد؟ چقدر؟

۲ ــ فکر می‌کنید وجود این اختلاف ناشی از چیست؟

*** تشخیص کانیها ــ** برای تشخیص خواص کانیها به‌یک چاقو با تیغهٔ فولادی، یک چکش، یک قطعه شیشه، یک سوهان سه‌پهلو، یک سکهٔ مسی، یک ذره‌بین قوی، مقداری اسیدکلریدریک رقیق و یک قطعه چینی بدون لعاب احتیاج دارید.

یک قطعهٔ کانی را از یک طرف بشکنید و در سطح مقطع تازهٔ آن، رنگ، جلا و طرز شکستگی را ببینید. سعی کنید با نوک چاقو یا سوهان، خراشی در روی کانی مزبور پدید آورید. اگر به‌نظر شما خراشیدگی یافت، با ذره‌بین محل خراش را امتحان کنید و از پدید آمدن آن مطمئن شوید. همین کار را با کانیهای مختلفی که در اختیار دارید تکرار کنید و نتایج را با جدول موهس (۱۱-۳) مقایسه نمایید.

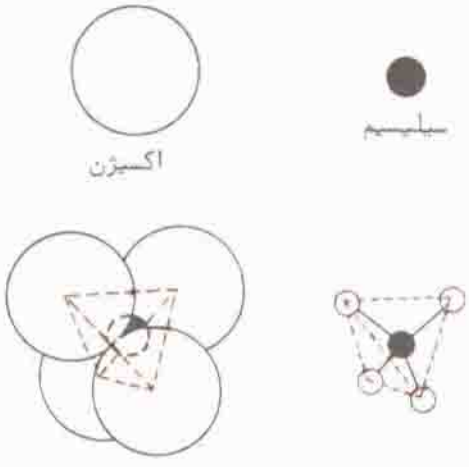
یکی دیگر از آزمایشهایی که می‌توانید در مورد کانیها انجام دهید، مشاهدهٔ اثر آنها بر چینی بدون لعاب است. ضمناً مقداری از گرد آنها را در آب بریزید تا از حل شدنشان در آب آگاه شوید. آیا رنگ کانی در ظاهر با رنگی که از خود بر روی چینی بدون لعاب باقی می‌گذارد یکی است؟ گرد کدام کانی در آب حل می‌شود؟

طرز تشکیل و پراکندگی کانیها در پوستهٔ زمین

۱ــ کانیهای ماگمایی ــ ۹۵ درصد از وزن پوستهٔ زمین را سنگهای آذرین تشکیل می‌دهند. این

سنگها از سردشدن ماده‌ای مذاب به‌نام ماگما (Magma) به‌وجود آمده‌اند. بدین‌ترتیب بدیهی است که کانیهای متشکلهٔ این نوع سنگها که منشأ آذرین دارند از انواع دیگر در پوسته فراوانترند. مطالعهٔ ترکیب شیمیایی سنگهای آذرین و آتشفشانهای فعال این گونه نشان می‌دهد که ماگما یک ترکیب سیلیکاتی با مقدار زیادی اکسیدهای فلزی، بخار آب و دیگر مواد فرّار است که از اعماق به‌قسمتهای بالایی پوسته راه می‌یابد و به‌تدریج دمای خودرا از دست داده و این‌گونه سنگها را به‌وجود می‌آورد.

ماگما پس از تشکیل با استفاده از قسمتهای ضعیف پوسته، مانند شکافها و درزهای موجود راه خود را به‌بالا باز کرده، به‌سطح زمین نزدیک می‌گردد. در اثر این بالاآمدن ماگما به‌تدریج دمای خود را به‌سنگهای اطراف که سنگهای درونگیر نامیده می‌شوند از دست می‌دهد و تبدیل به‌ماده‌ای غلیظ‌تر می‌گردد. از دست دادن فشار نیز سبب می‌شود که مواد فرّار و بخار آب موجود در ماگما از آن خارج شده، به‌درون درزها و شکافهای سنگهای پوسته راه یابند. این تغییرات نیز باعث می‌گردند که ماگما بیش از پیش سرد شود و کانیهای آذرین یکی پس از دیگری متبلور گشته و سنگهای آذرین درونی چون گرانیت را به‌وجود آورد. بلور کانیها در این نوع سنگها اغلب درشت است. مواد فرار و بخار آب جدا شده از ماگما نیز در تماس با سنگهای درونگیر، کانسنگها و رگه‌های معدنی را می‌سازند که توضیح بیشتر این مطلب را در صفحات بعد می‌خوانید. آن قسمت از ماگما که به‌سطح زمین راه می‌یابد، گدازهٔ آتشفشانی یا لاوا (Lava) نام دارد. سنگهای آذرین بیرونی مانند بازالت و سنگ‌پا از سرد شدن سریع لاوا پدیدار گشته‌اند که اغلب کانیهای متشکلهٔ آنها دارای بلورهای بسیار ریز است که با چشم غیرمسلح دیده نمی‌شوند. گدازه‌ها معمولاً



شکل ۱۳ ــ ۳ ــ طرز تشکیل واحد بنیادی سیلیکاتها که از چهار اتم اکسیژن و یک اتم سیلیسیم ساخته می‌شود. در سمت راست این واحد به‌اختصار به‌صورت یک چهاروجهی نشان داده شده است.

فاقد مواد فرّار تشکیل‌دهندهٔ کانسنگها هستند و بـه‌همین جهـت از نـظر اقـتصادی بسیار کم‌اهمیت‌اند.

مهمترین کانیهای ماگمایی عبارتند از سیلیکاتهای فلزاتی چون آلومینیم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم همراه سیلیس که جمعاً ۹۹ درصد حجم سنگهای آذرین را تشکیل می‌دهند. علاوه بر اینها گروه دیگری از کانیها که غیر سیلیکاتها نام دارند نیز بـه‌مـقدار بسیار کـمی در این‌گونه سنگها یافت می‌شوند که عبارتند از فسفاتها، کربناتها، سولفاتها، اکسیدها، سولفیدها و چند عنصر آزاد. (جدول ۳-۳)

از آنجا که سیلیکاتها در تشکیل سنگها نقش مهمی دارند، لازم است که مختصراً ساختمان اتمی آنها را مورد بررسی قرار دهیم. کوچکترین واحد سازندهٔ سیلیکات بـه‌شکل یک هرم ۴ وجهی است که تمام سطوح آن را مثلثهای مـتساوی‌الاضلاع تشکیل مـی‌دهند. در مـرکز ایـن چهاروجهی یک اتم سیلیسیم و در رأسهای آن چهار اتم اکسیژن طوری قـرار دارنـد کـه اتـم سیلیسیم را کاملاً می‌پوشانند (شکل ۱۳-۴). ایـن بـنیانهای چهـاروجهی سیلیکات دارای بـار الکتریکی منفی بوده $(SiO_4)^{4-}$ می‌بایستی یکدیگر را دفع نمایند. لیکن در بلور کـانیها ایـن بـنیانها به‌وسیلهٔ یونهای مثبت چون آلومینیم، آهن، منیزیم و غیره به‌طوری به‌یکدیگر پیوند داده شده‌اند کـه واحد سازندهٔ بلور دارای بار خنثی است. در شکل ۱۴-۳ اساس ساختمان اتمی بلور چند کانی که در اثر پیوندهای گوناگون بنیانهای سیلیکاتی به‌وجود می‌آیند نشان داده شده است.

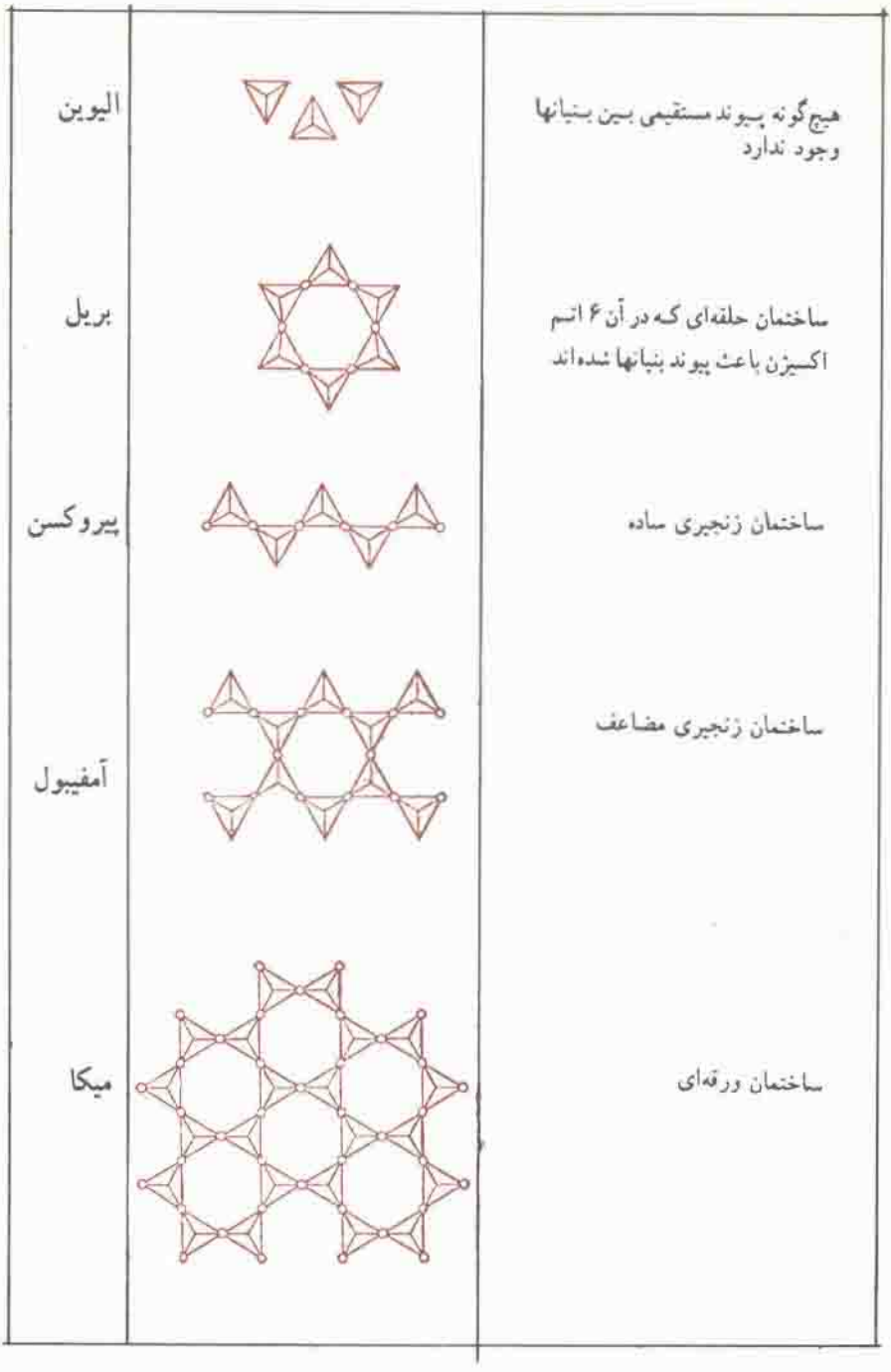
سیلیکاتها ــ چند نمونه از مهمترین کانیهای دستهٔ سیلیکاتها عبارتند از:

کوارتز یا دُرّ کوهی، این کانی بی‌رنگ به‌میزان زیاد در سنگهای آذرین روشن مانند گرانیت و ریولیت وجود دارد. در ایران سنگهای گرانیتی در نزدیکی مشهد (کوه‌سنگی)، یـزد (شیرکـوه)، همدان (کوه الوند) و چند نقطهٔ دیگر گسترش دارند.

کوارتز به‌صورت رگه‌های معدنی و همچنین به‌صورت کانی اصلی در بـعضی از سنگهـای رسوبی از قبیل ماسه‌سنگ یافت می‌شود. کـوارتز در صنعـت شیشه‌سازی، تـهیهٔ کـاغذ سمباده و ابزارهای نوری و الکترونی کاربرد دارد. کانسارهای کوارتز در اغلب نقاط ایران وجـود دارنـد. بعضی از انواع کوارتز از جمله عقیق به‌عنوان سنگ نیمه‌قیمتی در جواهرسازی کاربرد دارد.

فلدسپارها (Feldspars) یا فلدسپاتها، مـهمترین نـوع کـانیهای سیلیکاتـی هستند و در اکثر سنگهای آذرین یافت می‌شوند. این کانیها سیلیکاتهای آلومینیم، سدیم و پـتاسیم‌دار و یـا سدیـم و کلسیم‌دار هستند و به‌ترتیب دو گروه ارتـوکلازها و پـلاژیوکلازها را تشکیل مـی‌دهند. بـلورهای درشت و صورتی رنگ ارتوکلاز در سنگ‌های آذرین درونی مانند گرانیت و سینیت وجود دارد. پلاژیوکلازها در انواع سنگهای آذرین با بلورهای سفید و خاکستری کـمرنگ یـافت مـی‌گـردند.

کانسارهای مهم فلدسپار در ایران در نزدیکی بروجرد و مشهد یافت می‌شوند.



شکل ۱۴ ــ ۳ ــ ساختمان چهار وجهی سیلیکات (SiO_4) به‌صورتهای گوناگون در کنار هم قرار می‌گیرد و سیلیکاتهای مختلف را پدید می‌آورد.

نام	نام توصیفی		فرمول	یون موجود
ارتوکلاز	فلدسپات پتاسیک		$K(AlSi_3O_8)$	K^+
آلبیت	فلدسپات سدیک	پلاژیوکلاز	$Na(AlSi_3O_8)$	Na^+
آنورتیت	فلدسپات کلسیک		$Ca(Al_2Si_2O_8)$	Ca^{+2}

شکل ۱۵ ــ ۳ ــ جدول تقسیم‌بندی فلدسپاتها

میکاها از دیگر کانیهای سیلیکاتی‌اند که منشأ ماگمایی دارند و بلورهای آنها به‌صورت پولکهای براق در اغلب سنگهای آذرین یافت می‌شوند. دو نوع میکا به‌نامهای میکای سفید و میکای سیاه بیشتر از انواع دیگر در سنگهای آذرین دیده می‌شوند. میکاها بخاطر ساختمان اتمی مخصوصی که دارند به‌آسانی متورق می‌گردند.

آمفیبولها از دیگر کانیهای ماگمایی هستند. بلور این دسته از کانیها در یک بعد، طویل است. از انواع آمفیبولها، هورنبلاند، اکتینوت و آزبست یا پنبهٔ کوهی را می‌توان نام برد. در بعضی از سنگهای آذرین بلورهای دراز هورنبلاند به‌رنگهای سیاه و سبز تیره یافت می‌گردد. بلورهای سوزنی شکل آزبست نیز شباهت زیادی به‌الیاف طبیعی (مانند پنبه، پشم و کنف) دارد و به‌همین دلیل به‌آن پنبه‌نسوز می‌گویند و از آن برای تهیه لباس‌های ضدآتش و دیگر وسایل نسوز استفاده می‌گردد.

شکل ۱۶ ــ ۳ ــ پنبه کوهی

پیروکسنها نیز از جمله کانیهای اصلی سنگهای آذرین‌اند. مهمترین نوع این دسته از کانیها اوژیت نام دارد که بلورهای منشوری شکل آن به‌رنگهای سیاه و قهوه‌ای تیره در بعضی از سنگهای آذرین مانند گابرو یافت می‌گردد.

الیوین، یکی دیگر از کانیهای مهم سازندهٔ سنگهای آذرین است. بلورهای الیوین سبز زیتونی‌رنگ است. الیوین در اثر هوازدگی ابتدا بسرپانتین و سپس به‌تالک بدل می‌گردد. سنگ سرپانتین بعد از جلادادن به‌عنوان سنگ روکار ساختمان کاربرد دارد. سرپانتین و تالک در جنوب فریمان و جنوب باختری مشهد وجود دارد.

غیرسیلیکاتها ــ این گروه از کانیها شامل فسفاتها، سولفاتها، سولفیدها، اکسیدها و چند عنصر آزاد از قبیل مس، طلا، گوگرد و گرافیتند و در مقایسه با سیلیکاتها به‌میزان بسیار کمتری در سنگهای آذرین وجود دارند. مهمترین انواع کانیهای غیرسیلیکاتی به‌شرح زیرند:

آپاتیت، فسفات کلسیم با کمی کلر و فلوئور است که به‌صورت یکی از کانیهای فرعی در سنگهای آذرین یافت می‌شود. بلورهای آپاتیت معمولاً به‌رنگ‌های زرد و سبز مایل به‌زرد بوده و در اطراف مشهد و جزیرهٔ هرمز به‌مقدار کم دیده شده است. از آپاتیت در تهیه کودهای شیمیایی فسفردار و اسید فسفریک استفاده می‌شود.

باریت، یا سولفات باریم معمولاً در رگه‌های معدنی یافت می‌شود. وزن مخصوص زیاد و

شکل ۱۷ ــ ۳ ــ اجتماعی از بلورهای مکعبی شکل پیریت

رنگ سفید و یا خاکستری روشن وجه مشخص باریت است. از کانسارهای باریت در ایران در نزدیکی تهران (پرندک و کرج)، ساوه، بهبهان و شمال بجنورد بهره‌برداری می‌شود. این کانی پس از آسیاب‌شدن به‌صورت پودر در گل حفاری چاههای نفت و گاز به‌کار برده می‌شود.

پیریت، دارای ترکیب شیمیایی سولفید آهن (FeS_2) بوده، بیش از تمام سولفیدهای فلزی در پوسته زمین یافت می‌شود. جلای این کانی، فلزی و بسیار شبیه طلاست. پیریت به‌میزان بسیار کم در سنگهای آذرین دیده شده است.

۲ ــ کانیهای رسوبی ــ مواد حاصل از تخریب سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی توسط آبهای جاری به‌حوضه‌های رسوب‌گذاری حمل می‌گردند و در دریاچه‌ها و دریاها ته‌نشین می‌شوند. پاره‌ای از کانیها ابتدا در آبهای جاری به‌صورت محلول درمی‌آیند و سپس در اثر تبخیر آب و یا واکنشهای دیگر در دریاچه و دریاها کانیهای رسوبی را پدید می‌آورند.

از نظر فراوانی، مهمترین کانیهای رسوبی عبارتند از کربناتها، کلریدها و برخی از سولفاتها.

کلسیت ($CaCO_3$) کانی اصلی سنگهای آهکی و مرمر است. موجودات زندهٔ دریاهای گرم مانند دوکفه‌ایها، مرجانها و روزن‌داران صدف یا پوسته خودرا از کلسیت محلول در آب می‌سازند. پس از مرگ و ته‌نشین شدن اجساد نسلهای بسیار در کف دریاها، پوسته آهکی این جانوران با سیمانی از کربنات کلسیم به‌صورت لایه‌های سنگ آهک درمی‌آید (شکل ۱۳-۷).

در تشکیلات رسوبی ایران سنگهای آهکی گسترش بسیار زیادی دارند و رشته کوههای با عظمتی چون هزار مسجد و کپه‌داغ در خراسان و زاگرس در لرستان، خوزستان و فارس را به‌وجود آورده‌اند. سنگ آهک برای کارهای ساختمانی و همچنین تهیهٔ سیمان در اغلب نقاط ایران استخراج می‌گردد.

کلسیت تنها دارای منشأ رسوبی نیست، بلکه در رگه‌های معدنی و اغلب به‌صورت بلورهای لوزی السطوح بی‌رنگ، یا شیری‌رنگ دیده می‌شود، و در غارهایی هم که در اثر نفوذ آبهای زیرزمینی در سنگهای آهکی به‌وجود آمده‌اند (غار دربند سمنان و علی‌صدر همدان) به‌صورت ستونهایی قائم دیده می‌شود.

دولومیت، کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم ($Ca,Mg[CO_3]_2$) کانی اصلی سنگهای دولومیتی است. بلور سفید یا خاکستری این کانی شبیه به‌بلور کلسیت است ولی کمتر از آن یافت می‌گردد. ضمناً اسیدکلریدریک سرد و رقیق برخلاف کلسیت بر دولومیت بی‌اثر است. در بعضی از دریاها در اثر واکنشهای شیمیایی که دولومیتی شدن نامیده می‌شوند رسوبات آهکی تبدیل به‌دولومیت می‌گردند. سنگهای دولومیتی نیز در ایران، مخصوصاً در کوههای البرز مرکزی،

کوههای شمال باختری دشت لوت (اطراف طبس)، کوههای زاگرس و کوههای سلطانیه (باختر زنجان) گسترش زیادی دارند.

نمکهای محلول در آبهای جاری که به‌دریاچه‌ها و دریاها می‌ریزند در اثر تبخیر آب در حوضه‌های رسوبی بسته و کولابی، دوباره به‌صورت لایه‌هایی از رسوبات تبخیری درمی‌آیند. آن دسته از نمکهایی که در دریاچه‌های نواحی گرم زمین مانند ایران رسوب می‌نمایند معمولاً شامل کلرید سدیم، سولفات سدیم و کربناتهای قلیایی‌اند. در حاشیهٔ دریاچه‌های اورمیه، قم، مهارلو (شیراز) و بختگان (نی‌ریز) این‌گونه نمکها ته‌نشین می‌گردند اخیراً در حاشیهٔ جنوبی دریاچهٔ مهارلو جهت کارخانهٔ کودشیمیایی فارس از این نمکها بهره‌برداری می‌شود.

شکل ۱۸ ــ ۳ ــ نمونه‌ای از بلورهای مجتمع و بی‌رنگ کلسیت

رسوبات بسیار قدیمی نمک در پوستهٔ زمین و خاصه در ایران گسترش زیادی دارد. در ناحیهٔ جنوبی ایران (فارس و کرمان) نمکهای تشکیلات رسوبی هرمز، که بالغ بر ۱۰۰۰ میلیون سال قبل در حاشیهٔ دریاهای گرم در اثر تبخیر آب ته‌نشین شده است، هم‌اکنون در بیش از ۲۰۰ منطقه تشکیل گنبد نمکی داده‌اند که اکثراً کوه نمک نامیده می‌شوند. در منطقهٔ مرکزی ایران (دشت کویر) نیز تشکیلات ضخیم نمکی توسعهٔ زیادی دارند و از کانسارهای آن در اطراف سمنان، گرمسار، ایوانکی و قم جهت مصارف صنعتی و خانگی بهره‌برداری می‌شود.

سولفاتها، غالباً همراه با کلریدها در رسوبات تبخیری دریایی یافت می‌شوند. مهمترین نوع این دسته از کانیهای رسوبی انیدریت نام دارد که سولفات کلسیم (SO_4Ca) بدون آب است. نوع آبدار این کانی ژیپس یا گچ ($2H_2O$ و $CaSO_4$) است که در اکثر نواحی ایران یافت می‌گردد، لایه‌های انیدریت و گچ به‌خاطر خاصیت نفوذناپذیری نقش بسیار مهمی را در نگهداری ذخایر نفت و گاز دارند. از جمله سنگ آهک آسماری را که مهمترین سنگ مخزن نفت در جنوب ایران است، لایه‌های گچی تشکیلات تبخیری گچساران پوشانیده‌اند.

فسفاتها، از جمله پرارزشترین کانیهایی هستند که بیشتر منشأ رسوبی دارند. ارزش فسفات در تهیه کودشیمیایی است. مهمترین کانی این گروه آپاتیت است، ولی ذخایر غنی فسفات در سنگهای رسوبی تشکیل می‌گردد. در ایران نهشته‌های فسفات در نزدیکی تهران (دره شمشک) و در کوههای زاگرس وجود دارد.

کانیهای رسی، نیز از تجزیه شیمیایی پاره‌ای از سیلیکاتها در اثر فرسایش و هوازدگی به‌وجود می‌آیند. این کانیها همراه با موادآلی گیاهی و جانوری و پاره‌ای از باکتریها، خارجی‌ترین قشر پوسته یعنی خاک را به‌وجود می‌آورند. برخی از انواع کانیهای رسی مانند کائولن در صنعت کاشی‌سازی و چینی‌سازی کاربرد زیادی دارد.

$$\underset{\text{فلدسپات}}{2KAlSi_3O_8} + 2H_2O + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{کائولن}}{Al_2Si_2O_5(OH)_4} + 4\,SiO_2 + K_2CO_3$$

۳ ــ کانیهای دگرگونی ــ کانیهای سنگ‌های آذرین و رسوبی در اثر فشار لایه‌های بالایی و دمای زیاد موجود در قشرهای زیرین پوسته و یا در مجاورت توده‌های ماگمایی تغییر شکل و حالت داده و به‌صورت کانیهای جدیدی متبلور می‌گردند.

گارنتها یا گروناها، اکثراً در سنگهای دگرگونی از قبیل میکاشیست یافت می‌شوند. انواع شفاف گارنت پس از تراش به‌عنوان سنگ قیمتی در جواهرسازی به‌کار برده می‌شود. این کانی به‌خاطر سختی نسبتاً زیادی که دارد (درجهٔ سختی ۷) در تهیهٔ کاغذ سنباده نیز مصرف می‌گردد. گارنت با بلورهای قرمز و به‌اندازه‌های مختلف در سنگهای دگرگونی اطراف مشهد و همدان یافت می‌گردد.

گرافیت، تنها کانی دگرگونی است که منشأ آلی دارد. گرافیت مانند الماس از کربن خالص تشکیل شده، ولی برخلاف آن بسیار نرم است (درجهٔ سختی یک). گرافیت از دگرگون شدن بعضی از انواع زغال‌سنگ پدید می‌آید. در ایران گرافیت در سنگهای دگرگونی حاشیهٔ خاوری دشت لوت (جنوب باختری بیرجند) دیده شده است. گرافیت در صنایع مختلف شیمیایی و الکتریکی به‌کار برده می‌شود، مثلاً در ساختن مداد، «زغال» دینام الکتروموتورها و در راکتورهای

اتمی به‌عنوان کم‌کننده سرعت نوترونها و در ماشینهایی که حرارت بسیار زیاد تولید می‌کنند به‌جای روغن برای کم کردن نیروی اصطکاک به‌کار می‌رود.

کانسنگها و کانسارها ــ در بحثهای گذشته دیدیم که کانیهای موجود در پوستهٔ زمین را می‌توان به ۳ گروه تقسیم نمود که در میان آنها گسترش کانیهای ماگمایی بیش از انواع دیگر است. آن دسته از کانیها مانند آهن، مس، سرب، طلا، نفت، زغال‌سنگ و غیره که احتیاجات انسان را برآورده می‌کنند و اکتشاف و بهره‌برداری از آنها در اقتصاد فرد و یا جامعه مؤثر است **کانی اقتصادی** نامیده می‌شوند. همین‌طور دیدیم که پاره‌ای از فلزات و شبه فلزات مانند طلا و الماس در طبیعت به‌طور آزاد یافت می‌گردند که به‌هر حال درصد بسیار ناچیزی را شامل می‌گردند. تقریباً تمام فلزات را بایستی به‌طریق فیزیکی یا به‌وسیلهٔ واکنشهای شیمیایی از سنگهایی که دارای عناصر فلزی هستند و **کانسنگ** یا **سنگ معدن** نامیده می‌شوند جدا نمود. بنابراین کانسنگ از ترکیب یک یا چند کانی فلزی با کانیهای کم‌ارزش به‌نام **گانگ** یا **باطله** درست شده است. گرچه کانسنگ اغلب به‌سنگهای معدنی فلزی اطلاق میشود ولی در مورد سنگ معدن چند شبه‌فلز مانند گوگرد، گارنت و گرافیت نیز واژه کانسنگ به‌کار برده می‌شود.

خلاصه

۱ ــ کانیها مواد جامد طبیعی و معمولاً متبلوری هستند که ترکیب شیمیایی آنها یا ثابت است، یا در حد معینی تغییر می‌کند.

۲ ــ کانیها را بر اساس ساختمان شیمیایی به ۷ گروه تقسیم می‌کنند که مهمترین آنها سیلیکاتها، کربناتها و اکسیدها هستند.

۳ ــ کانیها را بر اساس خواص فیزیکی و ظاهری (رنگ، درجه سختی، جلا، شکل بلور، وزن حجمی) یا با استفاده از معرفهای شیمیایی شناسایی می‌کنند.

۴ ــ کانیها ممکن است منشأ ماگمایی، رسوبی یا دگرگونی داشته باشند. از کانیهای ماگمایی سیلیکاتها مهمتر و فراوانتر از بقیه‌اند. در میان کانیهای رسوبی کانیهای کربناتی، رستی، فسفاتی و سولفاتها را می‌توان نام برد. کانیهای دگرگون شده مهم نیز گارنتها، و گرافیت‌اند.

۵ ــ کانیهای قابل بهره‌برداری و قابل مصرف را به‌طرق فیزیکی و شیمیایی از کانسنگهای آنها جدا می‌سازند و مورد استفاده قرار می‌دهند.

پرسش و خودآزمایی

۱ــ کانی را چگونه تعریف می‌کنید؟
۲ــ چرا کانیها همه متبلورند؟
۳ــ تفاوت میان سنگ و کانی چیست؟
۴ــ آیا خواص کانیها بیشتر مربوط به‌ترکیب شیمیایی آنهاست، یا آنکه عوامل مهم دیگری هم وجود دارند؟
۵ــ آیا با نگاه کردن به‌ظاهر یک بلور می‌توان دربارهٔ آرایش اتمی آن قضاوت کرد؟ توضیح دهید.
۶ــ کدامیک از کانیها در زندگی روزمره مورد استفادهٔ بیشتری دارد؟ توضیح دهید.
۷ــ دلیل تراش دادن سنگهای قیمتی چیست؟
۸ــ وجود کدام تفاوتهای ساختمانی سبب شده است که بلورهای میکا مستورق شوند، اما بلورهای کوارتز به‌صورت نامنظم بشکنند؟
۹ــ کانیهایی را که در گروههای زیر قرار می‌گیرند نام ببرید:

a ــ کانیهای کربن‌دار
b ــ کانیهای محتوی Al و Si
c ــ کانیهای دارای Na و Ca
d ــ کانیهای سخت‌تر از شیشه
e ــ کانیهایی که با چاقو خط برمی‌دارند
f ــ کانیهایی که خاصیت تورق دارند

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ سنگ‌شناسی، قریب، عبدالکریم ۴۶.
۲ ــ کانیها، مهرنوش، منوچهر و دیگران ۵۳.
۳ ــ اصول علم کانیها، قریب، عبدالکریم (ترجمه).
۴ ــ بلورشناسی و کانی‌شناسی، عرفانی، حسین (انتشارات دانشگاه آزاد ایران).
۵ ــ کانی‌شناسی سیلیکاتها و غیرسیلیکاتها، سیروس زرعیان (انتشارات دانشگاه تهران).
۶ ــ کانی‌شناسی سیلیکاتها، عبدالحسین فرقانی (انتشارات دانشگاه تهران).

۵

متامورفیسم و سنگهای دگرگون شده

پروانه زیبایی را که مشاهده می‌کنید، روزی به‌صورت یک کرم کرکدار بوده است. شاید هم وقتی شما برای نخستین بار از این نکته آگاه شدید، تعجب کردید. تغییرات تخم به‌نوزاد کرمی شکل، شفیره و آنگاه حشره بالغ را در اصطلاح علمی متامورفوز (دگردیسی) می‌گویند. (شکل = Morphe تغییر = Meta). بیشتر سنگها به‌زیبایی پروانه‌ها نیستند (البته بجز در چشم علاقمندان به آنها) اما تغییراتی را که تحمل کرده‌اند، کمتر از چیزی نیست که یک پروانه به‌خود می‌بیند.

چرخهٔ سنگها (صفحه ۱۲) حکایت از تغییر دارد. کانیهایی که در محیطی تازه از لحاظ شرایط گرما و فشار و محلولهای موجود قرار می‌گیرند، تغییر می‌کنند، و متامورفیسم (دگرگونی) نامی است که به‌این تغییر (در ترکیب و بافت) داده شده است.

فرآیندهای دگرگون کننده

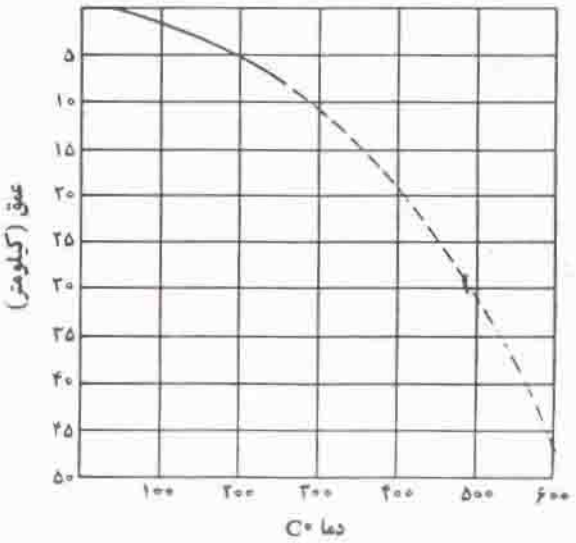
فرآیند متامورفیسم در درون پوستهٔ زمین و عموماً در عمق یک تا چند کیلومتری صورت می‌گیرد. عده‌ای فکر می‌کنند که هوازدگی نیز نوعی متامورفیسم است، زیرا به‌هر حال، تغییری در ترکیب سنگها پدید می‌آورد، یا آنکه سیمانی شدن یک ماسه سنگ و فشرده شدن گلهای نرم و تشکیل شدن سنگ سخت عمل دگرگونی است. البته این تصور نادرست نیست، اما زمین‌شناسان طبق قرارداد عمل دگرگونی را فقط به‌فرآیندهایی اطلاق می‌کنند که در دماها و فشارهایی بالاتر از آنچه که در سطح زمین وجود دارد، در روی سنگها، آنهم در حالت جامد آنها صورت می‌گیرند. ضمناً، تعیین حد فاصل دقیقی میان فرآیندهای سطحی و آنها که در درون زمین رخ می‌دهند چندان

آسان نیست. همچنین، در دما و فشار بالا فرآیندهای دگرگونی با فرآیندهای ولکانیسم که شامل ذوب شدن سنگهاست، درهم آمیخته می‌شود، و این خود تنها یک مثال از مشکل بودن کوششهای آدمی در زمینهٔ قرار دادن پدیده‌های طبیعی در قالبهای مصنوعی و خودساخته اوست.

عوامل دگرگون‌ساز

عواملی که در دگرگون شدن سنگها اثر دارند، عبارتند از گرما، فشار و محلولهایی که از لحاظ شیمیایی فعالند که آب مهمترین آنهاست.

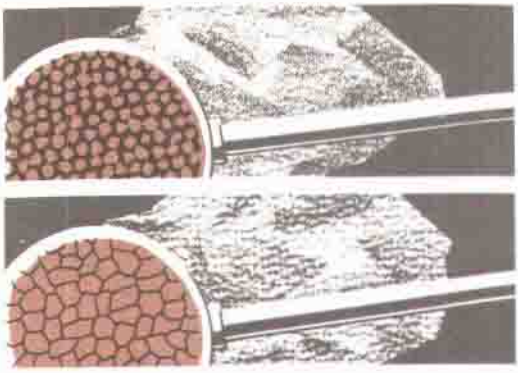
دمای زمین با افزایش عمق زیاد می‌شود. آزمایشات نشان داده‌اند که به‌طور متوسط در ازای هر ۳۰ متر افزایش عمق، یک درجه بر میزان دما افزوده می‌شود. بعضی از قسمتهای پوسته از قسمتهای دیگر گرمترند، اما در همه‌جا افزایش عمق با افزایش دما توأم است. در منحنی ۱-۵ قسمت پیوسته میانگین اندازه‌گیریهایی است که در درون چاههای مختلف از دما به‌عمل آمده است و قسمت نقطه‌چین منحنی، تخمین مقدار حرارت در قسمتهای عمیق‌تر است. البته این افزایش دما همچنان تا مرکز زمین یعنی عمق ۶۴۰۰ کیلومتری ادامه نمی‌یابد. به‌کمک روشهای غیرمستقیم، مقدار دمای مرکز زمین در حدود ۴۰۰۰ درجه یا کمتر مشخص شده است.



شکل ۱ ــ ۵ ــ گرمای درون زمین با افزایش عمق زیاد می‌شود. در قسمت نقطه چین منحنی میزان دما حدس زده شده است.

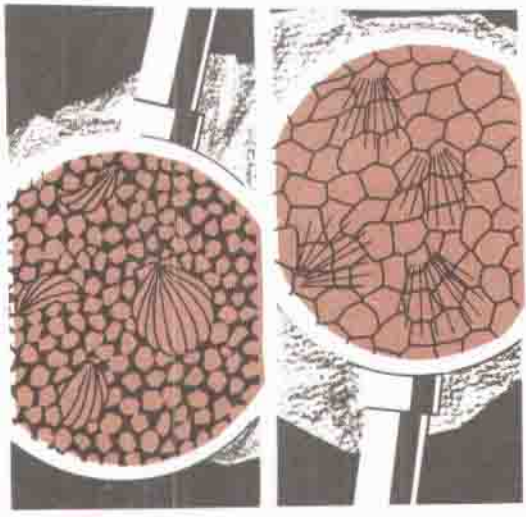
فشار نیز با عمق نسبت مستقیم دارد. فرض کنید که در معدنی، در چند کیلومتری زیرزمین قرار بگیرید. در این حال چند تن سنگ در بالای سر شما قرار دارد؟ طبعاً سنگهایی هم که در این

اعماق قرار دارند، از هر طرف تحت فشارند. اما این سنگها چگونه ممکن است برای کاهش یافتن حجم تغییر کنند؟ اکنون به‌دقت به‌دو سنگی که در تصویر ۲-۵ دیده می‌شوند نگاه کنید. هر دوی این سنگها از کوارتز ساخته شده‌اند. یکی از آنها ماسه‌سنگ و از انواع رسوبی است، و دیگری کوارتزیت است که از اقسام سنگهای دگرگون شده محسوب می‌شود. چه تفاوتی میان این‌دو می‌بینید؟ کدامیک رسوبی و کدام دگرگون شده است؟ بر اساس کدام خاصه‌ها چنین انتخابی را کردید؟ نظیر این تغییرات را تقریباً در همه سنگهای دگرگون شده دیگر هم می‌توان یافت.



شکل ۲ ــ ۵ ــ کدامیک از این دو سنگ دگرگون شده است؟

در شکل ۳-۵ نوعی دیگر از تغییر را می‌بینید. کدامیک از این سنگها رسوبی و کدامیک دگرگون شده است؟ در این سنگها چه تغییری مشاهده می‌شود؟ تفاوت این سنگها با سنگهای



شکل ۳ ــ ۵ ــ سنگ طرف چپ دارای دانه‌های کوارتز (SiO_2) و صدف نوعی نرم‌تن $CaCO_3$ است. در سنگ طرف راست کانی جدید ولاستونیت $CaSiO_3$ دیده می‌شود. کدام سنگ دگرگون شده است؟

شکل ۲-۵ در چیست؟

اگر قطعه‌ای ماسه‌سنگ کوارتزدار را تا دمایی نزدیک به‌دمای ذوب آن حرارت دهیم، تغییراتی در آن ظاهر خواهد شد. مثلا، پیدایش آرام کانیهای تازه‌ای در آن مشاهده می‌شود، یا آن که کانیهای موجود درشت‌تر می‌شوند. اگر شما سنگ را پس از مدت کوتاهی سرد کنید، اثر چندانی از حرارت را بر آن نخواهید دید، و برای آنکه تغییری در سنگ ظاهر شود، باید ماهها و بلکه سالها همچنان در روی اجاق باقی بماند. اما یک روش سریعتر آن است که ماسه‌سنگ را در محفظه‌ای در بسته قرار دهید و در حالیکه آن را گرم می‌کنید، از همه طرف تحت فشار زیاد بگذارید. اگر مقدار کمی آب در این ظرف دربسته موجود باشد، تغییرات، یعنی پیدایش کانیهای جدید، یا رشد کانیهای موجود باز هم سریعتر صورت خواهند گرفت.

با آنکه وجود فشار و گرمای زیاد برای انجام عمل دگرگونی لازم است، سنگهای بسیاری را می‌یابیم که در اعماق چند کیلومتری زمین قرار دارند، و هیچ‌گونه تغییری هم در آنها مشاهده نمی‌شود. به‌خاطر دارید که کانیها محتوی یونهایی هستند. در طی فرآیند دگرگونی، برخی از یونها سست شده، از کانی جدا می‌شوند، و برای این جدا شدن، نیاز به‌وجود مقداری آب یا محلولهای دیگر وجود دارد. بدین ترتیب، اگر سنگی مدتها در اعماق زمین هم قرار داشته باشد، در صورت عدم وجود آب، ممکن است دگرگون نشود.

در حین دگرگون شدن، یونها طوری تجدید آرایش می‌دهند که جای کمتری را اشغال کنند، و طبعاً سنگ حاصل از آنها متراکمتر می‌شود. نوعی از این واکنشها میان بعضی از یونهای سیلیسیوم با یونهای Ca و CO_2 موجود در ترکیبات آهکی انجام می‌گیرد و کانی جدیدی به‌نام ولاستونیت (Wollastonite) به‌فرمول $CaSiO_3$ پدید می‌آید (تصویر ۳-۵) که از کلسیت متراکمتر است. چنین تغییری در ماسه سنگهایی که محتوی صدف نرم‌تنان باشند رخ می‌دهد. بدین ترتیب، سنگهای آذرین یا رسوبی ممکن است در معرض فرآیند دگرگونی قرار گیرند و نوع عناصری که در آنها وجود دارد، نوع سنگ دگرگونی را که باید پدید آید تعیین می‌کند.

$$CaCO_3 + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3 + CO_2$$

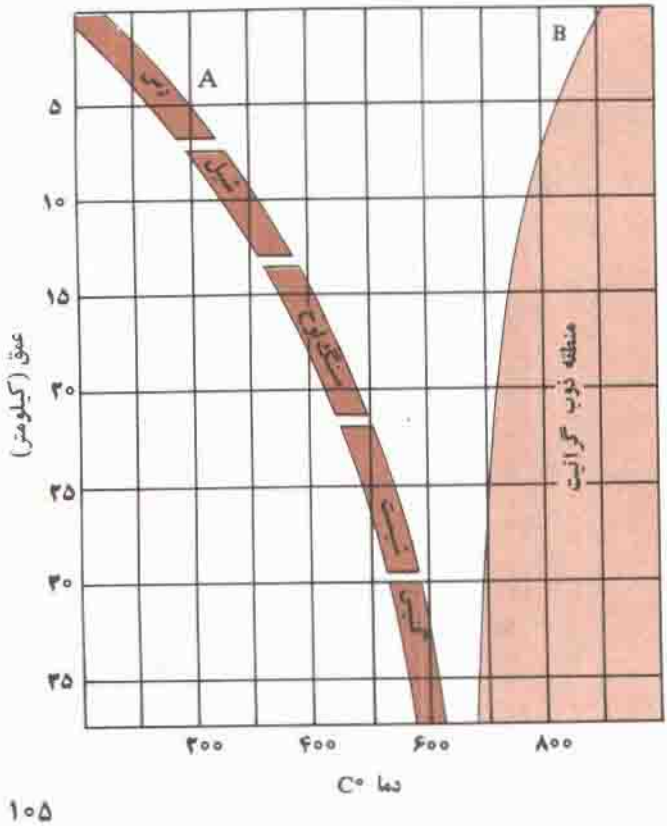
اقسام دگرگونی

در شرایط مختلف، سنگهای دگرگون شده متفاوتی حاصل می‌آیند، اما در هر حال، وجود عوامل ذکر شده، یعنی فشار، گرما و مقداری آب برای انجام این پدیده ضروری است.

عمل دگرگونی در سطح زمین هم می‌تواند صورت بگیرد. مقداری گدازهٔ روان آتشفشانی را درنظر بگیرید که رو به‌پایین کوه سرازیر شد. هنگامی که چنین گدازه‌ای از روی سنگهای دیگر می‌گذرد، ممکن است باعث «پخته» شدن آنها شود. به‌چنین نوع تغییری، دگرگونی حرارتی

می‌گویند، زیرا هنگامی صورت می‌گیرد که سنگهای مذاب در تماس با سنگهای دیگر قرار بگیرند. در این حال کانیهای سنگ سردتر، از لحاظ ترکیب و ساختمان تغییر می‌کنند. دگرگونی حرارتی در فشار خیلی کم صورت می‌گیرد. در درون زمین گاهی مقداری ماگما وجود دارد که گرمای زیاد حاصل از آن سبب پدید آمدن دگرگونی مجاورتی در سنگهای اطرافش می‌شود. مقدار چنین تغییری هم وابسته به دمای ماگما و مهمتر از آن، زمانی است که با سنگهای اطراف در تماس است. گدازه‌ای که در سطح زمین روان شود، چون به‌زودی گرمای خود را از دست می‌دهد، فرصت چندانی برای تغییر دادن سنگهای اطراف را ندارد، اما در درون زمین ممکن است مقداری ماگما در طول دهها، بلکه صدها هزار سال خنک شود و در این فاصله طولانی، کاملاً می‌تواند بر سنگهای اطراف تأثیر بگذارد.

سنگهای رسوبی که اطراف تشکیلات آذرین درونی (از قبیل باتولیتها) را می‌گیرند، خود به‌علت قرار داشتن در اعماق زمین گرمند و ضمناً فشار لایه‌های فوقانی هم بر آنها وارد می‌آید. در این حال گرمای تشکیلات آذرین به‌چنین سنگهایی منتقل می‌شود و ممکن است تا چند کیلومتر از نقطه تماس، آنها را دگرگون سازد. اکنون اگر براثر انجام فرآیندهای فرسایشی طبقات فوقانی از میان بروند و تشکیلات آذرین بر سطح زمین پدیدار شوند، سنگهای دگرگون شده را در اطراف این تشکیلات می‌توان یافت (چنین پدیده‌ای را در باتولیت کوه الوند در همدان می‌توان دید) که از



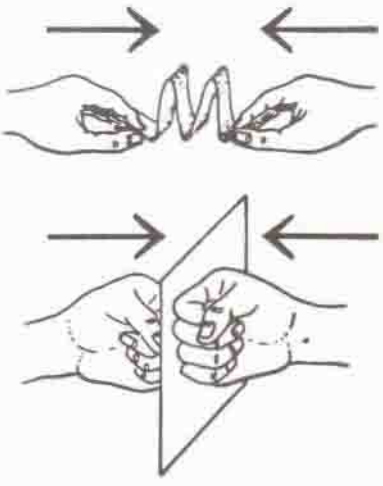
منحنی ۴ ــ ۵ ــ منحنی (A) مناطقی را در درون زمین نشان می‌دهد که سنگهای مختلف در آن مناطق دگرگون می‌شوند. منحنی (B) نشان می‌دهد که سنگهای گرانیتی در اعماق مختلف درچه دماهایی ذوب می‌شوند.

هر طرف سبب دگرگونی تا ضخامت ۷ کیلومتر در گرداگرد تودهٔ آذرین شده است. تشکیلات دگرگونی اطراف سنگهای آذرین درونی را هالهٔ دگرگونی می‌گویند. اگر ماگما آبدار باشد، محلولهایی از یونهای مختلف را می‌تواند در سنگهای اطراف تزریق کند. این محلولها در میان سنگهای مزبور به‌صورت رگه‌های فلزاتی از قبیل طلا، نقره، مس، سرب، روی و غیره رسوب می‌کنند، که طبیعتاً قابل استخراج‌اند. بیشتر معادن مس و سرب ایران به‌همین ترتیب تشکیل شده‌اند.

گاهی نیز دگرگونی، بدون وجود ماگما انجام می‌گیرد. بدین معنی که رسوبات بسیار قطوری (به‌ضخامت چند هزار متر) در یک منطقه جمع می‌شوند و بر اثر وزن زیاد، رسوبات شروع به‌فرو نشستن می‌کنند و قسمت ته آنها هر چه بیشتر در پوسته فرو می‌رود. در این حال، در آن قسمت فشار و تا حدی حرارت رو به‌زیاد شدن می‌گذارد و سنگهای این منطقه دگرگون می‌شوند به‌این نوع دگرگونی، دگرگونی ناحیه‌ای می‌گویند. نتیجه چنین عملی در منحنی ۴-۵ نمایش داده شده است.

بافت

سنگهای دگرگون شده نیز مانند اقسام آذرین و رسوبی، دارای بافتهای مختلفی هستند. از آنجا که بیشتر این سنگها فشار و گرمای زیادی را تحمل کرده‌اند (به‌ویژه آنها که حاصل دگرگونی دینامیکی بوده‌اند)، کانیهای موجود در آنها در جهات خاصی یعنی عمود بر جهتی که فشار بیشتری وارد آمده، ردیف شده‌اند. از این‌رو چنین سنگهایی اصولا خاصیت تورق یافتگی (Foliation) دارند. اما این خاصیت را در همه اقسام سنگهای دگرگون شده نمی‌توان یافت و بعضی هم بافت متراکم یا دانه‌دانه دارند که بیشتر، در سنگهای حاصل از دگرگونی مجاورتی دیده می‌شود. در



شکل ۵ ــ ۵ ــ جهت فشاری که بر ورق کاغذ وارد می‌آید، در واکنش نشان دادن آن کاملا مؤثر است. همین وضع درباره کانیهای مسطح هم وجود دارد.

گروه اول، سنگ به‌هنگام شکسته‌شدن، در امتداد سطوح موازی ورقه‌ورقه می‌شود (به‌این خاصیت سنگ شیستوزیته Schistosity می‌گویند). در عوض، اقسام متراکم شکستگی نامنظم دارند.

اقسام سنگهای دگرگون شده

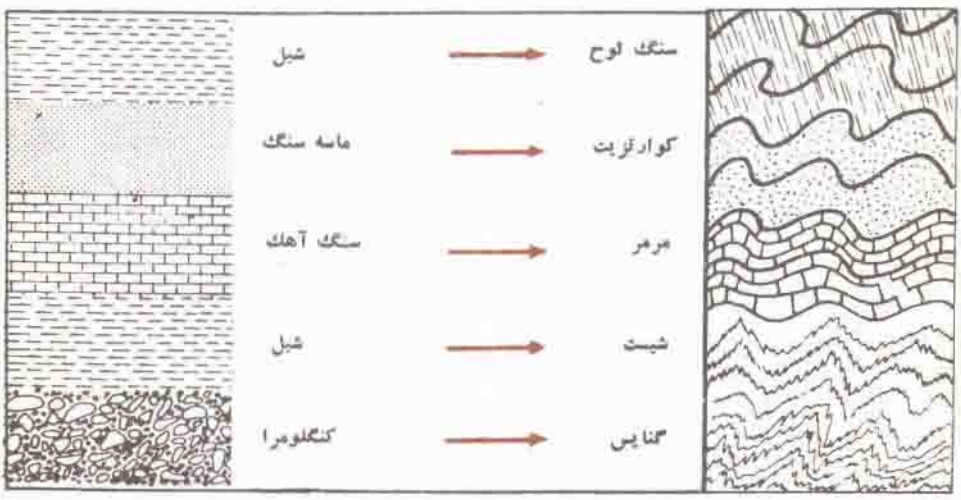
سنگهای دگرگون شده ممکن است منشاء آذرین یا رسوبی داشته باشند و آنها را اصولا براساس نوع بافت به‌دو نوع بدون لایه و لایه‌دار تقسیم می‌کنند. از اقسام بدون لایه مرمر و کوارتزیت و از اقسام لایه‌دار سنگ لوح، شیست و گنایس (نایس) را می‌توان نام برد.

مرمر، نوعی سنگ آهک است که تحت فشار و حرارت زیاد دگرگون شده است. در این دگرگونی بلورهای ریز کلسیت مجدداً متبلور می‌شوند و به‌صورت بلورهای درشت درمی‌آیند. رگه‌های موجود در سنگ مرمر مربوط به‌ناخالصیهای موجود در سنگ آهک اولیه است.

کوارتزیت، ماسه‌سنگی دگرگون شده است که فاصلهٔ تمام ذرات آن را هم‌خمیری متبلورشده و از جنس کوارتز پر کرده است. استحکام خمیر کوارتزیت به‌حدی است که وقتی سنگ شکسته می‌شود، این شکستگی در دانه‌ها هم دیده می‌شود و تنها شامل خمیر نیست. رنگ کوارتزیت هم مشابه رنگ ماسه سنگهاست. کوارتزیت را باید از جمله سخت‌ترین سنگها محسوب داشت.

سنگ لوح، شیستی است که به‌آسانی متورق می‌شود. رنگ سنگ لوح معمولا خاکستری یا سیاه است، اما انواع قرمز، سبز، ارغوانی و قهوه‌ای آن هم دیده می‌شود. سنگ لوح بسیار ظریف‌تر و صاف‌تر از شیست است.

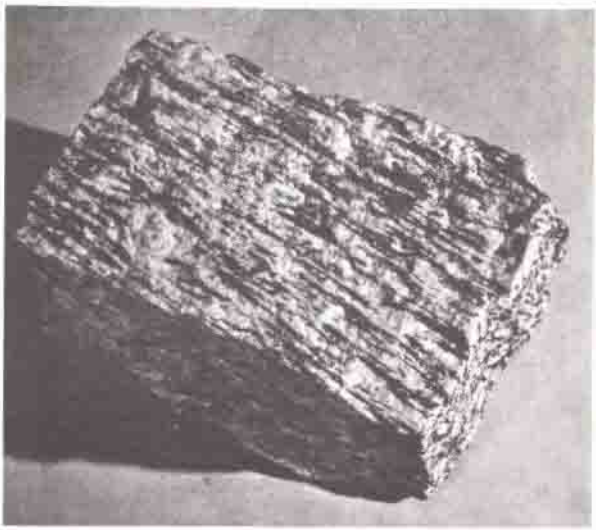
شیست، هم نوعی دیگر از سنگهای دگرگون شده است که در آن بلورهای پولک مانند میکا و یا



شکل ۶ ــ ۵ ــ بعضی از سنگهای دگرگون شده، منشأ رسوبی دارند.

سوزن مانند هورنبلاند دیده می‌شود. شیستها را معمولا از روی نوع کانی که به‌فراوانی در آن یافت می‌شود نامگذاری می‌کنند، مثلا میکاشیست دارای میکای سفید و سیاه و کوارتز است. تالک شیست، کلریت شیست و هورنبلاند شیست هم وجود دارد.

گنایس، هم از سنگهای دگرگون شده‌ای است که معمولاً از گرانیت، ماسه‌سنگ‌های فلدسپات‌دار و کنگلومرای فلدسپات‌دار حاصل می‌آید. کانیهای موجود در گنایس به‌صورت ردیفهای موازی همدیگر درمی‌آیند.

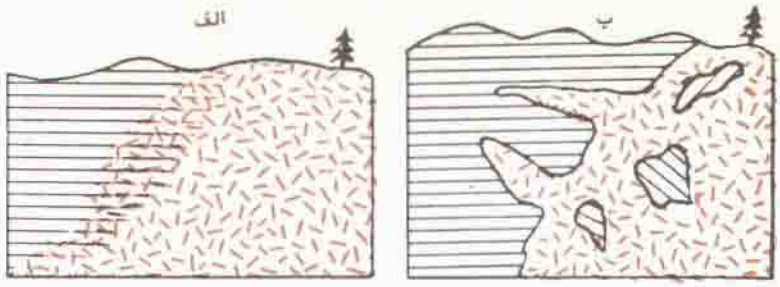


شکل ۷ ــ ۵ ــ گنایس، به‌موازی قرار گرفتن کانیهای تیره رنگ آن توجه کنید.

منشاء گرانیت

بعضی از زمین‌شناسان می‌گویند: «همهٔ گرانیتها از اقسام سنگهای آذرین نیستند!!» ولی براساس آنچه که در سنگهای آذرین خواندیم، سنگهای آذرین درشت بلور بایستی از انجماد ماگما حاصل آمده باشند. در مورد گرانیت هم نخستین بار در قرن هیجدهم، زمین‌شناسی به‌نام جیمز هاتن (J. Hutton) همین نظریه را عنوان کرد و از آن پس، بیشتر دانشمندان آن را پذیرفتند. اما بعدها محققان دیگری پیدا شدند که بعضی از گرانیتها را دارای منشأ دگرگونی می‌دانستند و گفتند که تحت اثر فرآیندی به‌نام**گرانیتی شدن**، این سنگ از تغییر شکل سنگهای موجود پدید می‌آید.

بعضی از گرانیتها با سنگهای اطراف خود حدود مشخصی دارند و در کناره‌ها دانه‌ریزترند، یعنی در آن نقاط سریعتر سرد شده‌اند. ضمناً، در این گرانیتها قطعاتی از سنگهای درونگیر هم مشاهده می‌شود. یعنی قبل از سرد شدن گرانیت، آنها جا به‌جا شده‌اند. به‌احتمال قوی این گرانیتها از ماگما حاصل آمده‌اند.



شکل ۸ ــ ۵ ــ کدامیک از این دو حالت (الف و ب) نشان دهندهٔ فرآیند گرانیتی شدن است؟

دارای تورق

نام سنگ	ترکیب								بافت		
											وضع دانه‌ها
سنگ لوح									بسیار دانه ریز	بدون لایه	
فیلیت								کلریت	دانه ریز		
شیست							میکا		دانه درشت		
گنیس						کوارتز			دانه درشت	لایه‌دار	
					فلدسپات						
				آمفیبول							
			پیروکسن								

بدون تورق

نام سنگ	ترکیب	بافت
کنگلومرای دگرگون شده	قطعات تغییر شکل یافته هر نوع سنگ	دانه درشت
کوارتزیت	کوارتز	دانه‌ها ریز تا درشت
مرمر	کلسیت یا دولومیت	

جدول ۹ ــ ۵ ــ طبقه‌بندی سنگهای دگرگونی شده

خلاصه

۱ ــ از تغییری که در ترکیب و بافت سنگهای آذرین یا رسوبی پدید آید، سنگهایی جدید به‌نام دگرگون شده حاصل می‌شوند.

۲ ــ عواملی که در دگرگونی سنگها مؤثرند عبارتند از فشار، حرارت و محلولهایی که از لحاظ شیمیایی فعالند.

۳ ــ دگرگونی ممکن است از نوع مجاورتی و به‌مقیاس کوچک باشد، یا ناحیه‌ای و به‌مقیاس بزرگ.

۴ ــ سنگهای دگرگون شده نیز مانند سایر سنگها دارای بافت‌های مختلفی (لایه‌دار، بدون دانه و متراکم و دانه‌دار) هستند.

۵ ــ تقسیم‌بندی سنگهای دگرگون شده براساس لایه‌دار بودن یا نبودن (یعنی بافت آنها) انجام می‌شود.

۶ ــ همه گرانیتها منشأ ماگمایی ندارند، بلکه، بعضی هم ممکن است از دگرگونی سنگهای دیگر و تحت فرآیندی به‌نام گرانیتی شدن حاصل آیند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ چرا اغلب سنگهای دگرگون شده را در نزدیکی سنگهای پلوتونیک می‌یابیم؟

۲ ــ تفاوت شکل ظاهری سنگهای دگرگون شده دارای خاصیت تورق (شیستوزیته) و سنگهای رسوبی در چیست؟

۳ ــ کانیهای مهمی که در سنگهای دگرگون شده یافت می‌شوند کدامند؟

۴ ــ چرا منشأ همه سنگهای گرانیتی را از ماگما نمی‌دانند؟

۵ ــ تحقیق کنید که آجر را چگونه می‌سازند؟ آیا شباهتی میان فرآیندهای آجرسازی و متامورفیسم وجود دارد؟

۶ ــ منشأ عواملی که باعث دگرگونی سنگها می‌شوند از کجاست؟

۷ ــ تفاوت عمدهٔ یک سنگ دگرگون شده با سنگی که تصور می‌رود منشأ آن بوده است در چیست؟

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ سنگ‌شناسی، قریب، عبدالکریم ۴۶.

۲ ــ سنگهای آذرین و دگرگونی، مهرنوش، منوچهر و دیگران ۵۳.

۶ هوازدگی

هوازدگی شامل نتیجه عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است که همه باهم بر سنگهای سطح زمین اثر می‌کنند، ولی سبب جا به‌جایی مواد حاصل از فرسایش نمی‌شوند. صاف شدن خطوط و نقوش سنگهای قبور و فرسوده شدن دیوارهای سنگی قدیمی نشانه‌هایی از تأثیر دائمی عوامل هوازدگی است.

روشهای گوناگون عمل هوازدگی

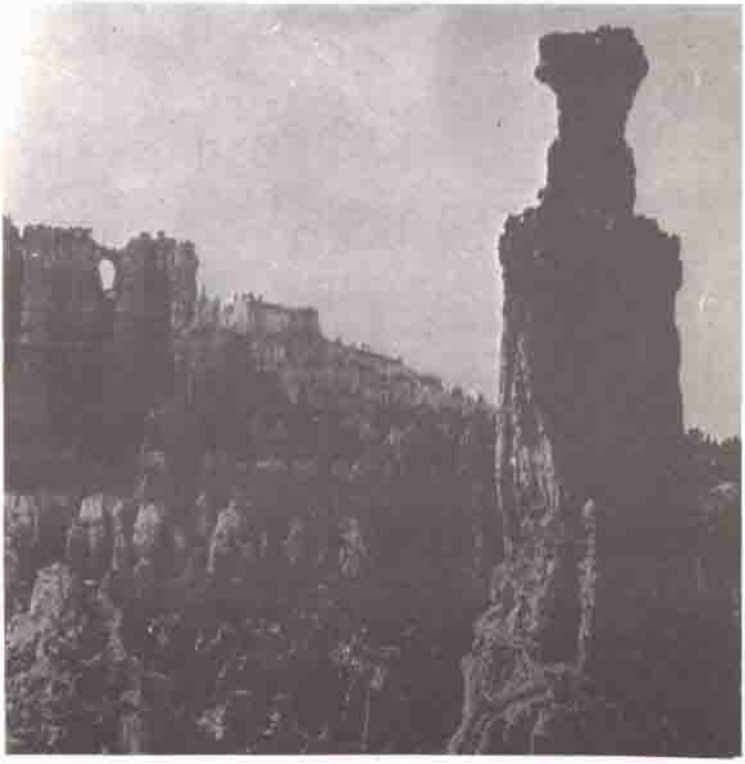
با آن که عمل هوازدگی به‌روشهای گوناگون صورت می‌گیرد، همهٔ آنها را می‌توان به‌دو دسته تقسیم کرد: هوازدگی مکانیکی و هوازدگی شیمیایی.

هوازدگی مکانیکی، فرآیندی است که طی آن سنگها به‌قطعات کوچکتر ولی با همان ساختمان و ترکیب شکسته و خرد می‌شوند. مثلا خرد شدن گرانیت به‌قطعات کوچکتر و ایجاد دانه‌های شن، نوعی از هوازدگی مکانیکی است. تغییراتی که در اتمسفر زمین پدید می‌آید، سبب هوازدگی مکانیکی سنگها می‌شود. این تغییرات عبارتند از:

تغییرات دما ــ سنگهای بدون پوشش مناطق کوهستانی و دشتها، در روز گرم و منبسط و در شب سرد و منقبض می‌شوند. چون ضریب انبساط کانیهای تشکیل دهندهٔ سنگها باهم برابر نیست، ادامه و تکرار تغییرات شدید دما، سبب سست شدن سنگها و سپس خرد شدن و از هم پاشیدن آنها

می‌شود. اما براساس بررسیهای زمین‌شناسان، این عمل به‌تنهایی اهمیت زیادی ندارد و تأثیر آن در تخریب سنگها جزئی است.

عمل رطوبت هوا ــ وقتی که آب یخ می‌بندد، حجم آن تقریباً ده درصد افزایش می‌یابد. افزایش حجم آبی که در شکاف سنگها منجمد می‌گردد، موجب وارد آمدن فشار بسیار زیادی بر دیوارهٔ آن شکافها می‌شود. در درجات حرارت زیر صفر، گاهی این فشار به‌هزارها کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌رسد. در نقاط سردسیر و در سنگهای پرحفره، اثر یخ بستن آب در تخریب سنگها از عوامل



شکل ۱ ــ ۶ ــ در نتیجهٔ فرآیند هوازدگی و عمل شستشویی که به‌وسیلهٔ آب باران صورت می‌گیرد، چنین مناظری در طبقات افقی سنگهای سست (اغلب آهکی) پدید می‌آید. نظیر این منظره را در قسمتهای شمالی بندرعباس و راه میناب به‌فراوانی می‌توان مشاهده کرد.

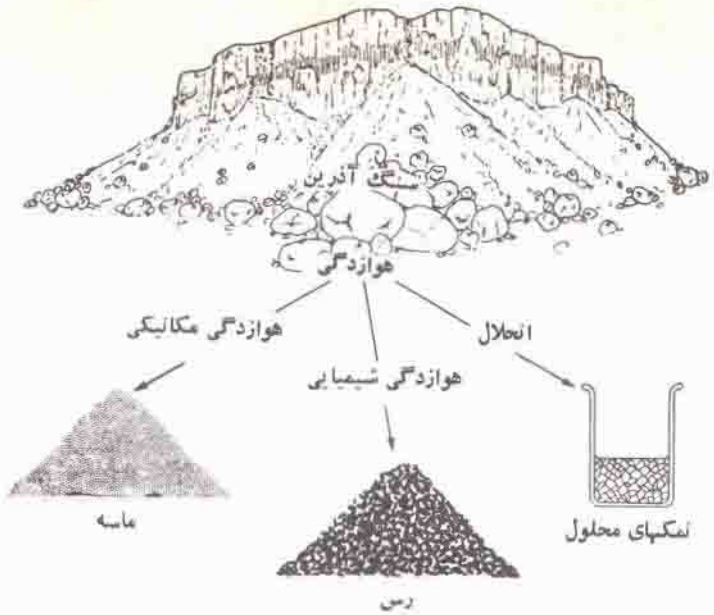
دیگر مهمتر است. سنگهای سطحی قلل کوهها که در معرض چنین اثری قرار دارند، پیوسته خرد می‌شوند و ریزش می‌کنند. به‌همین علت است که دامنهٔ اغلب کوهها را پر از واریزه می‌بینیم.

هوازدگی شیمیایی، فرآیندی است که طی آن ترکیب سنگ عوض می‌شود و نتیجهٔ ان پیدایش مواد جدید است. مثلا از تغییراتی که در فلدسپاتها رخ می‌دهد، خاک رس حاصل می‌شود. هوازدگی شیمیایی سنگها براساس عمل آب و همچنین اکسیژن و گاز دی‌اکسید کربن موجود در اتمسفر است.

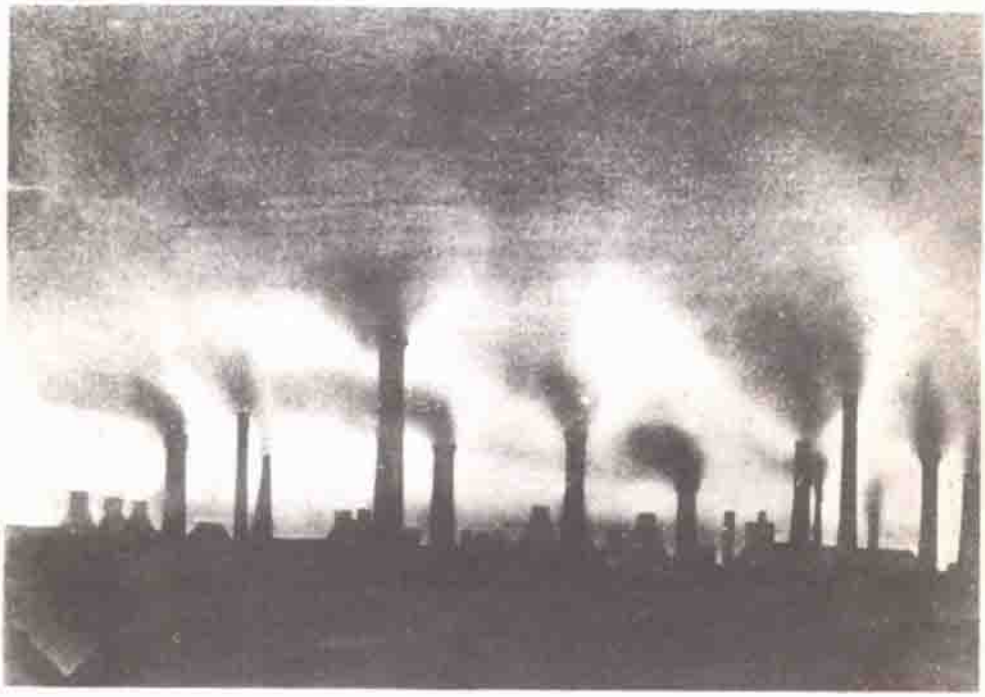
در میان کانیهای معمولی سازندهٔ سنگهای آذرین و دگرگون شده، فقط کوارتز است که تقریباً تحت‌تأثیر هوازدگی شیمیایی قرار نمی‌گیرد. کانیهای سیلیکاتی کمابیش تحت اثر فرآیند هیدرولیز تجزیه می‌شوند. اگر کانیهایی که تحت‌تأثیر هیدرولیز قرار می‌گیرند آلومینیوم‌دار باشند از تجزیه آنها، یک کانی رستی حاصل می‌آید (صفحه ۸۷) البته حل بودن مقداری CO_2 در آب، به‌علت افزایش خاصیت اسیدیته آب، واکنش را سرعت می‌بخشد.

ترکیب اکسیژن با یک مادهٔ دیگر به‌نام کیفیت اکسیداسیون موسوم است. ترکیبات آهن‌دار بیشتر از بقیهٔ کانیها با اکسیژن میل ترکیبی دارند، مثلاً مانیتیت و پیریت، که آهن دارند بر اثر عمل اکسیداسیون زنگ می‌زنند. اگر عمل ترکیب فقط بین آهن و اکسیژن صورت گیرد، رنگ مادهٔ حاصل قرمز می‌شود (هماتیت)، اما اگر آب نیز در ترکیب وارد شود عمل آبگیری نیز همزمان با سایر فعل و انفعالات صورت می‌گیرد و اکسید آبدار آهن که زردرنگ است (لیمونیت) حاصل می‌شود. رنگ قرمز یا زرد اغلب خاکها به‌علت وجود همین دو ماده در آنهاست.

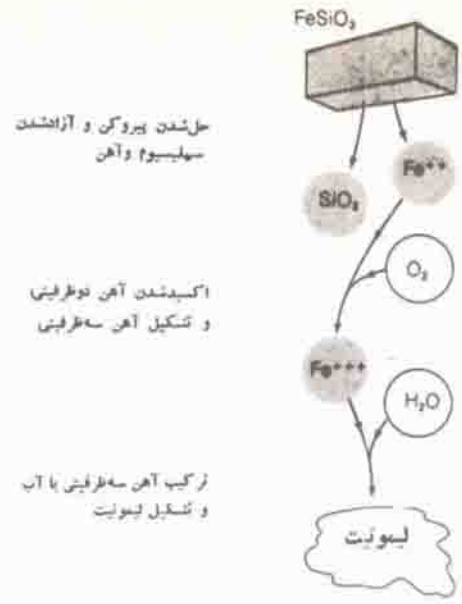
شکل ۲ ــ ۶ ــ نتیجهٔ تأثیر رطوبت هوا برسنگهای کوهستان در یک ناحیهٔ مرطوب.



شکل ۳ ــ ۶ ــ نتیجهٔ هوازدگی فیزیکی، شیمیایی در روی سنگی مانند گرانیت تولید موادی از قبیل ماسه، رس و نمکهای محلول است. چرا حجم مواد حاصله از حجم سنگ اولیه زیادتر است؟



شکل ۴ ــ ۶ ــ دودهایی که از دودکش کارخانه‌ها خارج می‌شود، اغلب محتوی سولفیدئیدروژن (H_2S)، دی‌اکسید گوگرد SiO_2 تری‌اکسید گوگرد SO_2 و اسیدکلریدریک HCl است. این گازها با آب ترکیب می‌شوند و اسیدهایی پدید می‌آورند که سبب خوردگی فلزات می‌گردد.



شکل ۵ ــ ۶ ــ مراحل تجزیهٔ یک کانی آهندار مانند پیروکسن

دی‌اکسید کربن به‌تنهایی اثری بر سنگها ندارد، ولی این گاز به‌سادگی در آب باران حل می‌شود و تولید اسید کربنیک می‌کند. این اسید ضعیف بر فلدسپاتها، آمفیبول، پیروکسن و میکای سیاه اثر دارد. همچنین با کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم حاصل از تجزیهٔ سنگها ترکیب می‌شود و کربناتهای مربوطه را ایجاد می‌کند. اثر اسید کربنیک بر کلسیت حتی از موارد فوق هم شدیدتر است، زیرا این ماده را به‌طور کامل حل می‌کند.

رطوبت هوا این اعمال را تشدید می‌کند. همچنین این واکنشها در گرما بهتر صورت می‌گیرند. پس هوازدگی شیمیایی در مناطق گرم و مرطوب زمین، شدیدتر از نواحی خشک و سرد است.

کدام سنگها و کانیها مقاومترند؟

سنگها و کانیهای مختلف در برابر عوامل هوازدگی مقاومت یکسان ندارند. کوارتز که به‌طور کامل در برابر آب و اسیدها مقاوم است، تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی قرار نمی‌گیرد، و چون سختی زیاد دارد، هوازدگی مکانیکی هم بر آن بی‌تأثیر است. به‌این ترتیب، بلورها، ذرات یا توده‌های کوارتز در میان دانه‌های ماسه، کمابیش بی‌تغییر می‌مانند و ذرات این کانی از حد ماسه ریزتر نمی‌شود. در عوض، فلدسپاتها، هورنبلاند، میکا، اوژیت و کلسیت همگی تحت‌تأثیر عوامل هوازدگی مکانیکی و شیمیایی واقع می‌شوند. هوازدگی مکانیکی این مواد را مبدل به‌سنگریزه و ماسه می‌کند و هوازدگی شیمیایی هم سرانجام از آنها دانه‌های ریزتری در حد رس می‌سازد.

کلسیت تقریباً در آب حل می‌شود و به‌وسیلهٔ آبهای سطحی و زیرزمینی به‌دریاچه‌ها و دریاها برده می‌شود.

۱ ۲ ۳

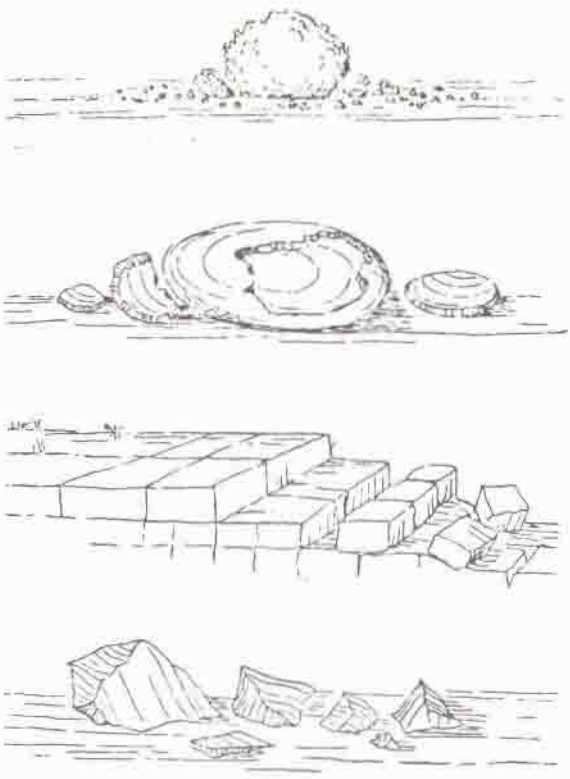
شکل ۶ ــ ۶ ــ مراحل تجزیه سنگ گرانیت

بیشتر سنگهای آذرین و دگرگون شده در آب و هوای مرطوب سریعتر از آب و هوای خشک خرد می‌شوند، زیرا در آنها کانیهایی وجود دارد که در حضور آب تحت تأثیر اکسیژن و دی‌اکسید کربن واقع می‌شوند. نخستین محصولات این سنگها قلوه‌سنگ، شن، ماسه و رس است اما با گذشت زمان، قطعات درشت‌تر هم بالاخره مبدل به‌ذرات ریزتر می‌شوند. شن و ماسه فقط در صورتی باقی می‌مانند که در آنها کوارتز یا کانیهای مقاوم در برابر هوازدگی شیمیایی موجود باشد. سنگهایی که در آنها ذرات و قطعات در میان نوعی ماده زمینه‌ای قرار داشته باشند، فقط تا زمانی پایدار می‌مانند که سیمان لابلای ذرات و قطعاتشان باقی باشد. البته وقتی جنس سیمان پرکننده فاصله ذرات، خود از جنس سیلیس باشد، مقدار مقاومت سنگ زیاد خواهد بود. سنگهای رستی از جملهٔ کم‌مقاومت‌ترین سنگهای رسوبی‌اند. بنابراین، به‌آسانی ورقه‌ورقه می‌شوند و از آنها، مواد اوّلیهٔ سازنده‌شان حاصل می‌آید. مرمر و سنگ‌آهک در برابر هوازدگی مکانیکی تا حدی مقاومند، اما کلسیت موجود در آنها به‌تدریج حل می‌شود، پس این سنگها هم در آب و هوای مرطوب از جمله سنگهای کم‌مقاومت به‌حساب می‌آیند.

طرز خرد شدن سنگها ــ همهٔ سنگها به‌هنگام هوا زده شدن به‌یک صورت خرد نمی‌شوند. نوع خرد شدن آنها هم البته به‌ساختمان خود آنها بستگی دارد.

بعضی از سنگها به‌هنگام خرد شدن **دانه‌دانه** می‌شوند. این سنگها اصولا متشکل از بلورهای مختلف‌اند. سنگهای آذرین درشت بلور، سنگهای دگرگون شده، ماسه‌سنگهای دانه درشت و کنگلومراها را باید از این جمله شمرد. ذرات موجود در ساختمان این سنگها، پس از جدا شدن از همدیگر هم باز شکلهای اولیه را محفوظ نگهمیدارند.

برخی از سنگها از سطح خود **ورقه‌ورقه** می‌شوند، در این سنگها، سطوح شکستگی با سطح خارجی سنگ موازی است. ورقه‌های جدا شده از سنگ اندازه‌های مختلف دارند، گاهی



شکل ۷ ــ ۶ ــ همهٔ سنگها در برابر هوازدگی به‌یک صورت خرد نمی‌شوند.

بسیار کوچک و پولک مانندند و گاهی لایه‌های وسیعی را تشکیل می‌دهند که در دامنه بعضی از کوهها از توده‌های اصلی سنگ جدا شده، به‌پایین فرو می‌افتند.

پاره‌ای از سنگهای رسوبی چنان که گفته شد دارای درزها و ترکهای موازی همدیگرند. این قبیل سنگها به‌هنگام هوا زده شدن قطعه قطعه می‌شوند و بزرگی قطعات از چند سانتیمتر تا چند متر می‌رسد. البته در این قبیل سنگها، حالت دانه‌دانه شدن یا ورقه شدن هم ممکن است دیده شود.

و بالاخره وقتی سنگهای سخت تحت فشارهای زیاد قرار گیرند، ممکن است به‌صورت کاملا نامنظم و به‌شکل قطعات کوچک و بزرگ دارای زوایای نامساوی خرد شوند. بعضی از گرانیتها چنین‌اند.

هوازدگی عملی تدریجی است

با در نظر گرفتن آنچه که در مورد هوازدگی بیان شد، ممکن است کسی چنین بیندیشد که اگر ساختمانی از سنگ‌آهک بنا شده باشد، پس از مدتی دراثر آب باران شسته و حل می‌شود و

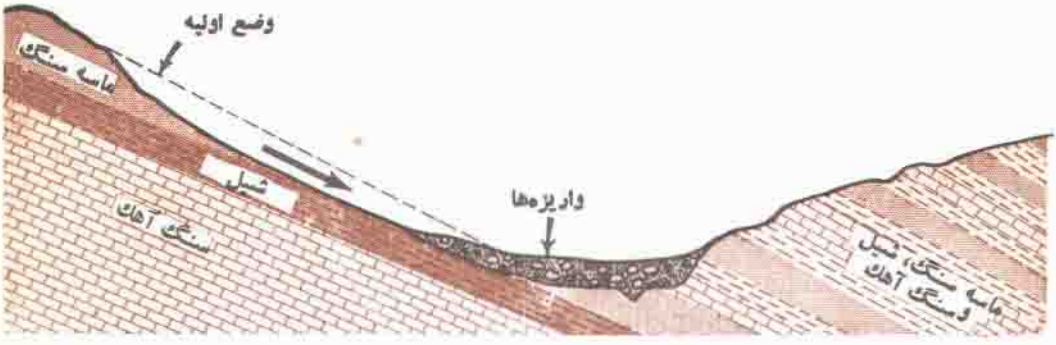
چیزی از آن برجای نمی‌ماند، یا یک بنای گرانیتی، پس از گذشت چند سال، بدل به‌تلی از ماسه و رس می‌گردد! اما تجربه چنین چیزی را نشان نمی‌دهد. در شرایط طبیعی عمل هوازدگی کند است.

شکل ۸ ـ ۶ ـ مجسمهٔ شیر سنگی در همدان (بالا) و ساختمان آتشکده‌ای در نزدیکی تخت‌جمشید (پایین). کدامیک از انواع هوازدگی را در این دو تصویر می‌توان مشاهده کرد؟

حتی در هوای مرطوب، نسبت انحلال سنگ آهک در مجاورت هوا از تیم سانتیمتر درصد سال تجاوز نمی‌کند. اصولا انجام بیشتر تغییرات سطح زمین به‌زمانهای طولانی نیاز دارد.

شکل ۹ ــ ۶ ــ ورقه ورقه شدن سنگها در پاره‌ای از مناطق، اثر هوازدگی را نشان می‌دهد.

خطوط و نقوشی که بر سنگها کنده شده‌اند، مثالهای خوبی برای اثبات عمل تدریجی هوازدگی هستند، زیرا پس از سپری شدن سالیان دراز آنها را نمی‌توان به‌خوبی روز اول تشخیص داد.



شکل ۱۰ ــ ۶ ــ ریزش تند مواد.

جا به‌جا شدن مواد براثر کشش زمین

کشش زمین قادر است که مواد از هم پاشیدهٔ حاصل از هوازدگی، مانند سنگریزه، شن، گل رس و خاک موجود در دامنهٔ تپه‌ها را به‌پایین بلغزاند. این نوع ریزش و جنبش مواد ممکن است به‌تندی و یا به‌کندی صورت گیرد.

ریزشهای تند مواد ــ پس از باریدن بارانهای سیل‌آسا و مداوم در دامنه‌های پرشیب و یا در دامنهٔ کوههایی که به‌علت استخراج معادن یا جاده‌سازی شیب تند یافته‌اند صورت می‌گیرد. در این ریزشها گاهی توده‌های بسیار بزرگی از مواد در سراشیبی کوهها به‌پایین می‌لغزند و ممکن است باعث بروز خساراتی نیز بشوند. در سالهای اخیر در قسمتهای شمالی کشور ما چنین ریزشهایی بارها به‌وقوع پیوسته است.

وقتی که این مواد با برف مخلوط شوند و به‌پایین بریزند، بهمن نامیده می‌شوند. ریزش بهمن معمولا در فصل بهار صورت می‌گیرد.

شکل ۱۱ ــ ۶ ــ واریزه‌ها در پای صخره‌های کوهستان.

مواد درشت و ریزی که به‌نام واریزه از کوههای با شیب تند به‌پایین می‌ریزند، تقریباً در پای تمام صخره‌های کوهستانها وجود دارند و در هوای مرطوب، تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی کم‌کم مبدل به‌خاک می‌شوند.

جنبش کند مواد ــ حتی در کم شیب‌ترین دامنه‌ها هم به‌طور نامحسوس صورت می‌گیرد. رطوبت خاک این نوع جنبش را تسریع می‌کند. چون جنبش کند در زمانی طویل صورت می‌گیرد، نسبت به‌ریزش تند مقدار مادهٔ بیشتری را جا به‌جا می‌کند.

شکل ۱۲ ــ ۶ ــ جنبش کند مواد.

خاک

حاصل عمل هوازدگی به‌وجود آمدن خاک است که می‌توان گفت از لحاظ تأمین غذای ما اهمیت و ارزش بسیار دارد. خاک رابطی میان سنگهای پوسته زمین و جهان جانداران است. با آنکه بعضی از گیاهان مانند گلسنگها می‌توانند در روی سنگهای لخت بروبند، اما بیشتر گیاهان به‌خاک نیاز دارند.

برای تشکیل خاک، هوازدگی فیزیکی و شیمیایی هر دو مؤثرند. وقتی سنگها شروع به‌تجزیه شدن می‌کنند، لایه‌هایی که به‌منطقه یا افق موسومند پدید می‌آیند. خاکی که مناطق آن محدود باشد ناکامل است و وقتی تعداد مناطق خاک افزایش یابد، خاک کامل می‌شود. سرعت تجزیه خاک به‌نوع آب و هوای هر محل بستگی دارد، در بیابان سرعت تشکیل خاک کم و در آب و هوای گرم و مرطوب زیاد است (چرا؟). البته آب و هوا فقط یکی از عوامل مؤثر در تشکیل خاک است و نوع سنگهای محل، زمان، وضع پستی و بلندی و نوع جانداران هر منطقه را هم باید در این میان به‌حساب آورد. در هر حال گاهی کامل شدن خاک هزاران سال وقت لازم دارد.

پس از خرد شدن سنگها، نخستین تغییر مهمی که رخ می‌دهد، رویش گیاهان است. خود گیاهان هم فرآیندهای هوازدگی را تسریع می‌کنند و در عین حال تا حدی مانع از جابه‌جا شدن خاک توسط آب و باد می‌شوند.

وقتی گیاهان می‌میرند اجزای آنها تجزیه می‌شود و هنگامی که مواد تجزیه شدنی به‌درجه‌ای برسند که دیگر صورت اولیهٔ گیاه در آنها مشخص نباشد، گیاخاک (Humus) نامیده می‌شوند. عموماً هرچه رنگ خاک تیره‌تر باشد، مقدار نسبی گیاخاک آن بیشتر است. نسبت مقدار گیاخاک در خاکهای مختلف فرق می‌کند و ممکن است از یک درصد در خاکهای بیابانی تا ۷۰ درصد در برخی از خاکهای باتلاقی تغییر کند. بدیهی است هر چه مقدار گیاخاک در منطقه‌ای زیادتر باشد جمعیت جانداران خاک بیشتر خواهد بود، زیرا در آن، مواد لازم برای زیستن وجود دارد. مثلا منبع اصلی نیتروژن لازم برای رشد گیاهان، گیاخاک است. گیاخاک قدرت نگهداری آب خاک را افزایش می‌دهد و تا درجهٔ معینی فضای بین ذرات را هم که محل نفوذ هواست زیاد می‌کند. گیاخاک بر اسیدیته خاک‌می‌افزاید و با این عمل مقدار موادمحلول را بیشتر می‌سازد، زیرا بانفوذ آب به‌درون خاک، بعضی از کانیها در آن حل می‌شوند. مواد دیگر، مخصوصاً ذرات رس و اکسیدهای آهن توسط آب فرورو به‌صورت معلق به‌مناطق پایین خاک برده می‌شوند.

هرچه مقدار رس خاک بیشتر باشد، خاک بیشتر قابلیت نفوذ خود را نسبت به‌آب و هوا از دست می‌دهد و ریشه گیاهان هم سخت‌تر در آن نفوذ می‌کنند. اما البته وجود مقدار معینی رس در خاک برای «چسباندن» ذرات خاک به‌هم ضروری است. ضمناً ذرات رس که از لحاظ الکتریکی دارای بار منفی‌اند، یونهای Mg^{+}, Ca^{+} و K^{+} را به‌خود جذب می‌کنند و آنها را ذخیره می‌سازند. بسیاری از گیاهان در خاکهای محتوی این عناصر که به‌خاکهای قلیایی موسومند بهتر رشد می‌کنند.

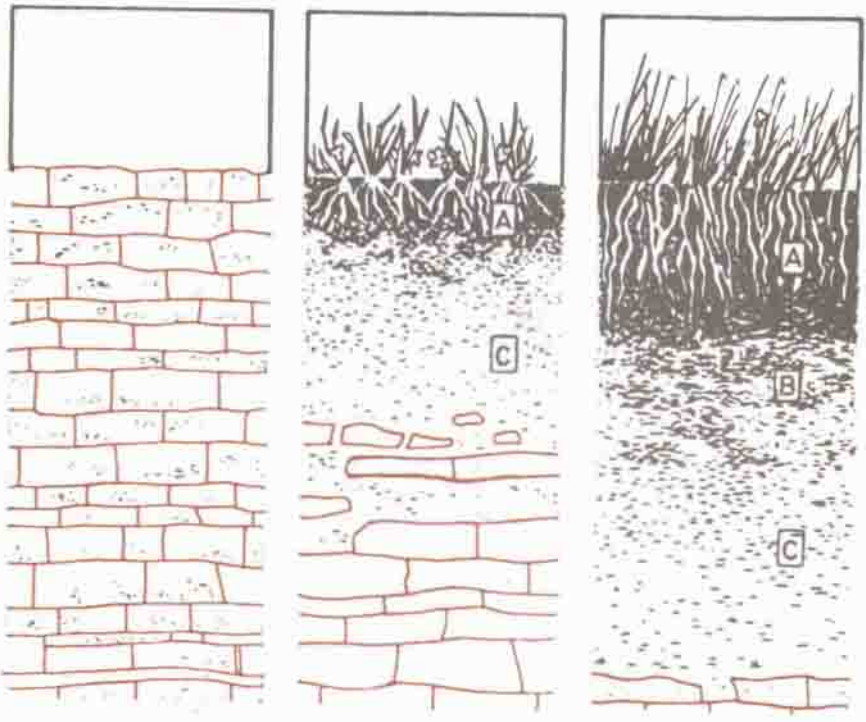
مناطق خاک ــ در تمام نقاطی که حفاری صورت گرفته، در خاک سه منطقهٔ مشخص وجود داشته است. این مناطق از نظر رنگ، ترکیب کانیها، مقدار مواد آلی و غیره، با هم فرق دارند. دانشمندان خاک‌شناس این سه منطقه را با حروف A، B و C (به‌ترتیب عمق) علامتگذاری می‌کنند.

منطقهٔ A، لایهٔ سطحی خاک است، بنابراین بیشتر از لایه‌های B و C در معرض برخورد عوامل جوی قرار دارد و تغییر می‌کند. آزمایش نشان می‌دهد که رنگ این خاک نسبت به‌رنگ لایه‌های زیرین تیره‌تر است و علت آن هم وجود گیاخاک است. منطقهٔ A بیشتر دارای ماسه است، چون دانه‌های ریز رس را باران به‌همراه خود به‌منطقهٔ B می‌برد. ضمناً در منطقه A مواد محلول هم کم یافت می‌شود.

منطقهٔ B، در زیر منطقهٔ A واقع است. در این منطقه هم اثر فرسایش عوامل جوی را می‌توان مشاهده کرد، ولی نه به‌شدت منطقهٔ A، در منطقهٔ B مقدار رس و اکسیدهای آهن زیاد است که توسط آبهای نافذ از سطح زمین به‌پایین برده شده‌اند. در این منطقه همچنین مقداری کربناتهای کلسیم و منیزیم و قطعات سنگ بستر مشاهده می‌شود. تراکم مواد در منطقهٔ B بیشتر از

مناطق دیگر است.

منطقهٔ C. مستقیماً در روی سنگ بستر قرار می‌گیرد و در آن قسمتی از سنگ بستر تجزیه شده را می‌توان یافت که هنوز ترکیب کانیهایش عوض نشده است. هرچه در این منطقه پایین‌تر برویم، بیشتر با سنگ بستر مواجه می‌شویم. رنگ خاک منطقهٔ C، بیشتر وابسته به‌رنگ سنگ بستر است.



شکل ۱۳ ــ ۶ ــ مراحل تشکیل مناطق خاک از سنگ بستر

گروههای اصلی خاک ــ بر اساس نوع کانیهایی که در مناطق A و B یافت می‌شوند، خاکها را می‌توان به‌سه گروه اصلی تقسیم کرد. در نقاط بسیار پرباران، مناطق A و B خاک، فاقد کانیهای محلول می‌شوند، زیرا این قبیل کانیها در آب باران حل شده، به‌قسمتهای پائین‌تر برده می‌شوند. در نتیجه، خاک این نقاط محتوی کوارتز، کانیهای رس‌دار و اکسیدآهن می‌شود. بدین ترتیب، به‌سبب فراوان‌بودن ترکیبات‌آهن وآلومینیوم، به‌این‌خاکها **پدالفر** (ازاجزای Fe و Al خاک = Ped) می‌گویند.

گروه دوم، خاکهایی هستند که در آنها کانیهای محلول زیادند و در آب و هوای گرم و خشک تشکیل می‌شوند. از آنجا که کربنات کلسیم یکی از اجزای مهم این قبیل خاکهاست، آنها

را پدوکال (pedocal) می‌نامند. پدوکالها نسبت به‌پدالفرها محتوی رس کمتر و سیلیکاتهای تجزیه نشدهٔ زیادترند، که آنهم مربوط به‌کمی مقدار بارندگی در نقاطی است که این قبیل خاکها یافت می‌شوند، و چون جمعیت تجزیه‌کنندگان هم در این قبیل خاکها اندک است، حاصلخیزی چندانی ندارند.

گروه سوم خاکها، لاتریت (Laterite) نام دارند، که قرمز تیره‌اند و بیشتر مخصوص نقاط استوایی زمین‌اند. در این خاکها سیلیکاتها کاملا تجزیه شده‌اند و اکسیدهای آلومینیوم و آهن فراوان از خود برجای نهاده‌اند. ضمناً در این خاکها آنقدر آب نفوذ کرده، که فقط کانیهای کاملا نامحلول باقی مانده‌اند. اگر در سنگ بستر این نواحی آهن کم باشد، نوعی خاک به‌نام بوکسیت حاصل می‌آید که از آن، فلز آلومینیوم استخراج می‌شود. این خاک هم برای کشاورزی چندان مناسب نیست زیرا با شخم زدن، گیاخاک آن در هوای گرم به‌سرعت اکسیده می‌شود و از بین می‌رود. بدین ترتیب لاتریتها فقط چند سالی مورد استفاده کارهای کشاورزی قرار می‌گیرند و سپس رها می‌شوند.

اقسام خاک

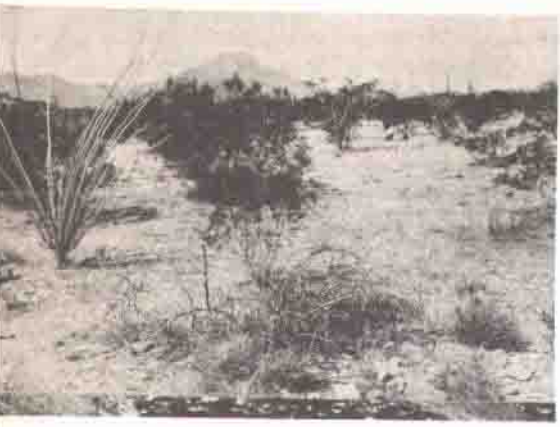
هیچکدام از عواملی که در تشکیل خاک مؤثرند، به‌طور مداوم در همه جای زمین عمل نمی‌کنند. در عین حال به‌علت ترکیب گوناگون این عوامل و تأثیر شرایط محلی، اقسام خاک بسیار زیاد است، اما می‌توان انواع مهم خاک را به‌این ترتیب ذکر کرد:

خاک کوهستان، که معمولا کم‌عمق و پر از سنگ است. شیب زمین در این قسمتها بیشتر از آن است که امکان تشکیل خاک کامل فراهم باشد.

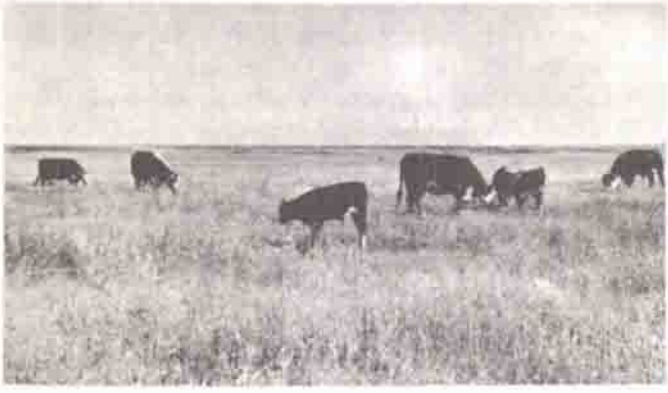
جنگلها معمولا در مناطقی پدید می‌آیند که مقدار بارندگی زیاد باشد. واکنشهای شیمیایی که در خاک این نقاط صورت می‌گیرد، مقدار کلسیم و منیزیم را تا حدود زیادی کاهش می‌دهد. به‌چنین خاکی، اسیدی می‌گویند. در خاکهای اسیدی کاج و صنوبر و درختان مشابه آنها خوب رشد می‌کنند زیرا به‌کلسیم و منیزیم زیادی نیاز ندارند. مواد آلی مورد نیاز هم از پوسیدن برگهای ریخته شده در کف جنگل تأمین می‌شود. درختان در چنین خاکهایی که عمق چندانی هم ندارند خوب رشد می‌کنند زیرا ریشه‌های آنها به‌اعماق زمین نفوذ می‌کند و ضمناً رشد آنها بسیار تدریجی است. در عوض، گیاهی که در طول یک فصل رشد می‌کند و بالغ می‌شود به‌خاک کامل نیاز دارد. برخلاف انتظار، خاک جنگل زیاد حاصلخیز نیست. بخصوص که بر اثر تراکم درختان نور کمی به‌کف جنگل می‌رسد، گیاهان علفی کمی در آن می‌رویند و قطر گیاخاک اندک است. به‌همین علت این خاک برای کشت و زرع مناسب نیست.

خاک علفزارها حاصلخیزتر از خاک جنگل است، لایه سطحی خاک قطور است و

(الف)



(ب)



(ج)

(د)

شکل ۱۴ ــ ۶ ــ خاک یک منطقه کوهستانی (الف)، بیابان (ب)، علفزار (ج) و جنگل (د).

گیاخاک فراوان دارد و در عین حال مقدار بارندگی هم در علفزار زیاد است.

خاک بیابان از لحاظ دارا بودن املاح غنی‌تر از سایر خاکهاست، زیرا به‌علت کمی رطوبت، عمل هوازدگی و حل شدن املاح زیاد صورت نمی‌گیرد. اما کمبود رطوبت مانع رویش فراوان گیاهان می‌شود. پس در چنین خاکهایی نیتروژن و گیاخاک کم است. از طرفی، اگر آبیاری درخاک بیابان مناسب باشد، محصول فراوانی می‌تواند از این نقاط به‌دست آید.

حاصلخیزی خاک

حاصلخیزی خاک یعنی میزان توانایی آن در پرورش دادن گیاهانی که یا مستقیماً غذای انسانند یا آن که به‌طور غیرمستقیم غذای انسان را فراهم می‌آورند. حاصلخیزی خاک به‌عوامل متعددی مربوط است که در مجموع می‌توان آنها را به‌صورت زنجیری مرتبط به‌هم در نظر آورد، زیرا مثلا ممکن است در خاکی عوامل مختلف و لازم فراهم باشند، و فقط یکی از آنها (از جمله، رطوبت) اندک باشد. در این صورت از عوامل موجود کاری ساخته نخواهد بود. در میان عوامل مؤثر در حاصلخیزی خاک می‌توان به‌این نمونه‌ها اشاره کرد:

۱ ــ املاح ــ غذای گیاهان شامل عناصر شیمیایی است که از ترکیب آنها مولکولهای مواد آلی پدید می‌آیند. مهمترین این عناصر عبارتند از Fe,Ca,Mg,P,N,K و S که از بین آنها نیاز به‌سه عنصر اول زیادتر از بقیه است. به‌علت محلول بودن یونهای این عناصر، در بیشتر خاکهای مرطوب مقدار آنها کم است، ولی البته فسفر تا حدی ترکیبات مقاومتری دارد و در خاکها به‌مقدار بیشتر یافت می‌شود. نیتروژن خاک هم عنصری است که مقدار آن به‌وجود جانداران ذره‌بینی خاصی از دسته باکتریها (باکتریهای تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک) وابسته است.

البته صرفنظر از مواد فوق، عناصر دیگری هم باید در خاک وجود داشته باشند که به‌مقدار بسیار اندک مورد احتیاج گیاهند، ولی کاری که در بدن گیاه انجام می‌دهند اهمیت زیادی دارد. از جمله این که کاتالیزر انجام بعضی از واکنشهای پیچیده شیمیائی هستند. مهمترین این عناصر عبارتند از Cu,Mn,Si,Na,I و Ni. مقدار این مواد در خاک همیشه کافی است، زیرا گیاهان فقط مقادیر ناچیزی از آنها را جذب می‌کنند. اما گاهی هم خاکی فاقد یک یا چند نوع از آنهاست که در این صورت رشد گیاهان در آن خاک دچار صدمه شدید می‌شود.

۲ ــ آب ــ آب مهمترین ماده‌ای است که باید درخاک وجود داشته باشد، زیرا باعث نقل و انتقال عناصر اساسی به‌سلولهای گیاه شده، مواد دفعی را از آنها دور می‌سازد. نیاز گیاهان به‌آب متفاوت است. گلسنگها می‌توانند حتی با جذب رطوبت موجود در هوا زنده بمانند، در حالی که گیاهان

ساکن مردابها به‌آب فراوان نیاز دارند.

۳ ــ گازهای اتمسفری ــ اگر چه ترکیب گازهای اتمسفری کمابیش ثابت است، باید گفت که ترکیب گازهای موجود در خاک در نقاط مختلف و اوقات مختلف فرق می‌کند. گیاهان کربن لازم برای ساختن هیدراتهای کربن مختلف را از دی‌اکسید کربن هوا تأمین می‌کنند. ضمناً مقداری اکسیژن هم برای تنفس باید در دسترس ریشه باشد.

۴ ــ اسیدی یا قلیایی بودن ــ اگر درجه اسیدی یا قلیایی بودن خاک از حد معینی تجاوز کند، رشد طبیعی گیاه متوقف می‌شود. اصولا در چنین خاکهایی فقط گیاهان ویژه‌ای رشد می‌کنند که محیط اسیدی یا قلیایی را دوست دارند.

۵ ــ کلوئیدها ــ کلوئیدهای خاک از دو نوع غیرآلی (ذرات رس موجود درخاک) و آلی‌اند (ترکیبات شیمیائی گوناگون و پیچیده‌ای که از فعالیتهای گروه بی‌شماری از قارچها و باکتریها و جانداران دیگر، همچنین تجزیه بدن آنها و ریشه و ساقه و برگ گیاهان حاصل می‌آید).

این کلوئیدها چون می‌توانند به‌عنوان منابع آب و غذای گیاه عمل کنند، در حاصلخیزی خاک دخالت تام دارند. کلوئیدها یونها و آب را جذب می‌کنند و بعد آنها را آرام آرام به‌خاک پس می‌دهند. بدون وجود کلوئیدها خاک به‌زودی املاح محلول و لازم برای رشد گیاه را از دست می‌دهد. همچنین، بدون کلوئیدها، آب فقط در هنگامی در دسترس گیاه خواهد بود که بارندگی یا آبیاری شده و آب در حال فرو رفتن در زمین است و در چنین شرایطی یا آب بیش از حد به‌گیاه می‌رسد، یا آن که آبی وجود نخواهد داشت.

۶ ــ جانداران ذره‌بینی (تجزیه‌کنندگان) ــ اهمیت و ارزش وجود تجزیه‌کنندگانی از قبیل بعضی از باکتریها و قارچها در خاک بسیار زیاد است. ریسه‌های بعضی از قارچها در ریشه گیاه نفوذ می‌کنند و تبدیل به‌رابط مستقیمی میان شیره‌های گیاهی و محلولهای موجود درخاک می‌گردند و بدین ترتیب مانند تارهای کشنده، به‌جذب آب و املاح می‌پردازند. برخی از باکتریها هم در ریشه گیاهانی از خانواده نخود نفوذ می‌کنند و با آن گیاهان حالت همزیستی پدید می‌آورند. اصولاً جانداران ذره‌بینی خاک به‌دنبال باقیماندهٔ انرژی هستند که در مواد آلی حاصل از بدن گیاهان و جانوران وجود دارد. چون بدیهی است که گیاهان و جانوران خشکی (و حتی خود ما) به‌خاک باز می‌گردند. در جریان فعالیت به‌منظور کسب این انرژی، مواد به‌صورت غیرآلی، یعنی کانیها، گازها و آب برمی‌گردند.

اثرات آبیاریهای نامتناسب در خاک مناطق کم‌آب

وقتی در مناطق کم‌آب، کار آبیاری به‌طور مناسب صورت نگیرد، اشکالاتی پیش می‌آید. مثلا، ارتباطی میان مقدار بارندگی، آبهای زیرزمینی، آبهای جاری و مقدار تبخیر وجود دارد. گاهی شرایط زمین طوری است که وقتی مقداری آب در روی آن جمع می‌شود، راهی برای خروج ندارد و فقط از طریق تبخیر شدن از بین می‌رود. در این حال، مانند ظرف آبی که روی بخاری گذاشته می‌شود و پس از تبخیرشدن آب، مقداری رسوب بر دیواره‌ظرف باقی‌می‌ماند، در روی زمین‌هم با بخار شدن آب، مقداری املاح محلول برجای می‌ماند و به‌اصطلاح زمین «شوره می‌زند». نظیر چنین پدیده‌ای را در بسیاری از نقاط کشور خودمان می‌توانیم ببینیم که بزرگترین آنها دریاچه حوض سلطان در نزدیکی قم است. نمکهایی که وارد چنین نقاطی می‌شوند، ظاهراً از تجزیه سنگهایی حاصل می‌آیند که در سر راه آبهای جاری قرار دارند. این آبها هم از نقاط پرباران‌تر سرچشمه می‌گیرند. مثلا رودهایی که وارد حوض سلطان می‌شوند، از دامنه‌های جنوبی البرز شروع می‌شوند، اما البته در خود منطقه نیز نمکهای فراوانی وجود دارد که در مسیر آبها واقع‌اند. از جمله این نمکها باید از کلریدها و سولفات‌های سدیم، کلسیم و منیزیم نام برد. در هر صورت، زمین که بدین ترتیب شوره می‌زند، قابل کشاورزی نیست و نمکهای اضافی آن را بایستی به‌طریقی از میان برد، که زه‌کشی کردن و جلوگیری از ایستادن آب در روی خاک از آن جمله است.

شکل ۱۶ــ ۶ــ شوره زدن زمین بر اثر آبیاری نامناسب

فرسایش خاک

باد و باران، اغلب مقداری از خاکهای مناطق مختلف را با خود حمل می‌کنند و در نتیجه، فرسایش خاک پیش می‌آید. در مملکت ما مسئلهٔ فرسایش خاک اهمیت شایانی دارد، زیرا هر ساله هزاران هکتار خاک به‌همین علت از حاصلخیزی و قابل کشت بودن می‌افتد. آنچه که به‌ویژه از دست می‌رود و برای کشاورزی مهم است، گیاخاک و مواد آلی خاک است. جانشین شدن این مواد تقریباً دیگر عملی نیست، زیرا انجام این کار به‌قرنها وقت نیاز دارد.

علت فرسایش خاک ــ عامل اساسی فرسایش خاک، انسان است، چون پوشش گیاهی خاک را از درخت گرفته تا بوته‌ها، از میان می‌برد. وجود این پوشش در روی زمین از فرسایش خاک جلوگیری می‌کند، زیرا:

۱ ــ پوشش گیاهی سبب می‌شود که جلو شدت ضربات قطره‌های باران گرفته شود و خاک «شسته» نشود، در این حال، آبی که از بارندگی حاصل می‌شود سرعت لازم برای حمل مواد را در سرازیریها پیدا نمی‌کند.

۲ ــ گیاخاک مانند اسفنجی پرحفره، آب را در خود نگه می‌دارد.

۳ ــ شبکهٔ ریشهٔ گیاهان محکم به‌هم بافته می‌شود و ذرات خاک را متصل به‌هم نگه می‌دارد.

در غیر این صورتها، در مناطق مرطوب آب باران و در مناطق خشک، باد ذرات خاک را جابه‌جا می‌کند. آب باران یا با ایجاد جویهای بیش و کم عمیق و یا شست و شوی ورقه‌ای سبب فرسایش خاک می‌شود. راه جلوگیری از ایجاد و توسعهٔ این جویها، سد کردن مسیر آنها با سنگ،

شکل ۱۷ ــ ۶ ـ جریان یافتن آب در زمینهای بدون پوشش، سبب پدید آمدن شیارهای بیش و کم عمیقی در آن می‌گردد.

چوب و شاخه‌های درختان و یا تخته‌های پهن است، که در این صورت هم جلو عبور آب گرفته می‌شود و هم مقداری رسوب در مسیر این جویها تشکیل می‌گردد. این گونه جویها را در شیب تپه‌ها زیاد می‌توان یافت.

در شست و شوی ورقه‌ای، لایه‌ای از خاک به‌طور یکنواخت از تمامی سطح منطقه برداشته می‌شود. این کار به‌هنگام بارندگی صورت می‌گیرد و چنان کند است که کمتر می‌توان متوجه آن شد. طرز جلوگیری از این نوع فرسایش هم کشتهای ردیفی و تپه‌ای و تناوب کشت و غیره است که در کتاب علوم سال دوم راهنمایی دربارهٔ آن مطالعه کرده‌اید.

* **تشخیص خواص خاک** ــ نمونه‌هایی از خاکهای مناطق مختلف از قبیل بستر رود، کنار تپه، چمنزار، باغچهٔ منزل، مزرعه، جنگل، شنزار و غیره تهیه کنید (در صورت امکان حتی از اعماق مختلف هر محل) هر نمونهٔ خاک را به‌طور جداگانه با ذره‌بین مورد آزمایش قرار دهید و تفاوتهای آنها را یادداشت کنید.

۱ ــ در کدام خاک مقدار رس زیادتر است؟

۲ ــ در کدام خاک مقدار شن زیادتر است؟

۳ ــ در کدام خاک مقدار مواد آلی زیادتر است؟

با توجه به‌منطقه‌ای که خاک را از آن به‌دست آورده‌اید، بگویید تفاوت خاک حاصلخیز با خاک غیرحاصلخیز در چیست.

ــ مقداری از هر کدام از نمونه‌های خاکهای فوق را (به‌مقادیر مساوی) در قوطیهای حلبی حرارت دهید و روی هر قوطی، یک شیشهٔ دهان گشاد وارونه کنید. مقدار بخار آب کدام خاک زیادتر است؟ آیا بین مقدار این آب با مقدار گیاهی که در منطقهٔ برداشت خاک وجود دارد، رابطه‌ای هست؟

ــ مقداری از هر نمونهٔ خاک را در یک بطری خالی شیر یا شیشه‌های مشابه (مثلا تا ارتفاع ۵ سانتیمتر) بریزید و بطری را تا $\frac{۳}{۴}$ از آب پر کنید. در ضمن ریختن آب روی خاک چه پدیده‌ای را مشاهده می‌کنید؟ علت آن چیست؟ سپس بطریها را به‌شدت تکان دهید و صبر کنید تا خاک داخل آبها ته‌نشین شود.

۱ ــ ترتیب ته‌نشین شدن مواد تشکیل دهندهٔ خاک چگونه است؟

۲ ــ ماده‌ای که در سطح آب جمع می‌شود، همان گیاخاک است. مقدار گیاخاک کدام خاک بیشتر است؟

ــ مقداری مساوی (یک قاشق بزرگ) از هر خاک را در لوله‌های آزمایش که نام محل و منشأ خاک رویشان نوشته شده بریزید و به‌همان اندازه به‌آنها آب بیفزایید. مخلوط مزبور را برای

مدت چند دقیقه به‌حال خود بگذارید، آن‌گاه محتوای هر لوله را به‌شدت تکان بدهید و آب آنها را از کاغذ صافی بگذرانید و در لوله‌های آزمایش جداگانه‌ای که از قبل شماره‌گذاری کرده‌اید، بریزید (متوجه باشید کدام شماره مربوط به‌کدام لوله و کدام خاک است). قطعاتی از کاغذ تورنسل را در هر آب قرار دهید.

۱ ــ رنگ کاغذ کدام لوله‌ها قرمز می‌شود؟

۲ ــ رنگ کاغذ کدام لوله‌ها آبی می‌شود؟

۳ ــ رنگ کاغذ کدام لوله‌ها تغییری نمی‌کند؟

شما با این آزمایش، اسیدی یا قلیایی بودن خاک را می‌توانید مشخص کنید.

ــ چند لولهٔ چراغ نفتی یک شکل و یکسان تهیه کنید. ته همهٔ آنها را با پارچهٔ مشابهی ببندید و در هر کدام به‌ارتفاع ۱۰ سانتیمتر نمونه‌هایی از خاکهای مختلفی را که تهیه کرده‌اید بریزید. در زیر هر لوله یک بشقاب بگذارید. سپس مقادیر مساوی آب را در تمام لوله‌ها بریزید و صبر کنید تا آب از زیر لوله‌ها خارج شود. کدام نمونه خاک بهتر می‌تواند آب را در خود نگه دارد؟ از کدام لوله آب بیشتری عبور کرده است؟ چرا؟

خلاصه

۱ ــ هوازدگی شامل آن دسته از فرآیندهای مکانیکی و شیمیایی است که بر سنگهای سطح زمین اثر می‌کنند و به‌طور مداوم و آرام سبب تخریب آنها می‌شوند.

۲ ــ هوازدگی یا مکانیکی است که به‌اثر دما و رطوبت هوا مربوط می‌شود، یا شیمیایی که حاصل تأثیر اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بر سنگهاست. در نوع دوم، ترکیب سنگ تغییر می‌کند و مواد تازه‌ای از تخریب سنگهای اولیه حاصل می‌شوند.

۳ ــ در طی فرآیند هوازدگی، بعضی از کانیها مانند کوارتز تغییری نمی‌کنند و برخی مانند فلدسپاتها، کلسیت، اوژیت و غیره کاملاً تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند.

۴ ــ هوازدگی در هوای مرطوب شدیدتر صورت می‌گیرد تا در هوای خشک.

۵ ــ خردشدن سنگها به‌صورتهای مختلفی از قبیل ورقه‌ورقه شدن، قطعه قطعه‌شدن یا دانه‌دانه شدن است.

۶ ــ حاصل عمل هوازدگی به‌وجود آمدن مواد رسوبی و به‌ویژه خاک است.

۷ ــ در تشکیل خاک آب و هوا، نوع سنگها، زمان، وضع پستی و بلندی و نوع جانداران محل مهم‌اند.

۸ ــ خاک کامل دارای سه افق یا منطقه A، B و C است.

۹ ــ لایه‌ای از خاک که در کارهای کشاورزی پراهمیت است و می‌توان آن را زنده شمرد، گیاخاک است که در سطح قرار می‌گیرد.

۱۰ ــ خاکها را به‌سه گروه پدوکال، پدالفر و لاتریت تقسیم‌بندی می‌کنند.

۱۱ ــ حاصلخیزی خاک به‌مقدار املاح، آب و تجزیه‌کنندگان و نوع یونها، گازهای اتمسفری، PH و کلوئیدها بستگی می‌یابد.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ چرا سنگها دچار هوازدگی می‌شوند؟

۲ ــ هوازدگی فیزیکی چه کمکی به‌هوازدگی شیمیایی می‌کند؟

۳ ــ اسیدکربنیک چگونه تشکیل می‌شود و چطور بر سنگها اثر می‌کند؟

۴ ــ براثر عمل هوازدگی، خاک تشکیل می‌شود. در چه صورتی خاکهای حاصله با سنگهای منشأ خود تفاوت دارند؟

۵ ــ چرا عمل ریزش مواد در بهار بیشتر صورت می‌گیرد تا در زمستان؟

۶ ــ پاره‌ای از جانوران از قبیل کرم خاکی، موش کور و روباه، زمین را حفر می‌کنند. آیا با این کار، هوازدگی زمین افزایش می‌یابد؟ دلیل خود را توضیح دهید.

۷ ــ در کرهٔ ماه نه هوایی وجود دارد نه آبی. آیا فضانوردانی که در روی آن پیاده می‌شوند اثری از «هوازدگی» خواهند یافت؟ دلیل خود را توضیح دهید.

۸ ــ در مناطق مرطوب زمین خاک بیشتری تشکیل می‌شود تا در مناطق خشک. به‌نظر شما علت چیست؟

۹ ــ چرا خاکهای مناطق خشک حاصلخیزتر از خاکهای مناطق مرطوبند؟

۱۰ ــ زمانی هوازدگی را نوعی دگرگونی می‌شمردند. به‌نظر شما چرا امروزه این نظر طرفدارانی ندارد؟

۱۱ ــ چرا در خاک بیابان مقدار N کم است؟

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ فرسایش خاک، پوشش گیاهی و نقش آن در حفاظت خاک فلات مرکزی ایران، آریاوند، احمد، ۱۳۴۹

۲ ــ مبانی زمین‌شناسی، ابروجف، ترجمهٔ قریب، عبدالکریم، ۱۳۴۸.

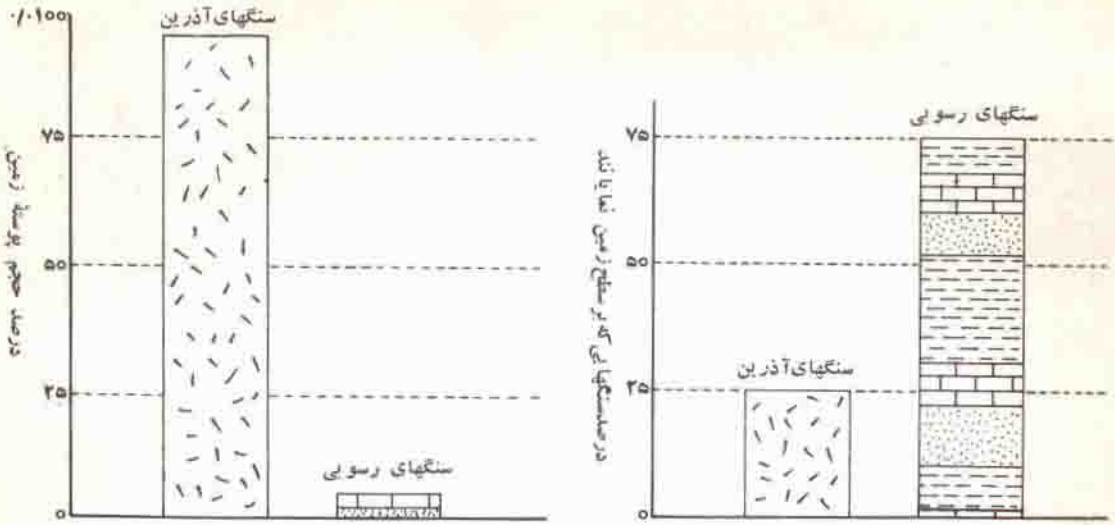
۷

رسوبگذاری و سنگهای رسوبی

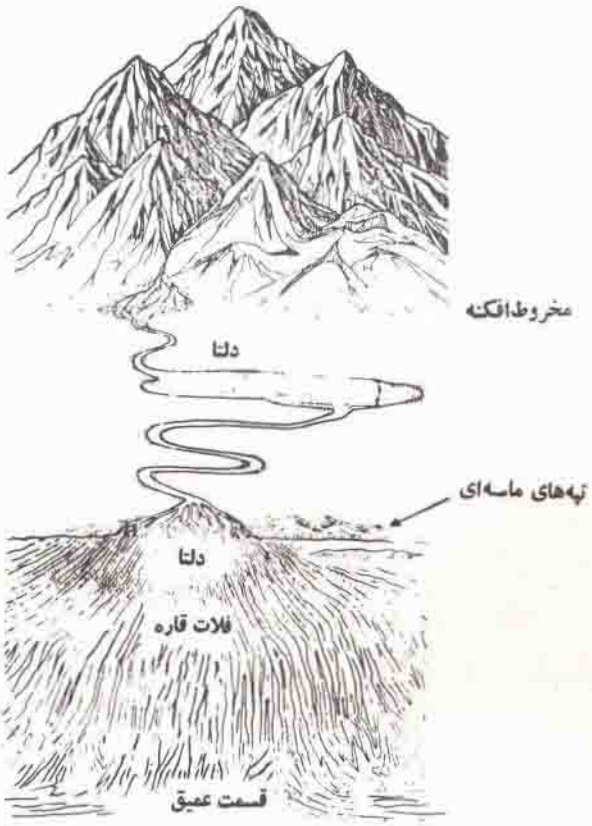
در فصل قبل دیدید که عوامل مختلف چگونه می‌توانند سبب تخریب و تجزیه سنگها شوند. بدین‌ترتیب، حاصل کار این عوامل باعث شده است که پوستهٔ زمین هم دچار تغییر شود و دیگر آن ترکیب و ساختمان ظاهری را دارا نباشد. مواد حاصل از تخریب سنگها که بیشتر از هر چیز نتیجهٔ هوازدگی است، کمتر در محل اولیه باقی می‌مانند، بلکه، عواملی از قبیل آب، باد، یخچال و غیره، آنها را حمل می‌کنند و به‌درون دریاها و دریاچه‌ها می‌برند. اما اکنون ممکن است این پرسش برای شما پیش آید که پس چرا در طی میلیاردها سال انجام فرآیندهای فرسایشی، دریاها و اقیانوسها از مواد تخریبی پر نشده‌اند؟ پاسخ این است که همواره سنگهای جدیدی از این مواد پدید می‌آیند که به‌تناسب منشأ، آنها را سنگهای رسوبی می‌نامند. پس سنگهای رسوبی اصولاً از موادی حاصل می‌آیند که قبلاً در ترکیب سنگهای دیگر بوده‌اند.

رسوب‌گذاری

به‌طور کلی، به‌موادی که توسط عوامل فرسایشی حمل شده، در محیطهای رسوبی ته‌نشین می‌گردند، رسوب می‌گویند. عمل رسوب‌گذاری هم از لحظه‌ای آغاز می‌شود که کار حمل پایان می‌گیرد. وقتی که باد از جریان می‌افتد، یا زمانی که آب از حرکت می‌ایستد، مواد همراه آنها ته‌نشین می‌شوند. در روی زمین، عمل حمل مواد توسط آب، تحت تأثیر نیروی جاذبه، همیشه از بلندیها به‌سوی فرورفتگیها صورت می‌گیرد. مقداری از مواد رسوبی سنگین وزن و درشت، در نیمه راه مسیر خود باقی گذاشته می‌شوند و هرگز به‌دریا نمی‌رسند. این مواد، آبرفتهای رودخانه‌ای



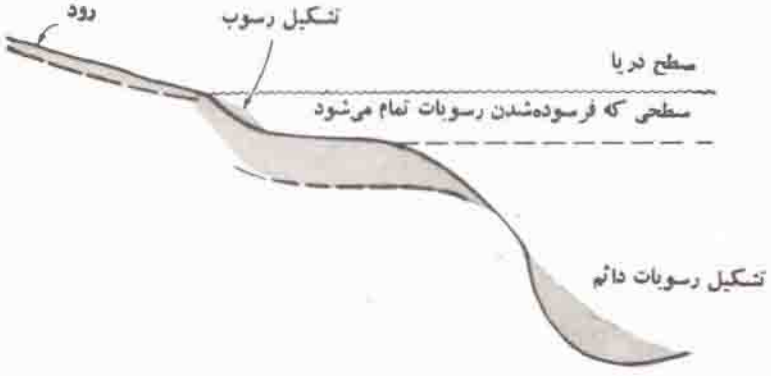
شکل ۱ ــ ۷ ــ با آن که پوستهٔ جامد زمین را سنگهای آذرین تشکیل داده‌اند، چرا در سطح زمین مقدار سنگهای رسوبی بیشتر است؟



شکل ۲ ــ ۷ ــ با جریان آب رودخانه، مواد از بلندیها جدا شده، در فرورفتگیها رسوب داده می‌شوند.

را پدید می‌آورند. اما مواد سبک وزن، همچنان به‌همراه آب به‌پیش می‌روند تا به‌محیطهای آرامی مانند دریا برسند و در آنجا ته‌نشین شوند. با آنکه می‌گوییم رسوبات در شرایط عادی بر اساس درشت و ریزی خود در طول مسیر طبقه‌بندی می‌شوند، اما نمی‌توان گفت که در همه حال این کار دقیقاً صورت می‌گیرد، چون به‌همراه قلوه‌سنگها ماسه و به‌همراه ماسه‌ها مقداری گل و لای نیز دیده می‌شود.

هرچه عمق آب کمتر باشد، یعنی رسوبات به‌ساحل نزدیکتر باشند، مقدار آنها نیز بیشتر خواهد بود، اما در عین حال، این رسوبات قطورتر، تحت تأثیر امواج قرار می‌گیرند و ترتیب آنها به‌هم می‌خورد.



شکل ۳ ــ ۷ ــ رسوبات بیشتر در نزدیکی سواحل تشکیل می‌شوند تا در اعماق زیاد.

منشأ رسوبات

به‌طور کلی منشأ رسوبات دریایی را به‌ترتیب زیر می‌توان ذکر کرد.

۱ ــ مواد تخریب شده ــ مقدار زیادی شن، ماسه و رس از خشکیها به‌درون دریاها برده می‌شوند. گذشته از آن مواد معینی وجود دارند که در روی خشکیها در آب حل می‌شوند و به‌طریقه شیمیایی در دریا رسوب می‌کنند. نمک طعام، کربناتهای کلسیم و منیزیم، بعضی سولفاتها، ترکیبات آهن و غیره را باید از این جمله شمرد. این مواد و مواد دسته اول حاصل تخریب و تجزیه اقسام مختلف سنگهای سطح خشکیها هستند.

۲ ــ بقایای بدن جانداران ــ جانداران زیادی وجود دارند که برای تشکیل پوشش محافظ بدن

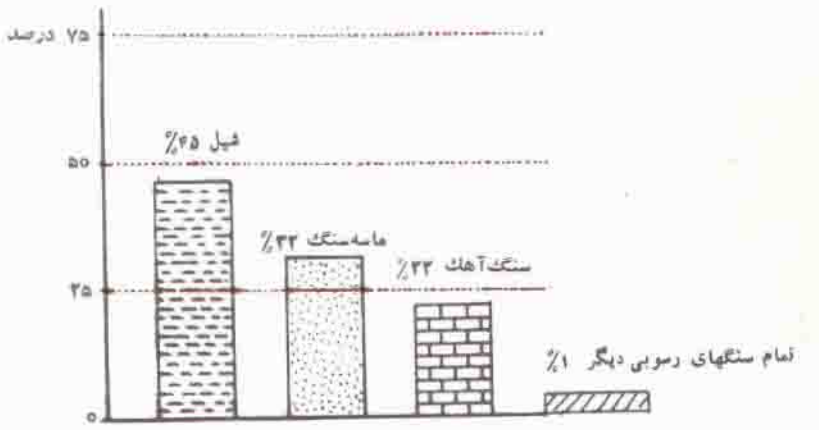
(پوسته و صدف) و اسکلت خود به‌مواد معدنی از قبیل فسفاتها، سولفیدها، اکسیدهای آهن، کربناتهای کلسیم و منیزیم و سیلیس محتاجند. طبعاً این مواد بعد از مرگ جانداران بر جای می‌مانند و در آب رسوب می‌کنند.

۳ ــ مواد آتشفشانی ــ این رسوبات شامل موادی هستند که بیشتر از همه از فعالیت آتشفشانهای درون دریاها نتیجه می‌شوند.

۴ ــ شهابسنگها ــ موادی که از محیطی خارج از محیط کره زمین به‌سطح آن می‌رسند، اغلب بر اثر برخورد با اتمسفر زمین حالتی اکسید شده می‌یابند. قسمت اعظم این مواد به‌صورت غبار بر سطح خشکیها و دریاها می‌بارند.

کانیهای موجود در سنگهای رسوبی

سنگهای رسوبی هم مانند سنگهای آذرین، یا دگرگون شده مجموعه‌ای از کانیها هستند. در این سنگها، سه کانی از همه بیشتر یافت می‌شود که عبارتند از: رس، کوارتز و کلسیت. اما البته در برخی از سنگهای ویژه، کانیهای دیگری عمومیت دارند. به‌ندرت ممکن است در یک سنگ رسوبی فقط یک نوع کانی یافت شود. مثلا در سنگ آهک، کانی کلسیت بسیار فراوان است، اما در خالص‌ترین سنگهای آهکی هم مقداری کانیهای دیگر مانند رس یا کوارتز، غلاوه بر کلسیت دیده می‌شود. همچنین، دانه‌های بسیاری از ماسه‌سنگها از جنس کوارتز است، اما خمیره‌ای که این دانه‌ها را به‌هم می‌پیوندد ممکن است سیلیس، کلسیت، دولومیت یا اکسید آهن باشد.



شکل ۴ ــ ۷ ــ نسبت فراوانی سنگهای رسوبی در روی زمین.

در مبحث هوازدگی گفتیم که کانیهای رسی از تجزیه سیلیکاتها، به‌ویژه فلدسپاتها حاصل می‌آیند. همین کانیها بعداً ممکن است اجزای اصلی سنگهای رسی یا شیلها را تشکیل بدهند. کوارتز هم باز از تجزیه سنگهای آذرین به‌وجود می‌آید، زیرا وقتی بر اثر هوازدگی مکانیکی یا شیمیایی یک سنگ گرانیتی تجزیه می‌شود، دانه‌های کوارتز موجود در آن آزاد می‌شوند. بیشتر حجم ماسه‌سنگها را کوارتز تشکیل می‌دهد. در عین حال مقداری سیلیس محلول و در اندازه‌های کلوئیدی هم در نتیجه هوازدگی سنگهای گرانیتی حاصل می‌آید، که این سیلیس بعداً ممکن است سیمان سنگهای رسوبی دانه درشت را پدید آورد، یا آن که به‌شکل کانی جدیدی به‌نام **اوپال** (Opal) با فرمول $SiO_2.nH_2O$ درآید. اوپال متبلور نیست و از کوارتز کمی نرمتر است. البته گاهی نیز سیلیس در بعضی از سنگهای رسوبی به‌صورت بلورهای بسیار دانه‌ریزی دیده می‌شود. از سنگهایی که بدین صورت حاصل می‌شوند، می‌توان نوعی سنگ **آتش‌زنه** (Flint) و کلسدونی (Calcedony) یا **کلسدون** را نام برد (سنگ آتش‌زنه را آدمیان نخستین برای تهیه ابزارهای خود به‌کار می‌برده‌اند).

(الف) (ب) (ج)

شکل ۵ ــ ۷ ــ نمونه‌هایی از اپال (الف) کلسدون (ب) و سنگ آتش‌زنه (ج)

کلسیت، کانی اصلی تشکیل دهندهٔ سنگهای آهکی است. این کانی نیز یکی دیگر از مواد شیمیایی است که می‌تواند در بین ذرات و قطعات سنگها نفوذ کند و آنها را به‌هم بچسباند. بیشتر آبهای زیرزمینی مقداری CO_2 در خود محلول دارند. با این ترتیب این آبها تا حدی خاصیت اسیدی می‌یابند.

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

این اسید هم به‌نوبه خود با کلسیت ترکیب می‌شود.

$$\underset{\text{نامحلول}}{CaCO_3} + H_2CO_3 \rightleftharpoons \underset{\text{محلول}}{Ca^{++} + 2HCO_3^-}$$

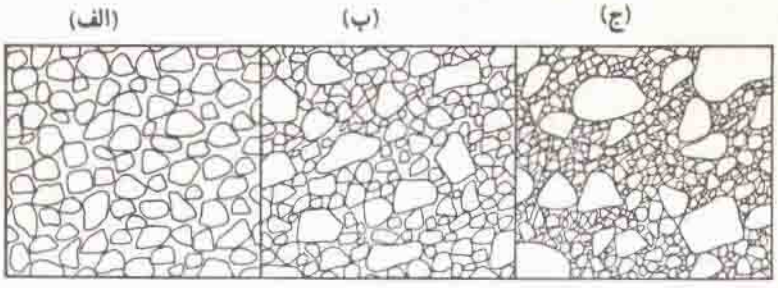
و البته صورت نامحلول آن در بین ذرات تشکیل سیمان را می‌دهد.

منشأ تشکیل کلسیت، فلدسپاتهای پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و بعضی از کانیهای آهن و منیزیم‌دارند. کلسیم ابتدا به‌صورت محلول بیکربنات کلسیم، $Ca(HCO_3)_2$، از فرآیندهای هوازدگی حاصل می‌آید، سپس تحت اثر عمل جانداران و واکنشهای شیمیایی مبدل به $CaCO_3$ نامحلول می‌شود.

بجز سه کانی رس، کوارتز و کلسیت، کانیهای دیگری که در میان سنگهای رسوبی یافت می‌شوند عبارتند از: ۱) دولومیت، $CaMg(CO_3)_2$ یا کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم. ۲) مقداری فلدسپاتهای مختلف و میکا (وجود این کانیها در سنگ رسوبی علامت آن است که عمل هوازدگی روی سنگهای آذرین به‌طریق مکانیکی صورت گرفته است نه شیمیایی، چرا؟ ۳) آهن، که طبعاً منشأ آن کانیهای آهن و منیزیم‌دار بوده است و به‌صورت هماتیت و لیمونیت درآمده‌اند. ۴) هالیت (NaCl) و ژیپس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) که از تبخیر آبهای محتوی این مواد برجای مانده‌اند. میزان شوری آبی که منشأ این کانیهاست وقتی از سه برابر حد طبیعی بگذرد، کانی ژیپس ته‌نشین می‌شود و اگر این شوری به ۱۰ برابر حد طبیعی برسد، ته‌نشین شدن هالیت آغاز می‌شود. ۵) قطعات ریز و درشت مواد آتشفشانی و همچنین مواد آلی هم ممکن است در میان سنگهای رسوبی یافت شوند.

بافت ــ برای سنگهای رسوبی هم مانند سنگهای آذرین بافتهای مختلفی در نظر گرفته می‌شود که اشاره به‌ظاهر سنگ، اندازه و شکل بلورها و آرایش آنها می‌کند. در سنگهای رسوبی دو بافت اصلی تخریبی یا آواری و غیرتخریبی (غیرآواری) وجود دارد.

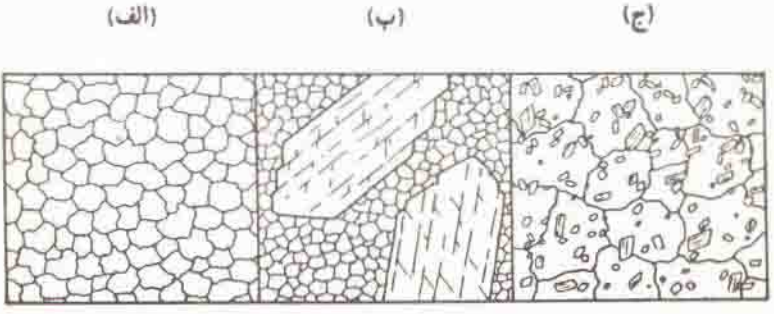
بافت تخریبی را در سنگهایی می‌یابیم که از اجتماع ذرات و قطعات سنگهای دیگر پدید آمده باشند. اندازه و شکل این دانه‌ها، همچنین نوع دانه‌بندی، طبعاً بر نوع بافت سنگ اثر مستقیم دارد. مثلاً سنگی که از رسوبات یخچالی حاصل می‌آید، دارای دانه‌های مخلوط درشت و ریز است. در حالی که وقتی سنگی از مواد حمل شده توسط باد تشکیل شود، دانه‌های آن کمابیش یک



شکل ۶ ــ ۷ ــ بافت تخریبی در سنگهای رسوبی با دانه‌بندی خوب (الف)، متوسط (ب) و بد (ج).

اندازه و ریز است (شکل ۶ـ۷) اندازهٔ دانه‌هایکی از راههای خوب تقسیم‌بندی سنگهای رسوبی تخریبی است، که البته منظور از اندازه، قطر تقریبی دانه‌ها است نه حجم، وزن یا سطح آنها. بر همین اساس، قطعات و ذرات را به: بزرگتر از ۲ میلیمتر، (Rudites)، بین ۲ تا $\frac{1}{16}$ میلیمتر (Arenites) و کوچکتر از $\frac{1}{16}$ میلیمتر (Argillites) طبقه‌بندی می‌کنند و به‌هر کدام نیز نامی می‌دهند.

بافت غیرتخریبی در سنگهایی دیده می‌شود که تحت اثر فرآیندهای شیمیایی پدید آمده باشند. در این سنگها، همانند سنگهای آذرین، بلورها به‌همدیگر پیوسته‌اند. عملا، بیشتر سنگهایی که چنین بافتی را دارند، متبلورند. به‌همین سبب هم، نظیر سنگهای آذرین در اینجا باز اصطلاحات درشت بلور (بزرگتر از ۵ میلیمتر)، متوسط بلور و ریز بلور (کوچکتر از یک میلیمتر) کاربرد دارند.



شکل ۷ ــ ۷ ــ بافت متبلور در سنگهای رسوبی. چه تفاوتی میان این بافت و بافت سنگهای آذرین وجود دارد؟

دیاژنز

اصطلاح دیاژنز به‌مراحلی گفته می‌شود که طی آن از رسوبات نرم و منفصل، سنگهای سخت و متصل پدید می‌آید. این پدیده شامل مراحل زیر است:

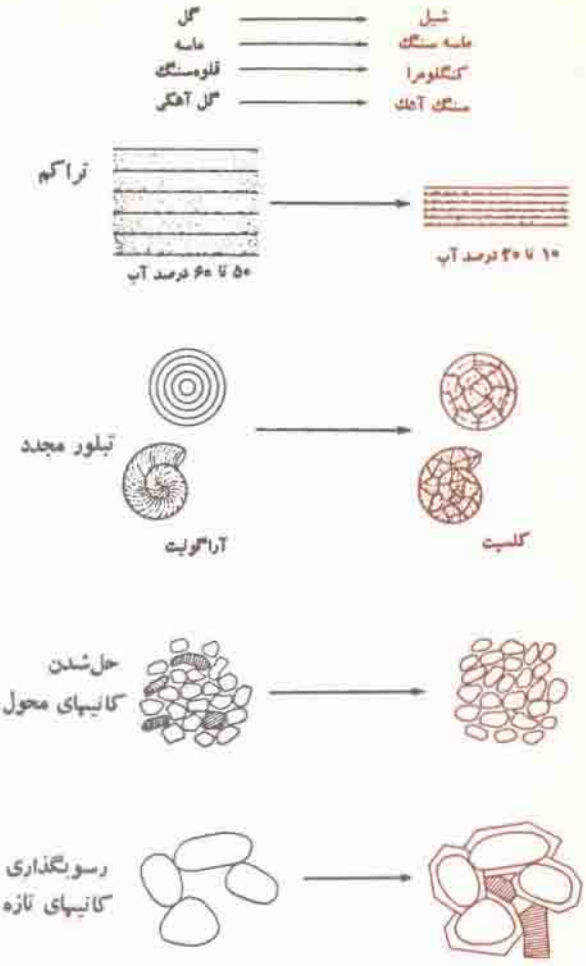
سیمان شدن ــ در این مرحله، فواصل موجود در بین قطعات و ذرات سنگ را نوعی ماده شیمیایی پر می‌سازد و آنها را به‌هم می‌چسباند. از میان مواد مختلفی که می‌توانند سیمان سنگهای رسوبی شوند، کلسیت، دولومیت و کوارتز فراوانتر از بقیه‌اند، اما اکسید آهن، اوپال، انیدریت و پیریت هم می‌توانند سیمان پاره‌ای از سنگهای تخریبی رسوبی را تشکیل دهند. مواد سیمانی اصولا توسط آبهای نافذ در فضای میان ذرات نفوذ می‌کنند، سپس، عاملی باعث رسوب کردن آنها می‌شود.

متراکم شدن و خشک‌شدن ــ در رسوبات دانه‌ریزی که جنس آنها سیلت (دانه‌هایی کمی درشت‌تر از رس) یا رس باشند، فضای میان ذرات چنان کوچک است که آب به‌آزادی نمی‌تواند از آنها بگذرد. بدین ترتیب، ماده سیمانی هم نمی‌تواند خود را به‌آن فضاها برساند. در این حال، چسبیدن ذرات به‌همدیگر، تحت اثر فرآیندهای متراکم شدن یا خشک شدن خواهد بود.

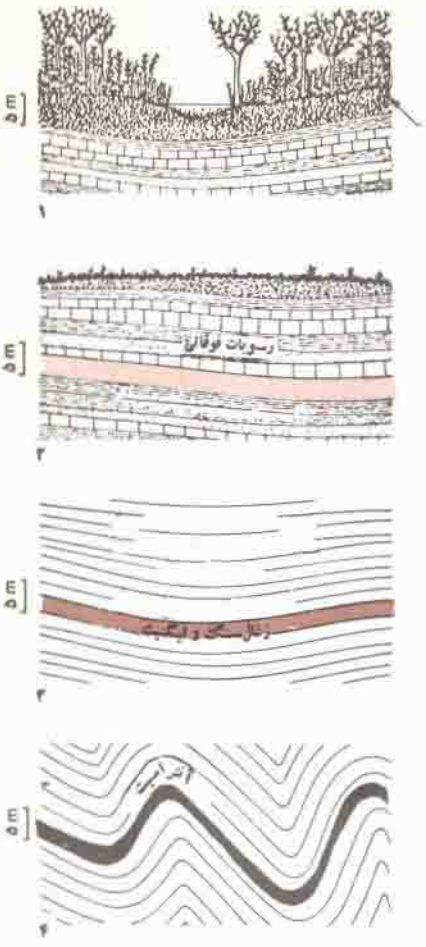
در فرآیند متراکم شدن، به‌علت فشاری که از لایه‌های فوقانی وارد می‌آید، فضاهای میان ذرات بتدریج تقلیل حاصل می‌کند. طبعاً بدین ترتیب از قطر مواد رسوبی کاسته می‌شود و بر تراکم و چسبندگی آنها افزوده می‌گردد. در فرآیند خشک شدن نیز، آبی که در اصل فواصل میان ذرات را پر کرده، بیرون رانده می‌شود. گاهی این کار خود نتیجه متراکم شدن است، اما گاهی هم وقتی مواد رسوبی در معرض هوا باشند، بر اثر تبخیر، عمل خشک شدن انجام می‌گیرد.

تبلور دوباره ــ متبلور شدن بعضی از مواد رسوبی خود یک نوع تشکیل سنگ محسوب می‌شود. در این فرآیند ممکن است کانیهای تازه‌ای متبلور شوند، یا بلورهای موجود از قبل درشت‌تر شوند. این فرآیند در بسیاری از سنگهای آهکی و دولومیتی دیده می‌شود.

دیاژنز ارزشهای عملی نیز دارد، زیرا تشکیل نفت، گاز و منابع آبهای زیرزمینی بستگی به‌فضاهای موجود در میان سنگهایی دارد که تحت تأثیر این فرآیند بوده‌اند. تشکیل نفت خود نوعی دیاژنز است که طی آن بازمانده‌های آلی جانداران تدریجاً مبدل به‌نفت مایع یا گاز طبیعی می‌شود. تبدیل تورب که نوعی زغال‌سنگ نارس و بسیار ناخالص است به‌زغال قیری (Bituminous coal) و آنتراسیت هم نتیجهٔ دیاژنز است. درک چنین فرآیندهایی سبب می‌شود که با آگاهی بیشتری به‌دنبال چنین منابعی بگردیم.



شکل ۸ ــ ۷ ــ نمونه‌هایی از تغییرات دیاژنتیکی حاصله در مواد رسوبی.



شکل ۹ ــ ۷ ــ فرآیند تشکیل زغال‌سنگهایی با نسبت درصد کربن بیشتر، از انواع ناخالص‌تر.

طبقه‌بندی

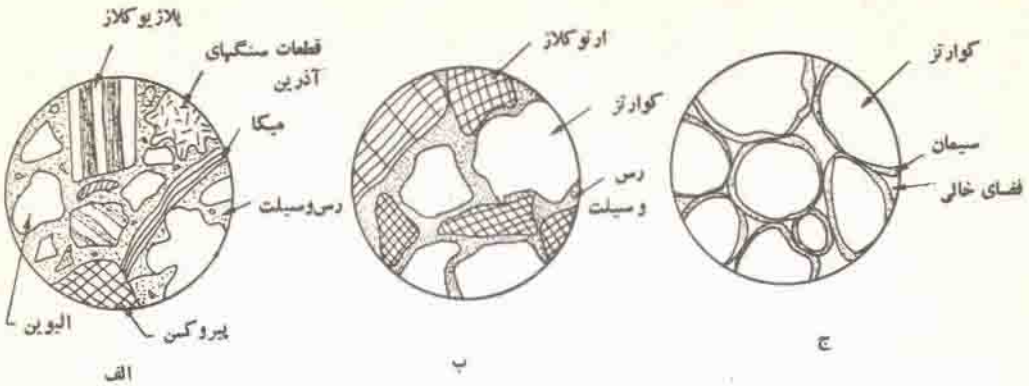
سنگهای رسوبی را مانند سنگهای آذرین به‌روشهای گوناگونی طبقه‌بندی می‌کنند. اما بر اساس آنچه که در صفحات گذشته ذکر شد، مواد تشکیل دهندهٔ این سنگها یا حاصل تخریب سنگهای دیگرند، یا بر اساس انجام واکنشهای شیمیایی پدید می‌آیند، که این گروه نیز خود یا غیرآلی‌اند یا بیوشیمیایی. پس سنگهای رسوبی را به‌دو دستهٔ تخریبی و شیمیایی تقسیم‌بندی می‌کنیم. همهٔ سنگهای تخریبی بافت تخریبی یا آواری دارند، اما سنگهای شیمیایی ممکن است بافت آواری، یا غیرآواری داشته باشند.

سنگهای رسوبی تخریبی ــ این گروه از سنگها را بر اساس قطر قطعات و ذرات به‌ترتیب زیر طبقه‌بندی می‌کنند.

کنگلومراها ــ دسته‌ای از سنگهای تخریبی که دارای قطعات گرد شده‌اند، کنگلومرا (Conglomerate) نامیده می‌شوند. قطر قطعات تشکیل دهندهٔ کنگلومراها مختلف است و از ۲ میلیمتر تا قطعات چند دسی‌متری تغییر می‌کند. معمولا جنس قطعات تشکیل دهندهٔ کنگلومراها مختلف است و حتی رنگهای آنها هم با یکدیگر تفاوت دارد. نوعی کنگلومرا هم وجود دارد که قطعات آن زاویه‌دار و دارای لبه‌های تیزند. این سنگها را برش (Breccia) می‌گویند.

۱۰ ــ ۷ ــ کنگلومرا از مجموعهٔ سنگ‌ریزه‌ها و قلوه‌سنگهایی که در خمیره‌ای قرار می‌گیرند پدید می‌آید.

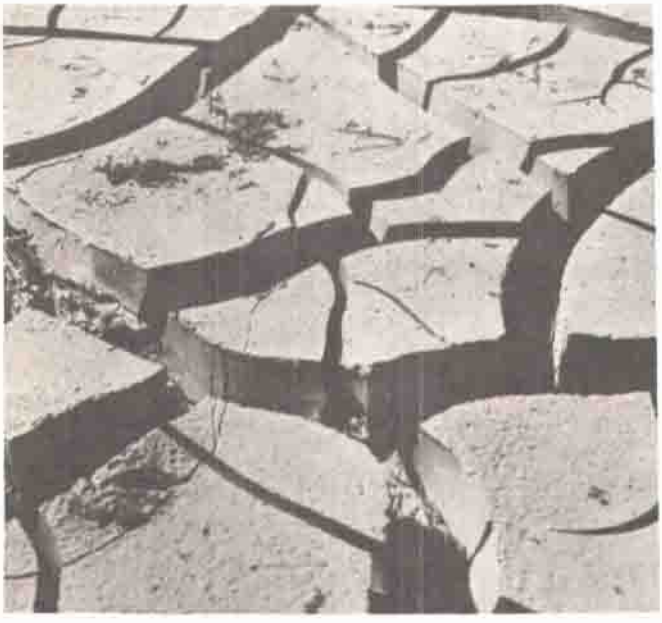
ماسه‌سنگها ــ وقتی که دانه‌های ماسه به‌وسیلهٔ سیمانی به‌همدیگر متصل شوند، ماسه‌سنگ پدید می‌آید. معمولا جنس این دانه‌ها از کوارتز است، اما فلدسپات، میکا و کانیهای دیگر هم ممکن است میان آنها موجود باشد. سختی ماسه سنگها و درجهٔ مقاومت آنها در برابر اثر عوامل فرسایش، به‌نوع سیمان آنها بستگی دارد. در نواحی مرطوب، تخریب ماسه‌سنگهای دارای سیمان آهکی یا اکسید آهن زودتر از ماسه‌سنگهایی صورت می‌گیرد که جنس سیمانشان از سیلیس است (چرا؟). در ضمن، سیمان هرگز تمام فضاهای موجود بین ذرات ماسه را پر نمی‌کند و یک ماسه‌سنگ ممکن است تا ۳۰ درصد حجم خود دارای فضاهای خالی باشد. از این‌رو این سنگها



شکل ۱۱ ــ ۷ ــ مقطع سه نوع ماسه سنگ گریواک (الف)، آرکوز (ب) و سیلیسی (ج) در زیر میکروسکوپ. به‌اندازه و گوناگونی ذرات توجه کنید.

را متخلخل گویند و آبهای فرورو می‌توانند در آن فضاها ذخیره شوند. ماسه‌سنگها را، هم در ساختمانها به‌کار می‌برند و هم از سیلیس آنها در شیشه‌سازی استفاده می‌کنند.

دو نمونه از سنگهایی که در گروه ماسه‌سنگها قرار می‌گیرند، آرکوز(Arkose) و گریواک (Greywacke)اند. آرکوزها از دانه‌های کوارتز و فلدسپات مرکب‌اند، و مقدار فلدسپات تا حدود $\frac{1}{3}$ حجم سنگ می‌رسد. در بیشتر آرکوزها، دانه‌بندی منظم است. رنگ آرکوزها قرمز، صورتی یا



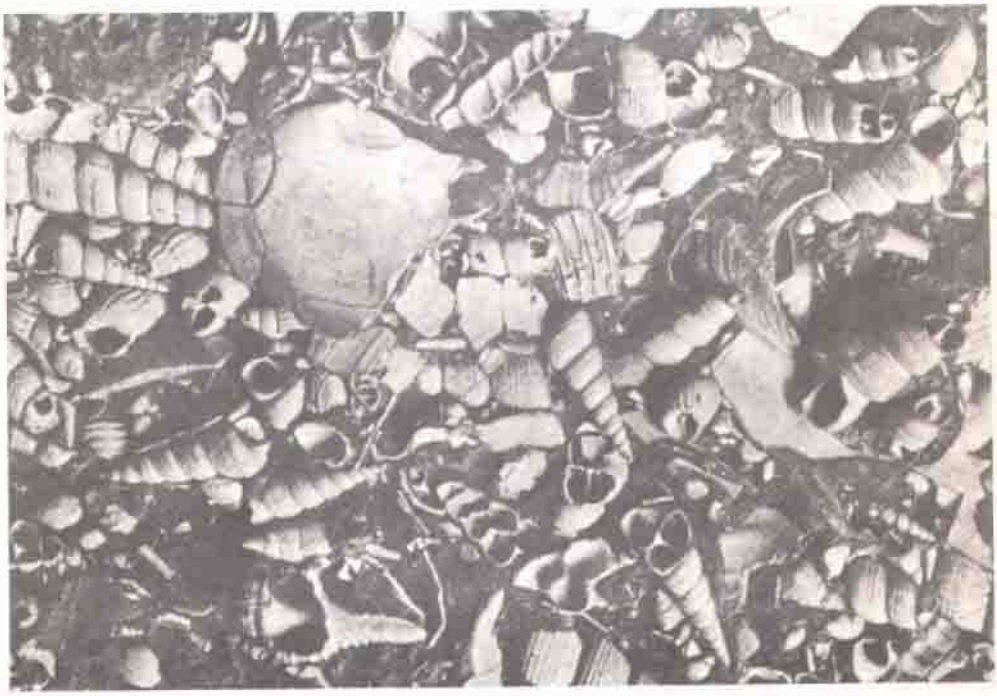
شکل ۱۲ ــ ۷ ــ زمینهای رستی وقتی خشک شوند ترک می‌خورند.

خاکستری است. گریواکها ماسه‌سنگهای تیره رنگی‌اند که دانه‌بندی نامنظم دارند و در آنها فلدسپات زیاد به‌همراه قطعاتی (در اندازهٔ ماسه) از جنس سنگهای آذرین یا دگرگون شده را می‌توان در درون یک سیمان زمینه‌ای تشخیص داد. ضمناً، دانه‌های گریواکها زاویه‌دار و لب‌تیزند.

سنگهای رسی، که به‌نام پلیتی (Pelitic) هم معروفند، سنگهای بسیار دانه‌ریزی هستند. معروفترین این سنگها، شیل (Shale) است. شیل صورت لایه لایه دارد و به‌هنگام شکستن به‌سهولت متورق می‌شود. رنگ شیل بستگی به‌نوع مواد همراه آن دارد. مثلا کلسیت یا سیلیس آن را روشن و ترکیبات آهنی آن را قرمز می‌سازند. مواد آلی پوسیده شده هم سنگ را به‌رنگ خاکستری تا سیاه در می‌آورند.

سنگهای رسوبی شیمیایی ــ در این گروه، سنگهای آهکی، تبخیری و سوختنی را ذکر می‌کنیم.

سنگهای آهکی ــ سنگهایی هستند که ترکیب اصلیشان را کلسیت تشکیل می‌دهد. رسوب این ماده می‌تواند حاصل فرآیندهای شیمیایی یا آلی باشد. اصولاً از تجمع پوسته‌ها و صدفهای آهکی جانداران یا اسکلت بعضی از آنها، سنگهای آهکی فراوانی حاصل می‌آید. چنین جاندارانی



شکل ۱۳ ــ ۷ ــ بعضی از سنگهای آهکی از به‌هم پیوستن قطعات صدف نرم‌تنان به وسیلهٔ نوعی خمیر حاصل شده‌اند.

بیکربنات موجود در آب را جذب می‌کنند، سپس آن را در اسکلت بدن خود وارد می‌سازند. این اسکلت بعد از مرگ جانور باقی می‌ماند و رسوبات آهکی را پدید می‌آورد. مرجانها، نرم‌تنان، پاره‌ای از اسفنجها و تک‌سلولیهایی از گروه روزن‌داران (به‌ویژه گلوبیژرینها) و همچنین برخی از جلبکهای دریازی می‌توانند چنین سنگهایی را حاصل آورند.

از میان نمونه‌های شیمیایی سنگهای آهکی می‌توان به تراورتن اشاره کرد که بعداً شرح آن داده می‌شود (صفحه ۱۸۷). دولومیت هم نوعی سنگ آهک است که در آن، جای قسمتی از کلسیم را منیزیم می‌گیرد. دولومیتها کمی از سنگهای آهکی که فقط محتوی کلسیت‌اند، مقاومترند و کمتر قابلیت انحلال دارند. دولومیت را که رگه‌هایی از کلسیت در میانش یافت می‌شود، به‌عنوان سنگ روکار ساختمانها به‌کار می‌برند.

مارن یا (Marl) را نیز بعضی، جزء سنگهای آهکی محسوب می‌دارند. در این سنگ، به‌همراه کربنات کلسیم، مقدار زیادی رس وجود دارد. تشکیلات مارن در کشور ما به‌ویژه در منطقه قم بسیار فراوان است.

سنگهای تبخیری ــ گروهی از سنگهای رسوبی، حاصل تبخیر آب دریاها، دریاچه‌ها و کولابهای قدیمی هستند. در چنین آبهایی مقدار زیادی نمکهای مختلف از قبیل کلریدها و سولفاتها محلولند که پس از تبخیر آب، بر جای می‌مانند.

سنگ گچ از سنگهای رسوبی تبخیری محسوب می‌شود. این سنگ به‌مقدار زیاد از تبخیر آب بعضی از حوضه‌های کولابی و سولفات‌دار حاصل می‌گردد. سنگ گچ در منطقهٔ قم به‌مقدار بسیار زیاد یافت می‌شود و گچ مصرفی قسمتی از ایران مرکزی از همین منطقه تأمین می‌گردد.

معمولا سنگ گچ را باید در کوره بین ۱۲۰ تا ۱۳۰ درجه حرارت بدهند. در این حال، گچ $\frac{3}{4}$ آب خود را از دست می‌دهد و می‌تواند در ساختن بناها مصرف شود. در موقعی که گچ پودر شده را با آب مخلوط می‌کنیم، گچ این مقدار آب از دست داده را مجدداً می‌گیرد و سخت می‌شود. اگر گرمای رسیده به‌گچ از ۱۵۰ درجه تجاوز کند، گچ تمام آب خود را از دست می‌دهد و مبدل به‌گچ سوخته می‌شود که دیگر مصرفی ندارد.

سنگ نمک ــ سنگ دیگری است که باز به‌همان ترتیب گفته شده حاصل می‌آید. تشکیلات نمکی، اغلب در نقاطی که گچ فراوان باشد دیده می‌شوند. معادن بزرگی از نمک در اطراف قم، خرقان قزوین و جزیره هرمز یافت می‌شود.

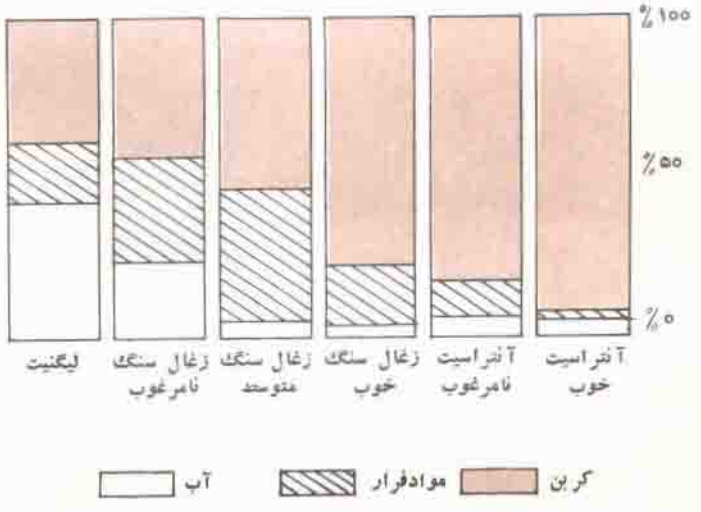
سنگهای سوختنی (سوختهای فسیلی) ــ هیچ‌گاه فکر کرده‌اید چنانچه روزی منابع

انرژی جهان، یعنی زغال‌سنگ، نفت و گاز که سوختهای فسیلی هستند تمام شوند آیا انسان می‌تواند به‌زندگی خود با وضع کنونی ادامه دهد؟ جواب این سؤال مسلماً منفی است. چرخهای کشاورزی و صنعت بدون سوخت از حرکت باز خواهند ایستاد و تحرک و زندگی روزمره در شهرها و روستاها امکان‌پذیر نخواهد بود. خوشبختانه در کشور ما این نهشته‌های طبیعی به‌فراوانی یافت می‌گردند. حال ببینیم این نهشته‌های گرانبها چه هستند.

سوخت‌های فسیلی یا سنگواره‌ای عبارتند از: زغال‌سنگ، نفت و گاز، شیل نفتی و قیر طبیعی.

زغال‌سنگ ــ یکی از مهمترین منابع انرژی که انقلاب صنعتی را در اروپا به‌وجود آورد زغال‌سنگ است. نهشته‌های این سوخت فسیلی در تمام قاره‌های جهان به‌صورت لایه در سنگهای رسوبی یافت می‌گردد. در حال حاضر سالانه بیش از ۱۵۰۰ میلیون تن زغال‌سنگ در سراسر جهان از دل کانسارها بیرون کشیده می‌شود و مصرف عمدهٔ آن در تولید نیروی برق و ذوب فلزات است.

زغال‌سنگ منشأ گیاهی (آلی) و رسوبی دارد. مطالعات میکروسکوپی و وجود سنگوارهٔ قسمتهای مختلف گیاهان مانند گرده، برگ، شاخه و تنه در سنگهای رسوبی مانند ماسه‌سنگ و شیل که لایه‌های زغال‌سنگ را در بر می‌گیرند این نظریه را تأیید می‌کنند که میلیونها سال پیش در مردابهای مناطق گرم و مرطوب مانند دلتای رودهای می‌سی‌سی‌پی، آمازون و کنگو، گیاهان به‌فراوانی رشد نموده، سپس ریشه‌کن گشته و در زیر لایه‌هایی از شن و لای که توسط رودها،



شکل ۱۴ ــ ۷ ــ ترکیب شیمیایی زغال سنگهای مختلف

خصوصاً در هنگام جاری شدن سیل، حمل می‌گردید، مدفون شده‌اند (شکل ۱۵ ــ ۷). با گذشت زمان گیاهان تازه روی این لایه‌های رسوبی روییده و آنها نیز به‌نوبهٔ خود پس از رشد و سرنگون شدن توسط رسوبات دیگری پوشیده شدند. بدین ترتیب بر ضخامت لایه‌هایی که قشرهایی از گیاهان را در میان خود داشتند افزوده شد و فشار (سنگینی) طبقات بالایی سبب گردید که این گیاهان محبوس آب و مواد فرار خود را به‌تدریج از دست داده و فقط کربن آنها به‌صورت زغال‌سنگ باقی بماند.

اگر ضخامت رسوباتی که روی این قبیل بازمانده‌های گیاهان را می‌گیرند زیاد نباشد، بقایای گیاهی موجود در مردابها بر اثر عمل باکتریهای غیر هوازی ابتدا مبدل به‌توده‌ای قهوه‌ای رنگ به‌نام تورب می‌شوند، که بر اثر گذشت زمان و افزایش فشار، از تورب زغالی قهوه‌ای رنگ بنام لیگنیت (Lignite) حاصل می‌آید. اما با ادامه یافتن عمل تجزیه و زیاد شدن فشار طبقات فوقانی، لیگنیت مبدل به‌زغال‌سنگهای مختلف و سرانجام آنتراسیت می‌شود که زغالی خالص است. در ایران کلیهٔ ذخایر بزرگ زغال‌سنگ متعلق به‌قریب ۱۹۵ میلیون سال پیش است و در چهار منطقهٔ خراسان خاوری (آق دربند و چشمه گل)، البرز مرکزی (قشلاق، زیراب، شمشک، گاجره، الیکا، آبیک و لوشان)، مراغه (طالب‌آباد) و کرمان (هجدگ) بهره‌برداری می‌گردد. کاربرد اصلی زغال‌سنگ در ایران در کوره‌های کارخانهٔ ذوب آهن اصفهان است.

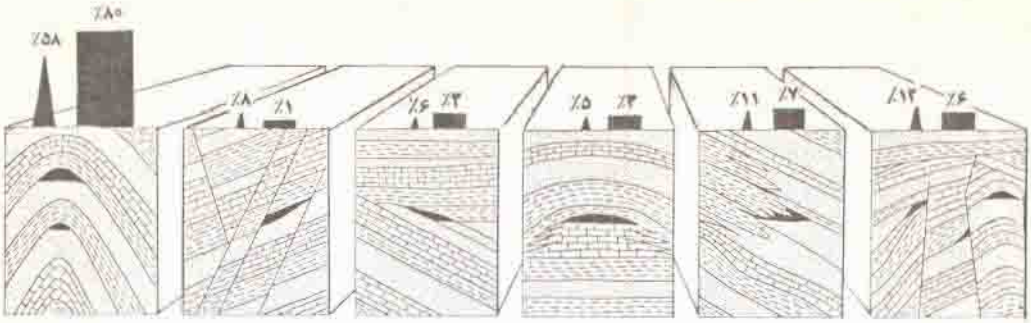
شکل ۱۵ ــ ۷ ــ نقاشی تخیلی از یک مرداب میلیونها سال پیش که در آن ابتدا گیاهان رشد نموده و سپس در زیر رسوبات مدفون و تبدیل به‌زغال سنگ گردیدند.

نفت ــ نفت گرانبهاترین ماده‌ای است که پایه‌های صنعت و اقتصاد جهان بر آن استوار است. نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های مختلف است و ترکیب شیمیایی ثابت و معینی ندارد. برخلاف زغال‌سنگ که مطالعات مختلف منشأ گیاهی آن را تأیید می‌کند، در مورد نفت وضع این‌طور نیست و طرز تشکیل آن را نمی‌توان با روشهای مستقیم دریافت، زیرا نفت ماده‌ای سیال است که می‌تواند از محل تشکیل از راه خلل و فرج، درزها و شکافهای سنگهای پوسته به‌نقطهٔ دیگر رخنه نماید و منابع زیرزمینی را به‌وجود آورد. ولی با در نظر گرفتن این که اکثر مخازن نفت در سنگهای رسوبی و خصوصاً در ماسه‌سنگها، سنگهای آهکی و سنگهای آهکی ـ رسی هستند که در دریاها همراه با آب نمک تشکیل گردیده‌اند، می‌توان با قاطعیت گفت که نفتها منشأ آلی دارند و از بقایای موجودات بسیار کوچک دریایی به‌نام پلانکتون در میان لایه‌های رسوبی دریایی به‌وجود آمده‌اند. بدین ترتیب که بقایای آلی این جانداران ابتدا مانند باران به‌کف دریاها ریخته شده و در لابه‌لا و زیر رسوبات دانه‌ریزی مانند پلمه سنگ و مارن مدفون گردیده‌اند. این سنگها نیز در زیر لایه‌های رسوبات دیگری به‌تدریج به‌اعماق پوسته برده شده و مواد آلی موجود در آنها در اثر فشار و گرما به‌نفت و گاز تبدیل گردیده‌اند. به‌آن دسته از سنگهایی که نفت در آنها تشکیل می‌گردد اصطلاحاً سنگ مادر می‌گویند.

نفت پس از تشکیل در اثر فشار از سنگهای دانه‌ریز مادر به‌سنگهای متخلخلی مانند ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک که به‌آنها سنگ مخزن می‌گویند روان می‌گردد. نفوذ نفت به‌سنگ مخزن را اصطلاحاً هجرت می‌نامند. هنگام هجرت چنانچه مانعی در سر راه نباشد نفت به‌تدریج به‌سطح زمین رسیده و به‌صورت چشمه‌های نفتی در می‌آید. تعداد زیادی از این‌گونه چشمه‌ها در نقاط مختلف ایران از جمله ساحل مکران، فارس، خوزستان، لرستان، اطراف قم، دشت مغان و مازندران وجود دارد. موانعی که نفت را هنگام هجرت از حرکت باز می‌دارند و باعث انباشته شدن آنها می‌گردند نفتگیر یا تلهٔ نفتی (Oil trap) نام دارند (شکل ۱۶ ــ ۷).

روی سنگ مخزن نفت‌گیرها معمولا پوششی از سنگهای رسوبی تبخیری (مانند انیدریت و گچ) یا دانه‌ریز (مانند پلمه سنگ و مارن) که نفوذناپذیرند، قرار دارند و از فرار نفت و گاز همراه آن جلوگیری می‌نمایند. به‌این سنگها سنگ پوشش می‌گویند. در تله‌ها یا مخازن، نفت به‌صورت قشری که ضخامت آن از چند متر تا چند صدمتر تغییر می‌نماید بین گاز که سبکتر است و در بالا قرار دارد و آب شور که سنگین‌تر است و در زیر آن می‌باشد در خلل و فرج سنگ مخزن یافت می‌گردد. در آن دسته از مخازن که فقط گاز دارند، قشر گاز مستقیماً روی آب شور واقع شده است.

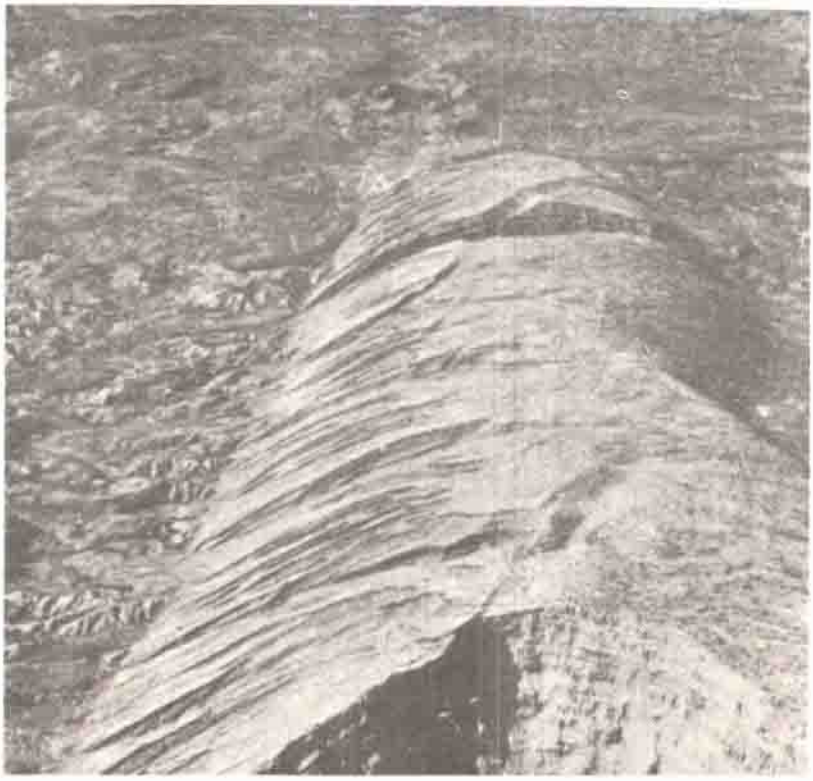
بیشتر منابع بزرگ نفت و گاز ایران در کوهپایه‌های زاگرس و فلات قارهٔ خلیج فارس در تله‌های طاقدیسی (شکل ۱۶ ــ ۷) و در مخازن سنگ‌آهک هستند که پوششی از انیدریت و گچ



شکل ۱۶ ــ ۷ ــ اشکال مختلف تله‌های نفتی با نسبت درصدی که در روی زمین یافت می‌شوند.

دارند. در دیگر نقاط ایران منابع گاز در خراسان (سرخس) و نزدیکی کاشان (سراجه) و نفت در دشت مغان و نزدیکی قم (البرز) وجود دارد.

شیل نفتی ــ به‌نوعی از سنگهای رسوبی دانه‌ریز که در ظاهر دارای نفت نبوده ولی در اثر دما و تقطیر قابلیت نفت‌دهی دارند، شیل نفتی می‌گویند. این سنگها حاوی ماده‌ای آلی به‌نام کروژن



شکل ۱۷ ــ ۷ ــ تاقدیسی از سنگ آهک آسماری که در اثر فرسایش پوشش انیدریت و گچ به‌صورت یکی از کوه‌های خوزستان در میان دشت ظاهر گردیده است. عرض این کوه در پایین عکس بیش از ۳ کیلومتر است.

هستند که در دمای ۳۷۰ تا ۴۸۰ درجهٔ سانتیگراد مولکول آن شکسته می‌شود و قسمتی از آن به‌ماده‌ای شبیه نفت خام تبدیل می‌گردد. شیلهای نفتی دارای منشأ دریایی، دریاچه‌ای و یا مردابی هستند.

استفاده از این نهشته‌ها در اروپا از ۷۰۰ سال قبل ابتدا در علم پزشکی و سپس برای تولید گرما متداول گردید. امروزه تنها در نقاطی از جهان که از لحاظ منابع دیگر انرژی مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز فقیرند از شیلهای نفتی استفاده می‌گردد. این سنگها اکثراً به‌صورت لایه در میان سنگهای رسوبی یافت می‌شوند و پس از استخراج در کوره‌های مخصوص تقطیر، حرارت داده شده و بدین‌گونه نفت آن را به‌دست می‌آورند.

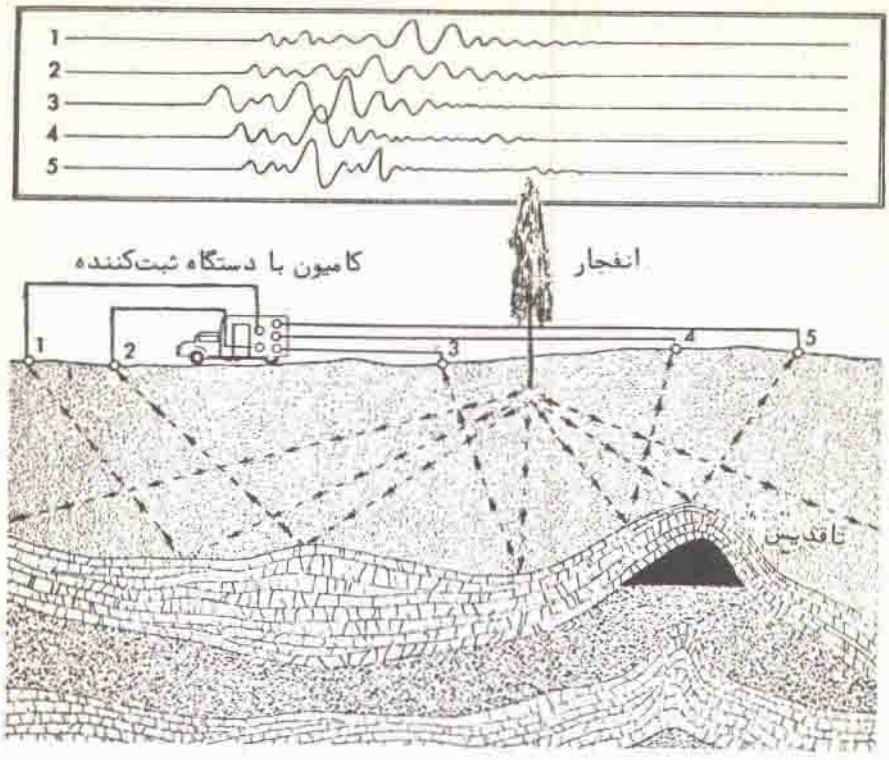
در ایران نهشته‌های شیل نفتی در ارتفاعات زاگرس از اطراف کوهرنگ تا الیگودرز (قالی‌کوه) در سنگهای آهکی به‌صورت لایه‌های متعدد وجود دارد.

قیر طبیعی ــ می‌دانیم که نفت ماده‌ای است سیال که می‌تواند از محیط تشکیل و از طریق درزها و شکافهای موجود در سنگها به‌اطراف و مخصوصاً به‌بالا روان شود و چنانچه مانعی در راه نباشد به‌سطح زمین تراوش نماید. تقطیر طبیعی (خشک شدن) و اکسیداسیون نفت در روی زمین باعث به‌وجود آمدن نهشته‌های قیر طبیعی یا آسفالت می‌گردد. این ذخایر به‌اشکال مختلف از قبیل عدسی، لایه و رگه در میان دیگر سنگهای پوسته دیده شده است. در ایران نهشته‌های قیر در نزدیکی استهبان (اصطهبانات)، بوشهر، بهبهان، قصر شیرین و خرم‌آباد وجود دارد و از پاره‌ای از آنها بهره‌برداری می‌گردد.

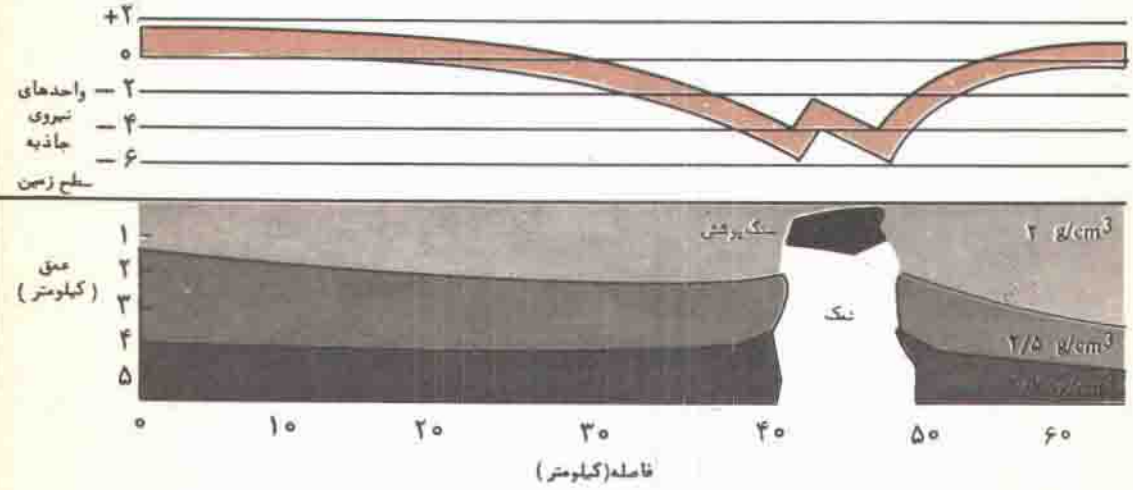
جستجوی نهشته‌ها ــ یافته‌شدن بسیاری از معادن قدیمی به‌طور تصادفی صورت گرفته است و چون در سطح زمین نمونه‌هایی از مواد درون آنها پیدا شده، ذهن کنجکاو عده‌ای متوجه احتمال وجود معدنی از مادهٔ مزبور در آن محل شده است.

حتی امروزه هم با وجود استفاده از ابزارهای جدیدی که در کاوش برای یافتن معادن به‌کار می‌روند، زمین‌شناسان ابتدا سعی دارند به‌دنبال محلهایی بگردند که از لحاظ شرایط محیطی و زمین‌شناسی، مشابه محل معادن قدیمی باشد، زیرا تحت چنان شرایطی است که آن نوع مواد تشکیل می‌شوند.

روشهای جستجوی معادن، اصولا غیر مستقیمند، زیرا در درجهٔ اول شرایط تشکیل یک نوع نهشته را در نظر می‌گیرند. مثلا برای یافتن کانی مانیتیت از روش مغناطیس سنجی (Magnetometry) استفاده می‌شود، اما می‌توان همین روش را برای یافتن کانیهای همراه مانیتیت (هماتیت و لیمونیت) هم به‌کار برد، زیرا چنین معلوم شده است که در بسیاری از مناطق کانیهای



۱۸ ــ ۷ ــ در این شکل در ۵ محل امواج حاصل از انفجار دینامیت ثبت می‌شوند. به‌تفاوت شکل امواج حاصله از ایستگاههای مختلف توجه کنید: زمین‌شناسان بمقایسهٔ امواج حاصله می‌پردازند و اگر از روی آنها به‌وجود تاقدیسی در درون زمین پی‌برند، چاه آزمایشی در آن محل حفر می‌شود. البته در زیر همه تاقدیس‌ها نفت وجود ندارد.



شکل ۱۹ ــ ۷ ــ یکی از روشهای کشف معادن، مطالعهٔ تغییرات نیروی جاذبه در قسمتهای مختلف زمین است.

بخصوصی به‌همراه هم یافت می‌شوند.

روش دیگر، بررسی زمین از راه هوا است. رنگ سنگهای سطح زمین می‌تواند بازگوکنندهٔ وجود بعضی از معادن در آنها باشد.

در مورد مخازن نفت و گاز، چون این مواد اصولا در درون سنگهای رسوبی تشکیل می‌شوند، زمین‌شناسان در مناطقی که این نوع سنگها وجود دارند به‌کاوش می‌پردازند و با تهیهٔ نقشه‌های زمین‌شناسی محل تاقدیسهائی را که ممکن است نفت و گاز هم فقط در آنها جمع شده باشند مشخص می‌نمایند.

برای یافتن نفت معمولاً از سه روش ثقل‌سنجی که اندازه‌گیری نیروی جاذبه است، لرزه‌نگاری و حفاری استفاده می‌شود. در روش اول هدف پی‌بردن به‌ساختمان لایه‌های رسوبی زیرزمین است و البته مقایسه‌ای میان نمونه‌های به‌دست آمده از نقاط مختلف صورت می‌گیرد تا نقشهٔ لایه‌ها در زیرزمین به‌طور دقیق ترسیم شود. در روش دوم، به‌خصوصیات امواج حاصل از انفجار توجه می‌شود. مقدار کمی مواد منفجره را در حفراتی در عمق کمی از زمین (در حدود ۱۵ متری) قرار می‌دهند و امواج حاصل از انفجار آنها را ترسیم می‌کنند (شکل ۱۹ ــ ۷) به‌این طریق هم می‌توان از ساختمان درون زمین در منطقهٔ مورد مطالعه آگاه شد.

در روش سوم، از تفاوتهای موجود در وزن حجمی تشکیلات سنگهای رسوبی استفاده می‌شود. اگر لایه‌ای از سنگهای رسوبی در زیر زمین به‌طور افقی قرار داشته باشد، دستگاههای حساس بنام ثقل‌سنج، در تمام قسمتهای سطح این لایه، مقدار ثابتی از نیروی جاذبه را نشان می‌دهند. حال اگر چنین لایه‌ای بالا یا پائین برود، دستگاه ثقل‌سنج هم این تغییرات ساختمانی را نشان خواهد داد. وقتی که چنین دستگاههایی از وجود تاقدیسها، گسلها، یا ساختمانهای دیگری که ممکن است باعث جمع شدن نفت و گاز باشد خبر دهند، چاههای آزمایشی حفر می‌شوند تا به‌طور قطع از وجود یا عدم وجود این معادن مطلع گردند.

اختصاصات سنگهای رسوبی ــ در سنگهای رسوبی اختصاصاتی وجود دارد که کمک بسیاری به‌شناسایی آنها می‌کند و شرایطی را بازگو می‌کند که سنگهای مزبور تحت آن شرایط تشکیل شده‌اند.

اولین خاصیت برجستهٔ سنگهای رسوبی لایه‌لایه بودن آنهاست و علت آن هم مربوط به‌تغییر شرایط رسوبگذاری یا تغییر جنس رسوبات است. مثلا اگر قرار باشد به‌علتی عمق آب در یک منطقهٔ ساحلی و گرم زیاد شود، در روی رسوبات ماسه و گل، سنگ آهک ته‌نشین خواهد شد و اگر دوباره از عمق آب کاسته شود، باز در روی آهک، ماسه و گل خواهد نشست.

تغییر جنس رسوبات به‌دلایل مختلفی صورت خواهد گرفت. مثلا رودی که مواد را به‌درون

شکل ۲۰ ــ ۷ ــ سنگهای رسوبی را اغلب از روی لایه‌لایه بودن آنها به‌سادگی می‌توان شناخت.

دریا حمل می‌کند ممکن است سنگهای جدیدی را تخریب و مواد حاصل را با خود حمل کند، یا مواد زیادتری را نسبت به‌گذشته ببرد (در مواقع طغیان و زیاد شدن آب) و یا آن که رسوبات خود را به‌فواصل دورتری در دریا بکشاند.

شاید مشخص‌ترین خاصه‌های سنگهای رسوبی را باید امکان یافت شدن فسیل در آنها دانست. فسیلها بیشتر از همه، در سنگهای رستی و آهکی یافت می‌شوند، اما آنها را در میان

شکل ۲۱ ــ ۷ ــ دارا بودن فسیل یکی از خاصه‌های مهم سنگهای رسوبی است.

ماسه‌سنگها و کنگلومراها هم می‌توان یافت. گاهی هم پاره‌ای از اقسام سنگها به‌طور کامل از فسیل تشکیل می‌شوند، همچنان که نوعی سنگ‌آهک از تجمع صدف نرم‌تنان در کناره‌های آب و چسبیدن آنها با خمیری به‌همدیگر، حاصل می‌آید.

طبقه‌بندی سنگهای رسوبی

الف : سنگهای تخریبی

نام سنگ	ترکیب	بافت
کنگلومرا برش	قطعات گرد شده سنگهای دیگر قطعات تیز و لبه‌دار سنگهای دیگر	دانه‌ها بزرگتر از ۲ میلیمتر
ماسه‌سنگ کوارتزی	کوارتز همراه کانیهای دیگر	دانه ها بین $\frac{1}{16}$ تا ۲ میلیمتر
آرکوز	کوارتز تا لااقل ۲۵٪ فلدسپات	
گریواک	کوارتز ، قطعات سنگهای دیگر و مقدار زیادی رس	
سنگ سیلت	کوارتز و کانیهای رسی	دانه ریز $\frac{1}{16}$ تا $\frac{1}{256}$ میلیمتر
شیل	کوارتز و کانیهای رسی	بسیار دانه ریز

ب : سنگهای شیمیایی

نام سنگ	ترکیب	بافت
سنگ آهک متبلور	کلسیت	دانه‌ها متوسط تا درشت‌اند
کوکینا		قطعات فسیل توسط سیمانی به هم چسبیده‌اند
سنگ‌آهک فسیلدار		فسیلهای فراوان در زمینه‌های آهکی
گل سفید		پوسته‌های آهکی جانداران ذره‌بینی
تراورتن		کلسیت نوارداری
دولومیت	دولومیت	بافتها مشابه موارد بالا
چرت	کلسدونی	متراکم ، با بلورهای مخفی
ژیپس	ژیپس	متبلور دانه ریز تا دانه درشت
نمک طعام	هالیت	متبلور دانه ریز تا دانه درشت

شکل ۲۲ ــ ۷ ــ طبقه‌بندی سنگهای رسوبی

کانسنگهای فلزی در سنگهای رسوبی ــ کانسنگهای آهنی از مهمترین کانسنگهای فلزی هستند که در میان سنگهای رسوبی یافت می‌شوند. اکسیدهای آهن را تقریباً در هر نوع سنگ رسوبی می‌توان یافت. این اکسیدها حاصل اثر هوا بر روی کانیهای محتوی آهن هستند، البته در این قبیل کانسنگهای آهن، مقدار فلز آهن به‌اندازه‌ای نیست که استخراج آن مقرون به‌صرفه باشد، اما بعد از آن که بر اثر فرسایش، مواد دیگر همراه آهن خرد شدند و از بین رفتند، نسبت درصد آهن در کانسنگ بالا می‌رود.

اگر اکسید آهن حاصل از اثر هوا در نقاط مردابی و مرطوب قرار بگیرد، ممکن است آبگیری کند. کانی که بدین شکل به‌وجود می‌آید، لیمونیت نام دارد (nH_2O و Fe_2O_3). لیمونیت ممکن است به‌وسیلهٔ رسوبات دیگر پوشانده شود و در معرض حرارت قرار گیرد. در این صورت آب آن از بین می‌رود و کانی هماتیت (Fe_2O_3) تشکیل می‌گردد. اگر اکسیژن در محیط موجود نباشد، واکنش با اسید کربنیک انجام می‌گیرد و نتیجه، به‌وجود آمدن کربنات آهن ($FeCO_3$) یا سیدریت است.

استفاده از سنگهای رسوبی

۱ ــ شیشه‌سازی ــ شیشه که امروزه در هر کجا در اطراف ما به‌چشم می‌خورد، از ۵۰۰۰ سال قبل شناخته شده است ولی تنها در قرن اخیر است که بر مصارف آن افزوده شده و به‌اشکال مختلف درآمده است. شاید مصریان قدیم اولین مردمی بوده‌اند که به‌کار شیشه‌سازی پرداختند. آنان مخلوطی از خاکستر و ماسه را حرارت دادند و از آن جسمی سخت و شکننده و شفاف به‌نام شیشه به‌دست آوردند. امروزه می‌دانیم که در خاکستر مقداری کربنات سدیم وجود دارد که مصریان آن را از سوزاندن برخی از گیاهان دریایی به‌دست می‌آوردند. در آن ایام از شیشه، گلدانها و ظروف تزیینی ساخته می‌شد. سپس هنر شیشه‌سازی رو به‌زوال رفت و کمابیش، تنها در میان ملل مشرق زمین دیده می‌شد. در قرون وسطی این هنر به‌اروپا راه یافت و کم‌کم به‌دو منظور به‌کار رفت: هنرهای تزیینی و کاربردهای روزمره.

قدما کار شیشه‌سازی را بدون دانستن اجزا و ترکیبات آن انجام می‌دادند، حال آن که امروزه این کار با آگاهی از این مسئله صورت می‌گیرد و تحقیقاتی هم در این زمینه در جریان است تا بلکه شیشه‌هایی با کیفیت بهتر عرضه گردد، یا آن که شیشه‌هایی ساخته شود که خواص ویژه‌ای را دارا باشند.

در ساختن شیشهٔ معمولی پنجره و بطریها، کربنات سدیم، اکسید کلسیم و ماسه را با هم مخلوط می‌کنند. مواد اولیهٔ این نوع شیشه‌ها فراوان و ارزان است، از این رو ۹۰ درصد شیشه‌های موجود، از این قبیلند. شیشه‌سازان گاهی هم برای ساختن شیشه‌های مرغوبتر، به‌جای

اکسید کلسیم، از سرب و به‌جای ترکیبات سدیم از ترکیبات پتاسیم استفاده می‌کنند. این قبیل شیشه‌ها ظریف‌تر هستند، دقیقاً صیقل می‌شوند و برای ساختن اشیای زینتی به‌کار می‌روند.

یکی از عیوب دو نوع شیشهٔ فوق، ترک خوردن آنها به‌هنگام مواجه شدن با تغییرات زیاد دماست. شیشه‌سازان برای رفع این عیب هم شیشه‌هایی ساخته‌اند که با تغییرات دما انبساط و انقباض بسیار مختصری می‌یابند. در ساختمان این قبیل شیشه به‌جای آهک، از اسید بوریک یا بوراکس استفاده می‌شود. این نوع شیشه‌ها که به‌شیشه‌های بروسیلیکات معروفند، سخت‌تر از شیشه‌های معمولیند و در دمای بالاتری ذوب می‌شوند. در برابر مواد شیمیایی هم مقاومت زیادتری دارند، از این رو وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهها و ظروف شیشه‌ای آشپزخانه را از آنها می‌سازند.

گاهی هم کوارتز را به‌تنهایی ذوب می‌کنند. البته نقطهٔ ذوب کوارتز بسیار بالا (در حدود ۱۷۰۰ درجهٔ سانتیگراد) است. از این رو شیشهٔ حاصل مقاومت بسیار می‌یابد. از آنجا که این نوع شیشه‌ها می‌توانند اشعهٔ ماورای بنفش را از خود عبور دهند، از آنها برای ساختن عدسیها و منشورهای دستگاههای علمی و دقیق استفاده می‌کنند.

در تهیهٔ شیشه‌های رنگی، سازندگان آن مقداری اکسیدهای فلزی مناسب به‌شیشه می‌افزایند. عموماً رنگ شیشه به‌مقدار اکسید افزوده شده، ترکیب خمیر شیشه و روش سرد کردن و حتی ضخامت شیشه مربوط است. اکسیدنیکل شیشه را آبی یا بنفش مایل به‌قهوه‌ای می‌کند. اکسید کروم یا اکسید مس رنگ سبز پدید می‌آورد و اکسیدهای آهن در بروز رنگ زرد و قرمز مؤثرند.

اولین کار در شیشه‌سازی، تهیهٔ مخلوطی از مواد دلخواه است. البته برای تهیه شیشه‌های مرغوب باید هر چه ممکن است مواد اولیه خالص‌تر باشند. در مورد شیشه‌های معمولی، خمیر حاصل محتوی ۷۲ درصد ماسه، ۱۵ درصد کربنات سدیم و ۹ درصد اکسید کلسیم و مقدار کمی مواد دیگر است. تمامی اجزای سازندهٔ شیشه را پودر می‌کنند و قبل از مخلوط کردن کاملا توزین می‌نمایند. آن‌گاه این مخلوط در کوره ریخته شده، ذوب و سپس تصفیه می‌شود. حاصل این کار به‌دست آمدن خمیری است که آن را می‌توانند به‌اشکال مختلف درآورند و سرد کنند.

۲ ــ ساختن آجر و ظروف سفالین ــ خاک رس و سنگ رس، مادهٔ اصلی آجر و ظروف سفالین را تشکیل می‌دهند.

رس وقتی که با آب مخلوط شود، خاصیت شکل‌پذیری می‌یابد و می‌توان آن را به‌اشکال گوناگون درآورد و در کوره پخت و سپس خشک کرد. علت اصلی شکل‌پذیر بودن وجود مولکولهای کوچکی است که جاذبه الرطوبه بوده و بسهولت روی هم می‌غلتند. نوعی رس خالص را خاک چینی می‌گویند. در خاک چینی تقریباً ۴۶ درصد سیلیس، ۴۰ درصد آلومینیم و ۱۴ درصد

آب وجود دارد. ولی این ترکیب ثابت نیست و نسبت سیلیس به‌آلومینیم تا حدود زیادی تغییر می‌کند. البته خاک چینی کاملا خالص، بسیار کمیاب است و در آن همیشه مقداری آهن و مواد قلیایی وجود دارد. خاصیت شکل‌پذیری خاک چینی کم است. با این حال موارد استفادهٔ متعددی در چینی‌سازی، سرامیک‌سازی و صنایع دیگر دارد.

رنگ اغلب خاکهای رس به‌علت وجود آهن، قرمز است. اکسیدهای آهن، خاک رس را قرمز و کربناتهای آهن، آن را خاکستری می‌کنند.

وجود رس در زمینهای کشاورزی اهمیت و ارزش دارد، زیرا گازهای مفید برای رشد گیاه (مانند امونیاک) را جذب می‌کند و در ضمن، آب را در خاک نگه می‌دارد.

گل رس را می‌توان به‌اشکال مختلف درآورد و در کوره به‌مقدار معینی حرارت داد تا سخت شود. این مادهٔ سخت شده (سفال) با آب دیدن، دوباره به‌شکل اول خود برنمی‌گردد (ساختن ظروف سفالین و آجر).

۳ ــ تهیه سیمان ــ یکی از موارد استفادهٔ سنگهای آهکی، در تهیه سیمان پرتلند است. سیمان پرتلند ترکیبی است که آهک و سیلیس ۸۵ درصد از حجم آن را تشکیل می‌دهند، ولی ترکیب اصلی آن بسیار پیچیده است و مواد متعدد دیگری نیز در آن یافت می‌شوند. (مانند گچ و آلومینیم)

البته در تهیهٔ سیمانهای مختلف، نسبت این مواد متفاوت است. علت سخت شدن سیمان این است که آبی را که از دست داده است می‌خواهد دوباره بگیرد. البته برای جلوگیری از سخت شدن سریع، ۷ تا ۴ درصد گچ هم به‌سیمان می‌افزایند. سیمانی هم که ترکیبات آلومینیم‌دار آن زیادتر باشد، زودتر سخت می‌گردد.

خلاصه

۱ ــ در حدود ۷۵ درصد از سطح زمین را سنگهای رسوبی اشغال کرده‌اند و عاملی که بیش از همه در تشکیل این سنگها شرکت دارد، هوازدگی است.

۲ ــ منشأ رسوباتی که در تشکیل سنگهای رسوبی دخالت دارند یا مواد تخریبی است یا مواد آلی و شیمیایی. البته مقداری مواد آتشفشانی و شهابسنگ هم در این میان ممکن است رسوباتی را به‌وجود آورند.

۳ ــ مهمترین کانیهای موجود در سنگهای رسوبی کوارتز، کلسیت و رس‌اند.

۴ ــ بافت سنگهای رسوبی یا تخریبی است یا متبلور (غیر تخریبی).

۵ ــ مراحلی که طی آن از رسوبات نرم سنگهای رسوبی پدید می‌آیند دیاژنز نام دارد. دیاژنز شامل مراحل سیمان شدن، متراکم و خشک شدن و تبلور دوباره است.

۶ ــ سنگهای رسوبی را به‌انواع تخریبی و شیمیایی طبقه‌بندی می‌کنند. سنگهای رسوبی تخریبی خود از روی درشت و ریزی دانه‌ها دارای اقسام کنگلومراها، ماسه‌سنگها و سنگهای

پلیتی‌اند. سنگهای شیمیایی نیز به‌اقسام آهکی، تبخیری، سوختنی و غیره تقسیم می‌شوند.
۷ ــ سنگهای رسوبی از لحاظ لایه‌لایه بودن و فسیل داشتن از بقیهٔ سنگها متمایزند.
۸ ــ سنگهای رسوبی از جمله گرانبهاترین سنگهای روی زمین‌اند، زیرا نفتها، زغال‌سنگها، بیشتر سنگهای ساختمانی، ظروف سفالین، سیمان و غیره از آنها به‌دست می‌آید.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ فرض کنید که در اطراف زمین هوایی وجود نداشت. در این صورت آیا در مقدار سنگهای موجود در روی زمین تغییری ایجاد می‌شد؟
۲ ــ سنگهای رستی را آسانتر از ماسه‌سنگها می‌توان خرد کرد. علت چیست؟
۳ ــ ماسه‌سنگهایی که سیمان سیلیسی دارند، در هوای مرطوب دیرتر از ماسه‌سنگهای دارای سیمان آهکی یا آهنی فرسایش می‌یابند علت را توضیح دهید.
۴ ــ منشأ سنگهای آهکی مختلف را مشخص کنید.
۵ ــ تفاوت ماسه‌سنگ سیلیسی با کوارتزیت چیست؟
۶ ــ چه سنگهایی مستقیماً از خود آب دریا منشأ می‌گیرند؟ سه نمونه از آنها را نام ببرید.
۷ ــ ضخامت متوسط سنگهای رسوبی روی زمین را ۰/۷۴ کیلومتر تخمین زده‌اند و فرض بر این است که در هر ۵۰ هزار سال در حدود ۴۰ میلیمتر بر قطر رسوبات افزوده می‌شود. اگر تصور کنیم که عمل رسوبگذاری در طول میلیونها سال به‌طور ثابت ادامه داشته، اولا چه مدت زمانی برای رسوبگذاری سنگهای موجود صرف شده است. ثانیاً، آیا این زمان با زمانی که از برجاماندن نخستین رسوبات (متجاوز از ۳ میلیارد سال) می‌گذرد هماهنگی دارد یا نه؟ دلیل ناهماهنگی (یا هماهنگی) چیست؟
۸ ــ اگر روزی منابع نفت و گاز جهان پایان یابد، کدام منابع انرژی می‌توانند جانشین آنها شوند. امکان دسترسی به‌هر یک و مزایای آنها را مورد بحث و بررسی قرار دهید.

منابعی برای مطالعهٔ بیشتر

۱ ــ سنگهای رسوبی، زرعیان، سیروس (انتشارات دانشگاه تهران).
۲ ــ سنگ‌شناسی، قریب، عبدالکریم، ۴۶.
۳ ــ سنگهای رسوبی، مهرنوش، منوچهر و دیگران، ۵۳.

۸

آبهای جاری

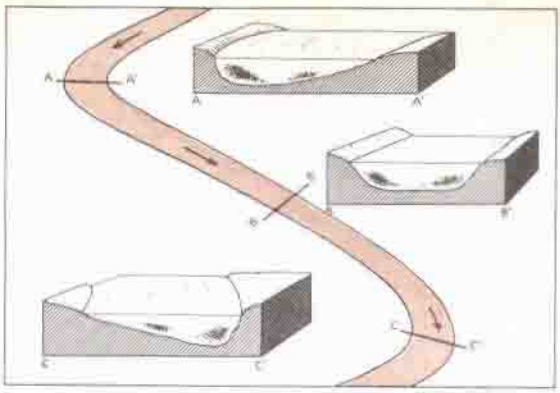
آبهای جاری که در حقیقت مهمترین عامل فرسایش سطح زمینند آبهایی هستند که به‌صورت باران و برف به‌سطح زمین می‌رسند و در سرازیریها جریان می‌یابند. جریانهای آب را به‌نامهای مختلفی مانند جوی، نهر و رود می‌نامند، ولی هیچ معیاری وجود ندارد که بتوان گفت تا چه اندازه آب را باید مثلا رود نامید.

آبهای جاری سه نوع عمل تخریب، حمل و نقل و رسوبگذاری را در قسمتهای مختلف مسیر خود انجام می‌دهند. در عمل تخریب، بستر آبهای جاری در جهت قائم و پهلوها حفر می‌شود. در عمل حمل، آب مواد کنده شده را با خود جابه‌جا می‌کند و در عمل رسوبگذاری، موادی که جابه‌جا شده‌اند از آب جدا و ته‌نشین می‌شوند. چگونگی این فعالیتها بستگی به‌انرژی جنبشی جریان آب دارد و مقدار این انرژی خود وابسته به‌حجم آب، درجهٔ شیب بستر و سرعت جریان آب است.

عمل تخریبی آبهای جاری

اعمال تخریبی آبهای جاری عبارت از حفر بستر، ایجاد دره‌ها، عریض شدن دره‌ها و پیدایش آبشار است.

حفر بستر ــ آبهای جاری در طول مسیر خود، کف بستر را حفر می‌کنند. اما هرگز نمی‌توانند پایین‌تر از سطحی را که به‌سوی آن در حرکتند فرسایش دهند. این سطح که عمل تخریبی آب



شکل ۱ ــ ۸ ــ در نقاطی از بستر که سرعت اب بیشتر است فرسایش هم شدیدتر است

جاری به‌آن ختم می‌شود به‌نام سطح اساس (Base level) موسوم است. برای رودهایی که به‌سمت دریا می‌روند سطح اساس همان سطح دریاست و سطح اساس نهایی نامیده می‌شود. رودهایی که به‌دریاچه‌ها یا رودهای بزرگتر می‌ریزند معمولاً سطح اساس بالاتری دارند. این قبیل سطوح که با تغییرات سطح آب دریاچه یا رود اصلی بالا و پایین می‌روند سطح اساس موقتی نام دارند.

شکل ۲ ــ ۸ ــ سطوح اساس موقتی و دائم

ایجاد دره‌ها ــ آبهای جاری به‌هر شکلی در روی زمین جاری شوند ابتدا در سطح زمین شیارهایی حفر می‌کنند. این شیارها کم‌کم به‌صورت دره‌هایی درمی‌آیند که برش عرضی آنها در سنگهای سست به‌شکل حرف V است. تشکیل این قبیل دره‌ها بدین‌ترتیب است که آب در ضمن حفر کردن کف بستر خود، مقداری از دیواره‌ها را نیز خراب می‌کند. عوامل دیگر فرسایش نیز به‌این کار کمک فراوانی می‌کنند. معمولاً عمل تخریب دیواره‌های بستر را عوامل هوازدگی انجام می‌دهند. اگر این عوامل اثر نکنند، دره‌ای تنگ و عمیق، به‌شکل حرف U ایجاد خواهد شد. در مناطق دارای آب و هوای خشک که اثر عوامل هوازدگی مختصر است معمولاً دره‌ها تنگ و عمیقند.

ضمناً دره بیشتر در نقاطی تنگ و عمیق می‌شود که در سنگهای نسبتاً سخت حفر شده باشد، زیرا اثر عوامل تخریب بر سنگها و خاکهای نرم خیلی شدیدتر از زمینهای سخت است.

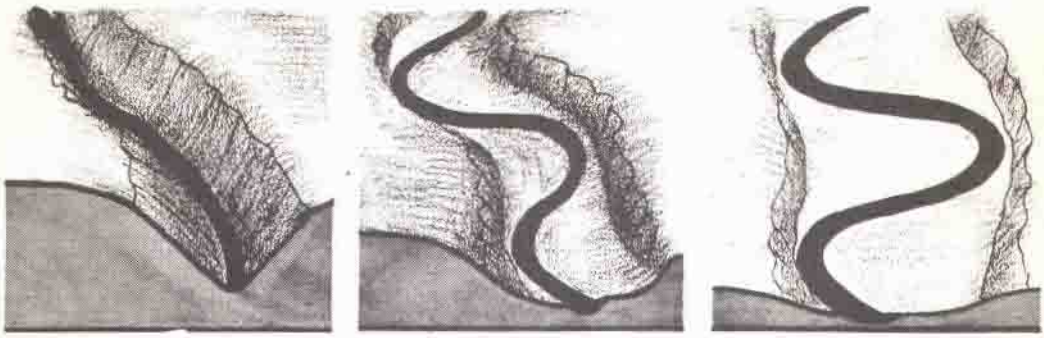
عریض شدن دره‌ها ــ هر چه رود، دره‌ای را عمیق‌تر حفر کند، به‌سطح اساس خود نزدیکتر می‌شود. وقتی که رود در ابتدای مرحلهٔ حفر دره باشد، چون هنوز از سطح اساس خود خیلی بالاتر است، این کار را به‌شدت و در جهت قائم انجام خواهد داد. ولی کم‌کم وقتی که دره عمیق‌تر شد و رود نیز به‌سطح اساس نزدیکتر گشت، حفر قائم به‌کندی صورت می‌گیرد. در این موقع نیروی جریان آب بیشتر متوجه اطراف می‌شود و چون آب بیش‌وکم به‌راست و چپ خود منحرف می‌گردد، به‌تدریج دره را عریض‌تر می‌کند.

وقتی که شیب بستر و در نتیجه، سرعت جریان رود کاهش می‌یابد، آب قدرت حمل مواد را از دست می‌دهد و آنها را برجای می‌گذارد. این مواد وقتی که ته‌نشین شدند مانند مانعی در برابر جریان آب عمل کرده، مسیر آن را از خط مستقیم منحرف می‌کنند. وقتی که آب به‌سویی منحرف

شکل ۳ ــ ۸ ــ شیارهای ناشی از عمل تخریب آبهای جاری در زمینهای سست

شد، دیوارهٔ رودخانه را در آن‌سو خراب می‌کند و انحناهایی در مسیر پدید می‌آورد. تکرار این عمل سبب پیدایش پیچ و خمهایی در مسیر رود و تعریض دره می‌شود. بدین ترتیب آب در نقاطی زیر

دیواره‌های اطراف بستر را می‌کند و باعث سهولت فروریختن آن می‌شود. این عمل، فرسایش جانبی نام دارد.



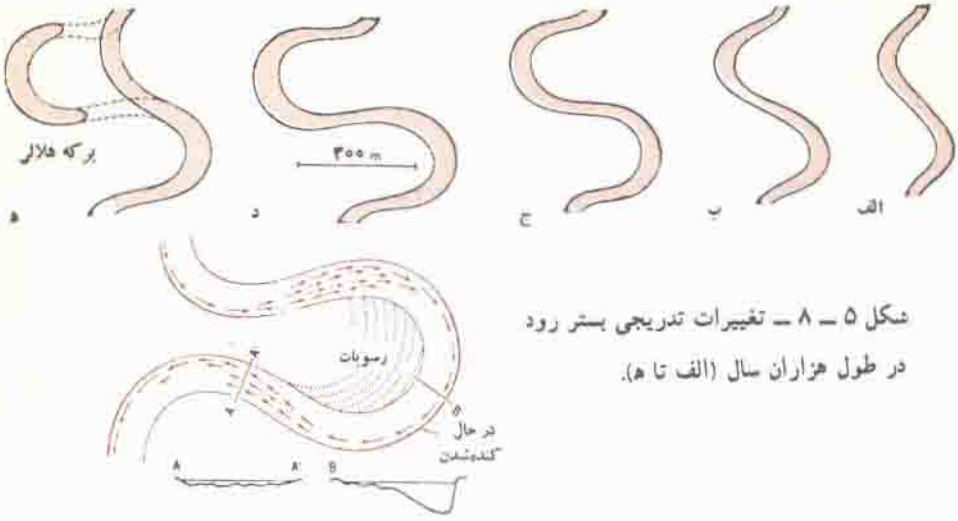
شکل ۴ ــ ۸ ــ چگونگی عریض شدن دره بر اثر عمل فرسایش جانبی

ایجاد مه‌آندر ــ کلمه مه‌آندر (Meandre) از نام رودی در ترکیه گرفته شده است که پیچ و خم بسیار دارد. مقصود از این اصطلاح در زمین‌شناسی، خمیدگیهای بیش و کم منظمی است که ممکن است در مسیر یک رود پدید آید. تشکیل مه‌آندر اغلب در مسیر رودهایی صورت می‌گیرد که در دشتها و جایی که جنس زمین از دانه‌های ریز و نرمی مانند ماسه و گل پوشیده شده است صورت می‌گیرد.

رودها اصولاً در مسیرهای مستقیمی جریان ندارند و اغلب به‌چپ و راست منحرف می‌شوند. در هرجا که حداکثر سرعت جریان آب به‌یک طرف مسیر رود متمایل شود آن طرف از مسیر فرسایش می‌یابد و در طرف مخالف آن مقداری ماسه رسوب می‌کند. چنین توده‌های ماسه‌ای را می‌توان به‌طور متناوب درکنار این رودها دید. تشکیل هر توده، یک نوع مانع جدید بر سرراه جریان آب می‌شود و آن را بیشتر از گذشته از مسیر مستقیم منحرف می‌سازد تا آنکه سرانجام خمیدگیهای بسیار شدیدی به‌نام مه‌آندر در مسیر رود حاصل می‌شود. احتمال دارد که پس از مدتی ارتباط این خمیدگیها با رود قطع شود و برکه‌های هلالی شکل و مستقلی در اطراف رودخانه پدید آیند. در ضمن، هنگامی که رودی شروع به‌تشکیل دادن مه‌آندر می‌کند، یک سری از آنها را به‌دنبال همدیگر رو به‌سمت پایین رود پدید می‌آورد. همچنین، با تشکیل یافتن مه‌آندر، درهٔ رود عریض‌تر می‌شود.

پیدایش آبشار ــ یک رود به‌ندرت در طول مسیر خود فقط از زمینهای صاف و مسطح می‌گذرد. اگر در جایی مسیر رود قائم و یا نزدیک به‌آن گردد، آب به‌پایین فرو می‌ریزد که آبشار نامیده

می‌شود. چنین مسیرهای پرشیبی به‌دلایل مختلف ممکن است پدید آیند. زلزله، فعالیتهای آتشفشانی، وجود صخره‌هایی در مسیر رود و فرسایش و تخریب نامساوی کوه به‌علت سخت بودن یک قسمت و سست بودن قسمت دیگر، همه از عوامل به‌وجود آوردن آبشارند.



شکل ۵ ــ ۸ ــ تغییرات تدریجی بستر رود در طول هزاران سال (الف تا ه).

شکل ۶ ــ ۸ ــ تشکیل مه‌آندر حاصل عمل تخریب آب (در محلی که سرعت می‌یابد) و رسوب‌گذاری آن (در محلی که حرکتش آرام می‌شود) است.

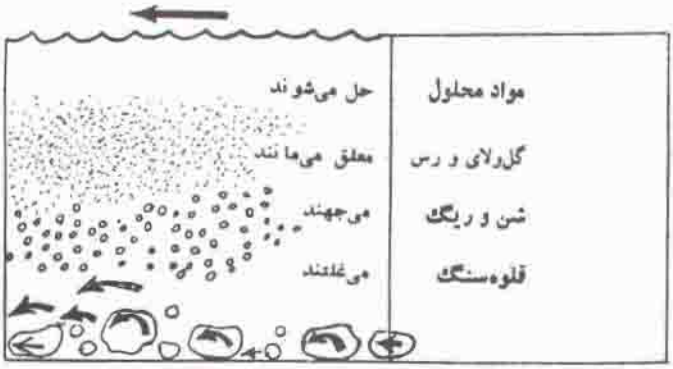
آبشار پدیده‌ای موقتی است و فعالیت زیاد آب در محل آبشار، سبب فرسایش آن محل می‌شود که نتیجهٔ آن عقب‌نشینی آبشار یا صاف شدن تدریجی مسیر است.

حمل مواد به‌وسیلهٔ آبهای جاری

آبهای جاری مواد را به‌چهار صورت محلول، معلق، جهشی و غلتان در کف بستر جا به‌جا می‌کنند.

در طبیعت هیچ آبی صددرصد خالص نیست، بلکه مواد مختلفی در آن حل شده است. مواد محلول در آب ممکن است کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، کلریدها، سولفاتها، نیتراتها و مقدار بسیار جزئی مواد دیگر باشد. رودهای مختلف سالانه در حدود سه بیلیون تن مواد محلول را از خشکی به‌دریا می‌کشانند.

موادی که به‌حالت تعلیق در آب می‌مانند عبارتند از گل‌ولای، رس و ذرات ماسه نرم که بر روی هم آب را گل‌آلود می‌کنند. با این که این مواد از آب سنگین‌ترند، به‌علت حرکت و به‌هم



شکل ۷ ــ ۸ ــ روشهای گوناگون حمل مواد به‌وسیلهٔ رود

خوردگی آب در آن معلق می‌مانند. علت به‌هم خوردگی آب وجود نیروی اصطکاک است و هر چه سرعت جریان آب بیشتر و مسیر رود ناصافتر باشد، به‌هم خوردگی شدیدتر است.

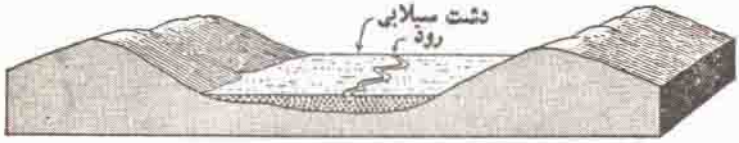
سنگهایی که در کف رودخانه قرار دارند به‌تناسب سرعت و مقدار آب روی هم می‌غلتند و جا به‌جا می‌شوند. این مواد از شنهای دانه درشت، سنگریزه‌ها و قلوه‌سنگها تشکیل شده‌اند. سنگهای بزرگ در ضمن غلتیدن، هم گرد و بدون زاویه می‌شوند و هم این که خرد و کوچکتر می‌گردند. البته دانه‌های کم وزن شن معمولاً به‌صورت جهشی جا به‌جا می‌شوند.

رسوبگذاری آبهای جاری

آب جاری نیز مانند عوامل دیگر فرسایش، موادی را از بلندیها می‌کند و آنها را با خود به‌سوی گودیها می‌برد و در آنجا رسوب می‌دهد. نتیجهٔ این کارها آن است که سطح قاره‌ها بیشتر به‌سطح دریاها نزدیک می‌شود و به‌اصطلاح سطح زمین مسطح می‌گردد.

هر بار که از سرعت آب جاری کاسته شود، مقداری از مواد همراه آن ته‌نشین می‌شوند. سرعت رود وقتی کم می‌شود که درجهٔ شیب مسیر آن کاهش یابد، یا بسترش عریض گردد.

رودها مخصوصاً زمانی سرعت خود را از دست می‌دهند که وارد دریا شوند و دراینجاست‌که تمام مواد همراهشان رسوب خواهد کرد.



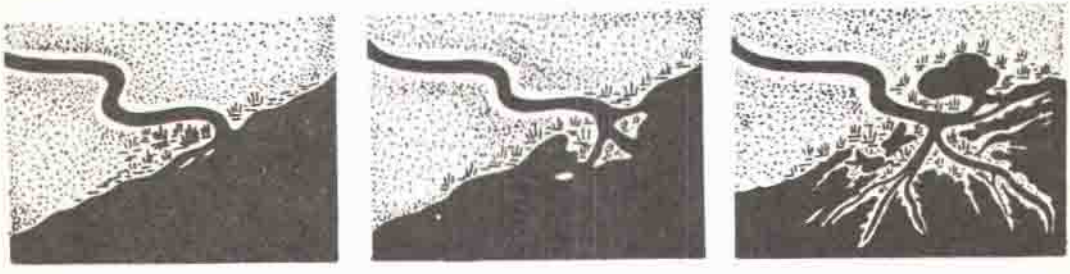
شکل ۸ ــ ۸ ــ آبرفتهایی که در مرحلهٔ رسوبگذاری یک رود تشکیل شده است

موادی را که رودها ته‌نشین می‌کنند به‌نام عمومی آبرفت می‌نامند. این مواد به‌ترتیب وزن و حجم ته‌نشین می‌شوند و اغلب گرد و بدون زاویه‌اند.

تشکیل دلتا و مخروط افکنه از اعمال رسوبگذاری آبهای جاری است.

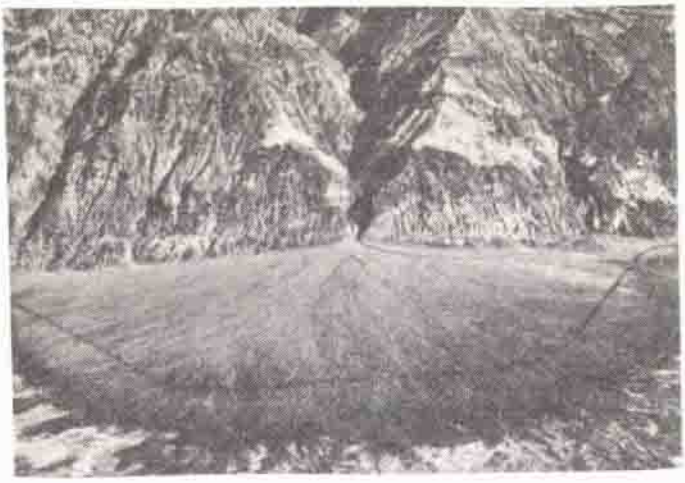
تشکیل دلتا ــ وقتی که رود به‌دریا، دریاچه و یا خلیجی که نسبتاً آرام است وارد شود، سرعت خود را به‌طور کامل از دست می‌دهد و تمام موادی را که همراه آورده است، در دهانهٔ رود رسوب می‌دهد. این رسوبات که بیشتر از جنس شن، گل و لای و رس هستند به‌شکل مثلثهایی که رأس آنها متوجه خشکی است ته‌نشین می‌شوند. دلتا غالباً در کنارهٔ اقیانوس تشکیل نمی‌شود، زیرا در چنین نقاطی اثر امواج شدید است و مواد رسوبی را پراکنده می‌کند. تشکیل دلتا از خصوصیات بسیاری از رودهای بزرگ دنیا از قبیل نیل، می‌سی‌سی‌پی، راین و اروند رود است.

تشکیل مخروط افکنه ــ رودهایی که از کوه سرازیر می‌شوند وقتی که به‌زمین مسطح پایین دامنه رسیدند سرعت خود را از دست می‌دهند و موادی را که همراه آورده‌اند به‌همان ترتیبی که در دلتا ته‌نشین می‌کنند، باقی می‌گذارند. تفاوت عمدهٔ مخروط افکنه با دلتا در این است که دلتا سطحی



شکل ۹ ــ ۸ ــ مراحل تشکیل دلتا

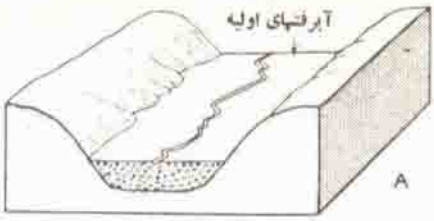
افقی دارد اما سطح مخروط افکنه شیب‌دار است. همچنین مواد تشکیل دهندهٔ مخروط افکنه دانه درشت‌تر از موادی هستند که در ساختمان دلتاها شرکت می‌کنند.

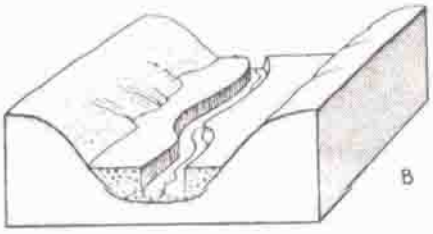


شکل ۱۰ ــ ۸ ــ مخروط افکنه در پای کوه

تراس‌های آبرفتی ــ هر تراس رودخانه‌ای، سطحی نسبتاً صاف است که در امتداد و طرفین دره رود قرار دارد. این سطح از دو طرف دیواره‌های تندی دارد که توسط آنها از دشت یا تراسهای پائینتر جدا می‌شود. این تراسها بازمانده مسیرهای قدیمی رودی‌اند که امروزه در سطح پائینتری جاری است.

پدید آمدن تراسها به‌این ترتیب است که ابتدا رود مسیر خود را با مواد آبرفتی پر می‌کند و آنگاه پس از مدت معینی دوباره قسمتی از وسط آن رسوبات را حفر کرده، مسیر پایینتری را انتخاب می‌کند. همین کار ممکن است چندین بار متوالی تکرار شود که در نتیجه، کناره بستر رود به‌صورت پله‌پله (تراس‌بندی) در می‌آید. علت تشکیل تراس‌های آبرفتی را به‌تغییر آب و هوا منسوب می‌دارند که یا باعث افزایش حمل مواد یا کاهش مقدار آب می‌شود. ضمناً ممکن است سطح اساس رودی بالا آید و در نتیجه، با کم شدن درجهٔ شیب، مواد همراه آب رسوب کنند. در هر صورت، برای تشکیل تراس باید ابتدا مسیر آب از رسوبات آبرفتی پر شده باشد و بستر رود پهن و مسطح گردد. سپس تعادل به‌هم می‌خورد و با زیاد شدن سرعت آب (اغلب به‌دلیل پائین نشستن سطح اساس) قسمتی از رسوباتی که قبلا گذاشته شده‌اند به‌آسانی حفر می‌گردند و آب در سطح پائینتری جریان می‌یابد. همین پدیده ممکن است در طول زمانی که رود فعالیت دارد، بارها تکرار شود و هر بار آب مسیر پائینتری را برای خود انتخاب کند.





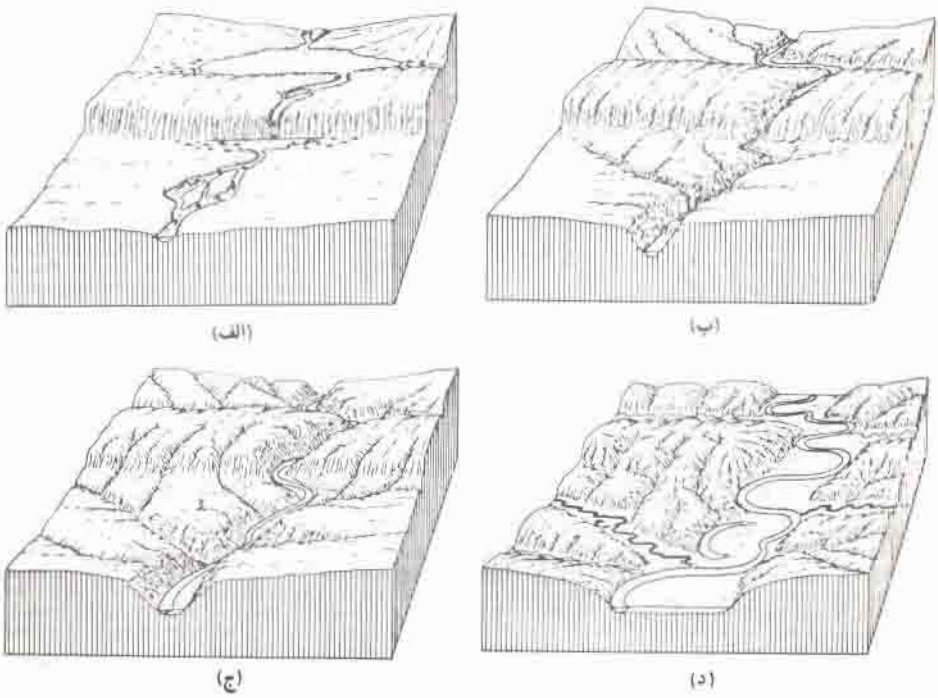
شکل ۱۱ ــ ۸ ــ مراحل تشکیل تراسهای آبرفتی.
A ــ رود تا حدی درهٔ خود را از آبرفتها پر کرده است
B ــ تغییری در سطح اساس سبب شده تا رود مجدداً قسمتی از رسوبات خود را حفر کند.
C ــ نمونه‌ای از تراسهای آبرفتی در درهٔ رود هراز (۴۰ کیلومتری آمل)

تحول یک رود

دورهٔ فعالیت یک رود را می‌توان به‌سه مرحلهٔ جوانی، بلوغ و پیری تقسیم کرد:
مرحلهٔ جوانی رود ــ رودی که در مرحلهٔ توسعه و فعالیت شدید است جوان نامیده می‌شود. چنین رودی به‌سرعت بر روی بستری پر شیب و نامنظم جاری است. مسیر آن را آبشارها، تنگه‌ها و

پستی و بلندیهای زیادی تشکیل می‌دهند. شعباتش زیاد نیست و کار مهمش حفر عمودی بستر خود است، پس دره‌های مسیرش دارای شیب تند و تنگه‌مانندند.

مرحلهٔ بلوغ رود ــ در پایان مرحلهٔ جوانی و ابتدای بلوغ، شیبهای تند مسیر رود و آبشارها از بین رفته‌اند. بستررود را مواد آبرفتی پر کرده‌اند. رود در حالت بلوغ در امتداد مسیری جاری است که کمابیش مسطح شده و شیب آن فقط به‌اندازه‌ای است که آب بتواند موادی را همراه ببرد. با نزدیک شدن رودخانه به‌سطح اساس خود، حفر عمودی بستر کم‌کم متوقف می‌شود. در پایان مرحلهٔ بلوغ، رود بستر خود را پهن نموده است و انشعاباتش نیز زیاد شده‌اند.



شکل ۱۲ ــ ۸ ــ تحولاتی که رود و درهٔ آن در طول زمان به‌خود می‌بینند

مرحلهٔ پیری رود ــ خصوصیات مرحلهٔ پیری تفاوت زیادی با خصوصیات مرحلهٔ بلوغ ندارد. رودخانه به‌سطح اساس نزدیک شده است. حفر عمودی بستر متوقف شده و فرسایش جانبی نیز کندتر از مرحلهٔ قبل است. کف دره بسیار مسطح و عریض شده است و دیواره‌های آن نیز شیب کاملا ملایم یافته‌اند. عمل فرسایش چنان در آخر مرحلهٔ بلوغ کند صورت می‌گیرد که زمان درازی لازم است تا رودخانه به‌مرحلهٔ پیری برسد، از این رو رودهایی که در چنین مرحله‌ای باشند نادرند. در بسیاری از موارد فعالیتهای آتشفشانی و کوه‌زایی نمی‌گذارند رود وارد مرحلهٔ پیری شود. در

چنین مواردی، با بالا رفتن زمینی که رود در آن جاری است و یا فرو نشستن سطح اساس، سرعت آب رودخانه دوباره زیاد می‌شود و عمل فرسایش را از سر می‌گیرد. در این صورت می‌گویند که رود **تجدید حیات** کرده است.

البته یک رود ممکن است در قسمتی از مسیر خود جوان باشد و در قسمت دیگر حالت بلوغ و حتی پیری را نشان دهد.

خلاصه

۱ ــ آبهای جاری را باید مهمترین عامل فرسایش‌دهندهٔ سطح زمین به‌شمار آورد.

۲ ــ آبهای جاری با سه عمل تخریب، حمل مواد و رسوبگذاری بر سطح زمین اثر می‌گذارند و می‌توان گفت آبهای جاری دائماً در حال مسطح کردن سطح زمینند.

۳ ــ عمل تخریبی آبهای جاری به‌صورت حفر بستر خود و ایجاد دره‌های پیش و کم عمیق است. هر دره ابتدا از کف و سپس از دیواره‌ها تخریب می‌شود.

۴ ــ در حمل مواد دو عامل مؤثر است، یکی وزن مواد حمل شدنی و دیگری سرعت جریان آب. پاره‌ای از مواد در آب حل می‌شوند، بعضی در آن معلق می‌مانند و برخی در کف بستر می‌جهند یا می‌غلتند. بالاخره همهٔ موادی که همراه آبند در جایی که آب ساکن می‌شود، بر اثر وزن خود (یا انجام واکنشهای شیمیایی) رسوب می‌کنند.

۵ ــ رسوبات رودخانه‌ای را آبرفت گویند. آبرفت ممکن است به‌صورت مخروط افکنه در پای کوه یا دلتا در مصب رود مجتمع گردد.

۶ ــ هر رود در مدت تحول خود دارای سه دورهٔ فعالیت است: جوانی، بلوغ و پیری.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ چرا آب می‌تواند نسبت به‌باد قطعات سنگین‌تری را جابه‌جا کند؟

۲ ــ چه نوع موادی به‌وسیلهٔ رود جابه‌جا می‌شوند و اصولا عمل حمل چرا صورت می‌گیرد؟

۳ ــ آیا اگر در پای کوهی جنگل انبوه قرار داشته باشد، در آنجا مخروط افکنه پدید می‌آید؟ دلیل خود را توضیح دهید.

۴ ــ آب گل‌آلود خاصیت فرسایشی بیشتری نسبت به‌آب صاف دارد، دلیل آن چیست؟

۵ ــ چرا بعضی از جریانهای ملایم آب (مانند رود کارون) گل‌آلودند، در حالی که بعضی از جریانهای سریع (مانند رود کرج) صاف هستند؟

۶ ــ چه عواملی در سرعت جریان آب رودخانه‌ها مؤثرند؟

منابعی برای مطالعه بیشتر

۱ ــ فرسایش و دگرگونی زمین ــ ویکوف، ژرم، ترجمهٔ ایرانی، احمد ۱۳۴۴.

۲ ــ زمین‌شناسی عمومی ــ معتمد، احمد.

۳ ــ زمین‌شناسی عمومی ــ ضیایی، طاهر.

۴ ــ جغرافیای طبیعی عمومی ــ دومارتون، امانوئل، ترجمهٔ ودیعی، کاظم ۱۳۴۴

۹

آبهای زیرزمینی

در سطح زمین مقادیر زیادی آب به‌صورت رودخانه، مرداب، دریاچه، دریا و یخچال دیده می‌شود. در عمق زمین نیز دور از دید ما درون حفره‌ها، در شکافهای سنگها و در خلال ذرات خاک منابع بزرگی از آب موجود است. در بعضی از نواحی موارد استفاده از آبهای زیرزمینی حتی از آبهای سطحی خیلی بیشتر است. در کشور ما نیز از این گونه آبها برای کشاورزی و تهیهٔ آب آشامیدنی استفادهٔ زیادی می‌شود.

منشأ آبهای زیرزمینی

برای آبهای زیرزمینی سه منشأ می‌توان ذکر کرد:

۱ ــ باران و برفی که بر خشکیها می‌بارد. منشأ بیشتر آبهای زیرزمینی است. زیرا مقداری از آب باران و برف به‌درون زمین راه می‌یابد.

۲ ــ بعضی از آبهای زیرزمینی نیز از سرد شدن بخار آب ماگما پدید می‌آیند. این‌گونه آبها در نواحی آتشفشانی زیادند.

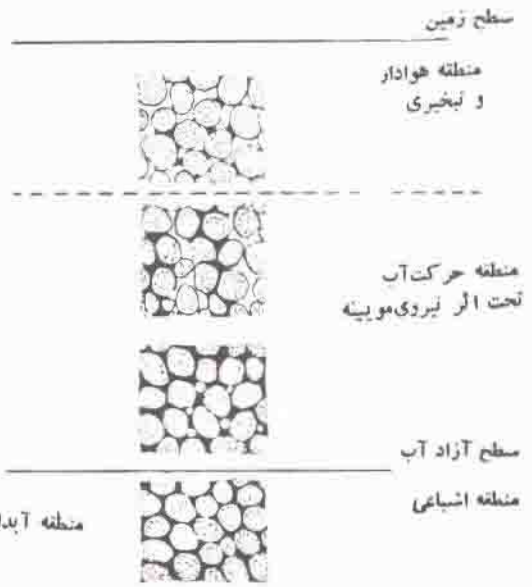
۳ ــ گاهی نیز آب دریا همزمان با عمل رسوبگذاری در منافذ و لابه‌لای مواد رسوبی محبوس می‌ماند. این قبیل آبهای شور در بسیاری از معادن نفت همراه با آن یافت می‌شوند. البته ترکیب چنین آبهای شوری اغلب با آب دریا فرق دارد، زیرا در اثر گذشت زمان ممکن است نمکهای دیگری را در خود حل کنند و شورتر شوند، یا با رسوب دادن نمک از درجه شوری آنها کاسته گردد.

مناطق اشباعی و غیراشباعی

سنگها و لایه‌های درونی زمین جلو عبور مقداری از آبی را که به‌زمین نفوذ می‌کند، می‌گیرند و آن را در خود نگه می‌دارند. اگر فضاهای موجود بین ذرات خاک، قسمتی به‌وسیلهٔ آب و قسمتی دیگر به‌وسیلهٔ هوا اشغال شده باشد، به‌نام حوضهٔ غیراشباعی نامیده می‌شود.

در زیر منطقهٔ غیر اشباعی، منطقهٔ پرآبی قرار دارد که به‌نام منطقهٔ اشباعی نامیده می‌شود. در این منطقه فضاهای موجود بین ذرات خاک و درز سنگها، به‌طور کامل به‌وسیلهٔ آب اشغال شده است.

در نواحی بیابانی ممکن است مقدار بارندگی آن قدر کم باشد که اصولا منطقهٔ اشباعی تشکیل نشود. معمولا وقتی که صحبت از آبهای زیرزمینی می‌شود، منظور آب منطقهٔ اشباعی است.



شکل ۱ ــ ۹ ــ از سطح زمین تا اعماق معینی، که به‌منطقهٔ اشباعی موسوم است، به‌ترتیب فاصله ذرات سنگها بیشتر از آب پر می‌شود.

حرکت آبهای زیرزمینی ــ سرعت حرکت آبهای جاری سطحی را با مقیاسهایی از قبیل «متر در ثانیه»، می‌توان سنجید، اما در مورد آبهای زیرزمینی باید مقیاس را عوض کنیم، زیرا سرعت حرکت آب در زیرزمین خیلی کم است و باید با مقیاس «متر در روز» و حتی در بعضی از نقاط «متر در سال» سنجیده شود. علت کندی حرکت آبهای زیرزمینی آن است که آب در زیر زمین باید از خلال درزها و شکافهای باریک راه خود را بیابد. سرعت حرکت آبهای زیرزمینی بستگی به‌تخلخل و نفوذپذیری سنگ مخزن این آبها دارد.

نفوذ آب در زمین

مقدار نفوذ آب باران به‌درون زمین، به‌چند عامل بستگی دارد:

۱ ــ مقدار و نوع بارندگی ــ مقدار آبی که به‌زمین نفوذ می‌کند تا حدودی تحت تأثیر مقدار و نوع بارندگی است. در مناطق بیابانی آبهای زیرزمینی در اعماق نسبتاً زیاد زمین قرار دارند، و مقدار بارندگی در آنجا اندک است.

از طرفی، هر چه سرعت بارندگی زیادتر باشد، آب کمتری در زمین نفوذ می‌کند زیرا سطح زمین به‌زودی از آب اشباع می‌شود. در مورد سرعت ذوب برف هم همین مسئله صحت دارد.

۲ ــ شیب زمین ــ هر چه مقدار شیب زمین در یک منطقه زیادتر باشد، پس از بارندگی مقدار آب بیشتری در روی آن جاری می‌شود و طبعاً مقدار آبی که به‌زمین نفوذ می‌کند زیاد نخواهد بود.

۳ ــ تخلخل سنگها و خاک ــ درجه تخلخل یک سنگ بسته به‌مقدار فضاهای خالی موجود در آن سنگ است. به‌این ترتیب اگر یک متر مکعب ماسه بتواند ۰/۳ متر مکعب آب را در میان ذرات خود جای دهد تا به‌حد اشباع برسد، می‌گویند درجه تخلخل آن ۳۰ درصد است، زیرا ۰/۳ از حجم ماسه را فضاهای خالی اشغال می‌کنند. درجه تخلخل سنگهای مختلف از کمتر از یک درصد در گرانیتها تا بیشتر از ۴۰ درصد در ماسه‌سنگهای دارای سیمان سست تغییر می‌کند. بدین ترتیب حتی سنگهای سخت هم بالاخره دارای درجه‌ای از تخلخل‌اند. سنگهای لایه‌لایه و هوا زده نسبت به‌سنگهای توده‌ای شکل و آذرین قابلیت نفوذ بیشتری دارند. درجهٔ تخلخل سنگهای رسوبی به‌عوامل زیر مربوط است:

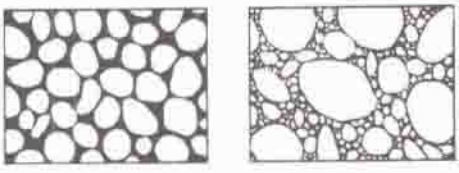
ــ شکل و آرایش ذرات تشکیل دهندهٔ سنگ.

ــ درجهٔ درشت و ریزی ذرات.

ــ درجهٔ فشردگی ذرات و سیمان بین آنها.

ــ مقدار ماده‌ای که بر اثر انحلال توسط آبهای فرورو از میان رفته است.

رویهمرفته تخلخل کمتر از ۵ درصد را پایین، از ۵ تا ۱۵ درصد را متوسط و بیشتر از ۱۵ درصد را بالا می‌نامند.



دانه‌بندی نامنظم　　دانه‌بندی منظم

شکل ۲ ــ ۹ ــ وقتی دانه‌بندی سنگ منظم‌تر باشد، آب بیشتری در آن جای می‌گیرد.

۴ ــ نفوذپذیری سنگها ــ وجود منابع آب زیرزمینی در یک ناحیه بستگی به نفوذپذیری زمین آن ناحیه دارد. نفوذپذیری، عبارت از توانایی سنگ در انتقال دادن آب یا مایعات دیگر است. نفوذپذیری یک سنگ به‌درجهٔ تخلخل آن سنگ و همچنین به‌بزرگی فضاهای بین ذرات آن بستگی دارد. آنچه اهمیت دارد این است که فضاهای بین ذرات سنگ باید به‌هم مربوط باشند تا آب بتواند در آنها جا به‌جا شود. اگر چنین ارتباطی موجود نباشد سنگ را غیرقابل نفوذ می‌گوییم.

زمینهای شنی و آبرفتها نفوذپذیرند ولی سنگهایی مانند گل رس، شیست و اغلب سنگهای آذرین و دگرگونی غیر قابل نفوذند. بعضی از سنگها مانند سنگ آهک که غیر قابل نفوذ است، با پیدایش ترکها و درزهایی در آن نفوذپذیر می‌شود. لایهٔ نفوذپذیری که آب را در خود نگه می‌دارد به‌نام لایهٔ آبدار خوانده می‌شود. بین طبقات مختلف آبرفتها، ماسه‌ها و بعضی طبقات آهکی از بقیه آبدارترند.

۵ ــ طرز قرارگرفتن لایه‌های سنگها ــ لایه‌های مورب بیشتر از لایه‌هایی که به‌طور افقی قرار گرفته‌اند می‌توانند آب را در خود جای دهند. آبی که به‌لایه‌های مورب برسد، در قسمتهای نفوذپذیر آنها وارد می‌شود، در حالی که وقتی آب با لایه‌های افقی برخورد کند، برای پائین رفتن از طبقاتی هم که قابلیت نفوذ اندکی دارند باید بگذرد.

۶ ــ مقدار و نوع پوشش گیاهی ــ گیاهان و مواد آلی حاصله از گیاهان سرعت جریان آب را در سطح زمین کاهش می‌دهند. گاهی هم مانع جریان آب می‌شوند. بدین‌ترتیب در نقاطی که پوشش گیاهی وجود دارد، بازماندن آب از حرکت (و تبخیر شدن) سبب نفوذ بیشتر آب در زمین می‌شود.

۷ ــ رطوبت اتمسفری ــ اگر بعد از بارندگی مقدار رطوبت موجود در هوا بالا نباشد، آب زیادی قبل از آنکه بتواند در زمین نفوذ کند، تبخیر می‌شود. این مسئله به‌ویژه در نواحی خشک بیشتر به‌چشم می‌خورد، به‌طوری که در بیابانها بعد از بارندگی شدید هم مقدار زیادی آب دوباره از راه تبخیر به‌هوا باز می‌گردد.

* در یک قطعه لوله مقداری ماسه تمیز بریزید و با یک توری ته لوله را ببندید. سپس از بالا در لوله آب بریزید. در فاصلهٔ کوتاهی خواهید دید که آب از سوراخهای توری فرو می‌چکد. آب در این حال از لابه‌لای ذرات ماسه می‌گذرد و به‌پایین می‌رسد. برای آن که به‌تناسب میان درشتی ذرات و سرعت عبور آب از میان آنها پی ببرید، می‌توانید لوله را با ماسه‌هایی در اندازه‌های مختلف یا گلهای مختلف پر کنید.

۱ ــ نسبت میان سرعت نفوذ آب و درشتی دانه‌ها چگونه است؟

۲ ــ از کدام مواد آب نمی‌تواند بگذرد؟

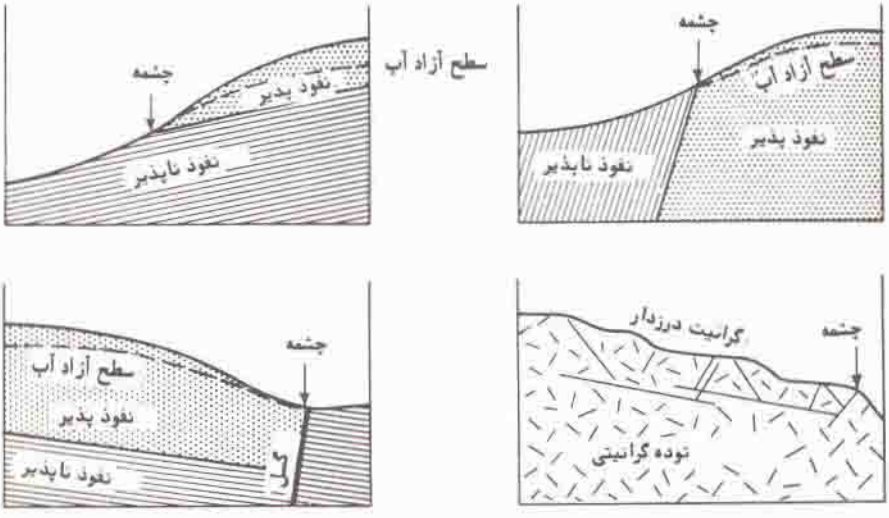
مخازن آب زیرزمینی

در کشور ما آبهای زیرزمینی را باید از مهمترین منابع آب مصرفی دانست، با آن که در بسیاری از نقاط آن در مسیر آبهای جاری سدبندیهائی شده و آب آشامیدنی و کشاورزی از آن راه تأمین می‌شود، اما آبهای زیرزمینی ارزش خود را همچنان محفوظ داشته‌اند.

آب به‌همان ترتیب که در لایه‌لای ذرات خاک نفوذ می‌کند و پایین می‌رود، می‌تواند بر اساس یک خاصیت فیزیکی به‌نام اثرمویینگی از همان فواصل بالا آید و به‌سطح زمین برسد. از همین راه هم هست که رطوبت از قسمتهای عمیق خاک به‌سوی سطح می‌آید و در مواقعی که برای مدت طویلی بارندگی نشده است، به‌این‌ترتیب ریشهٔ گیاهان به‌آب دسترسی می‌یابند. البته بیشتر این آب وقتی که به‌سطح زمین برسد، بر اثر عمل تبخیر از دست می‌رود.

سطح آزاد آب ــ آبی که به‌درون زمین نفوذ می‌کند به‌سمت پایین می‌رود، اما این پایین‌رفتن تا جایی ادامه می‌یابد که آب به‌لایه‌های غیر قابل نفوذ برسد و نتواند از آن بگذرد. از این به‌بعد اگر مقدار آب نافذ زیاد شود، آب لایه‌لای ذرات خاک را پر می‌کند و دیگر هوایی در آنجا نمی‌ماند، یعنی زمین از آب اشباع می‌شود. سطح فوقانی این منطقهٔ اشباعی را آب‌شناسان **سطح آزاد آب** (Water table) گویند. و اگر آب در حوضهٔ اشباعی جریان نداشته باشد آن را **سطح ایستابی** خوانند.

سطح آزاد آب معمولاً مانند آنچه که در سطح زمین است کاملاً افقی نیست، بلکه در زیر تپه‌ها بالاتر و در داخل دره‌ها پایین‌تر است. به‌عبارت دیگر سطح آزاد آب، کمابیش شکل سطح زمین را به‌خود می‌گیرد.



شکل ۳ ــ ۹ ــ آب به‌دلایل مختلفی می‌تواند به‌صورت چشمه در سطح زمین ظاهر شود.

مقدار بارندگی و استفاده از آبهای زیرزمینی، بر سطح آزاد آب اثر می‌گذارد و آن را بالا و پایین می‌برد. گاهی این سطح آن‌قدر بالا می‌آید که آب در سطح زمین ظاهر می‌شود. در این حال جایی که آب در سطح زمین ظاهر می‌شود، چشمه نام دارد. گاهی آب این چشمه‌ها در سطح زمین جمع می‌شود و مبدل به‌مرداب یا دریاچه و غیره می‌گردد. گاهی هم برعکس، سطح آزاد آب در مواقع خشکسالی چنان پایین می‌رود که آب چشمه‌ها به‌کلی خشک می‌شود.

چاهها ــ آدمی قبل از تاریخ، از آب چشمه، نهر، رود و دریاچه استفاده می‌کرد. دهکده‌ها نیز در جاهایی ساخته می‌شدند که دسترسی به‌آبهای سطحی آسان بود. اما با رشد تمدنها، نیاز به‌آب بیشتر و پاکیزه‌تر، در جوامع در حال رشد و جایی که آب‌آلوده بود، احساس می‌شد. حفر زمین به‌منظور دسترسی به‌آب، به‌چین و هند قدیم، یعنی حدود ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد باز می‌گردد.

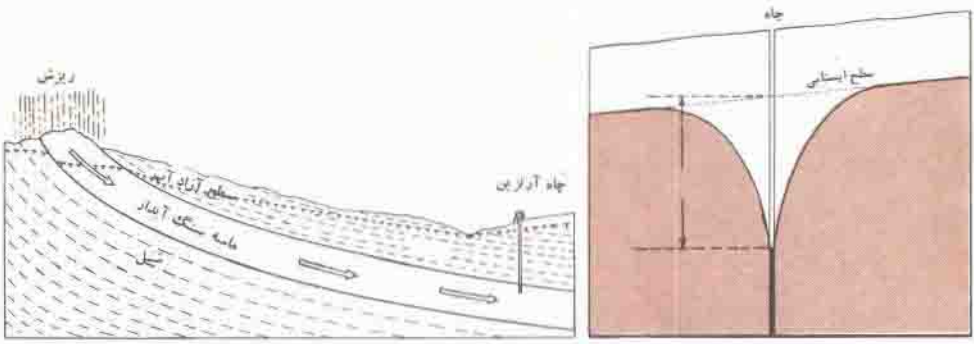
بیشتر چاهها سوراخهایی هستند که تا زیر سطح آزاد آب حفر می‌شوند. اگر این سطح، به‌سطح زمین نزدیک باشد، چاه را سطحی و کم‌عمق گویند. چاههای کم‌عمق را معمولاً در زمینهای آبرفتی و با دست حفر می‌کنند. از چاههای سطحی به‌طور متوسط تا ۲۰۰۰ لیتر در دقیقه (در زمینهای بسیار پرآب) می‌توان آب برداشت کرد. در چاهها (چه سطحی و چه عمیق)، معمولاً پس از برداشت، سطح آب به‌نقطه‌ای پائینتر از سطح آزاد آب می‌رسد که همین کار خود باعث می‌شود آب دوباره از اطراف به‌درون چاه جریان یابد. اما این جریان فقط تا حدود معینی می‌تواند ادامه یابد. گذشته از آن، فاصله چاهها از همدیگر، در میزان آبدهی آنها کاملاً مؤثر است و وقتی آب یک چاه زیادتر از بقیه از سطح آزاد آب فاصله بگیرد، ممکن است آب آنها را به‌درون خود بکشاند.

نوعی دیگر از چاهها هم وجود دارد که به‌چاه آرتزین معروف است. (این نام از کلمه Artois نام استانی واقع در فرانسه گرفته شده است). آب این چاهها، به‌علت وضع خاص منبع آنها که بالاتر از دهانه چاه واقع است، بر اساس قانون ظروف مرتبطه می‌تواند حالت جهنده داشته باشد.

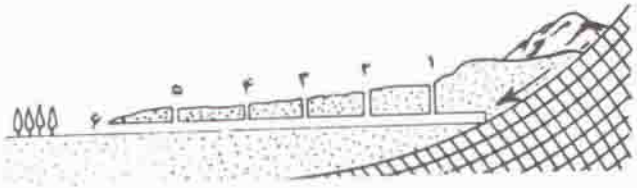
قنات ــ در قسمتهای مرکزی و خشک ایران که اصولاً برف نمی‌بارد و مقدار باران سالانه هم کم است، در گذشته برای استفاده از منابع آب زیرزمینی به‌حفر قنات می‌پرداختند که هنوز هم بعضی از آنها قابل استفاده است.

قنات را در زمینهای آبرفتی (رسوبات گذاشته شده توسط آبهای جاری) که شیب بسیار ملایمی دارند حفر می‌کردند. معمولاً برای این کار یک مجرای زیرزمینی طویل حفر می‌کردند و در نقاط مختلف آن به‌فواصل نسبتاً مساوی، تعدادی چاه می‌زدند. این چاهها هم برای تهویه و تمیز

کردن قنات به‌کار می‌رفت و هم مسیر آن را معین می‌کرد. بدین ترتیب آب چند منبع زیرزمینی به‌درون مجرای مزبور راه می‌یافت و از محلی به‌نام **مظهر قنات** بر سطح زمین جاری می‌شد.



شکل ۴ ــ ۹ ــ چاه معمولی (الف) و چاه آرتزین (ب). تفاوت مخازن آب این دو نوع چاه در چیست؟



شکل ۵ ــ ۹ ــ مقطع عرضی قنات، شماره‌های ۱ تا ۵ محل چاهها هستند و شمارهٔ ۶ مظهر قنات را مشخص می‌کند.

شکل ۶ ــ ۹ ــ منظرهٔ هوایی دو رشته قنات در اطراف کرج

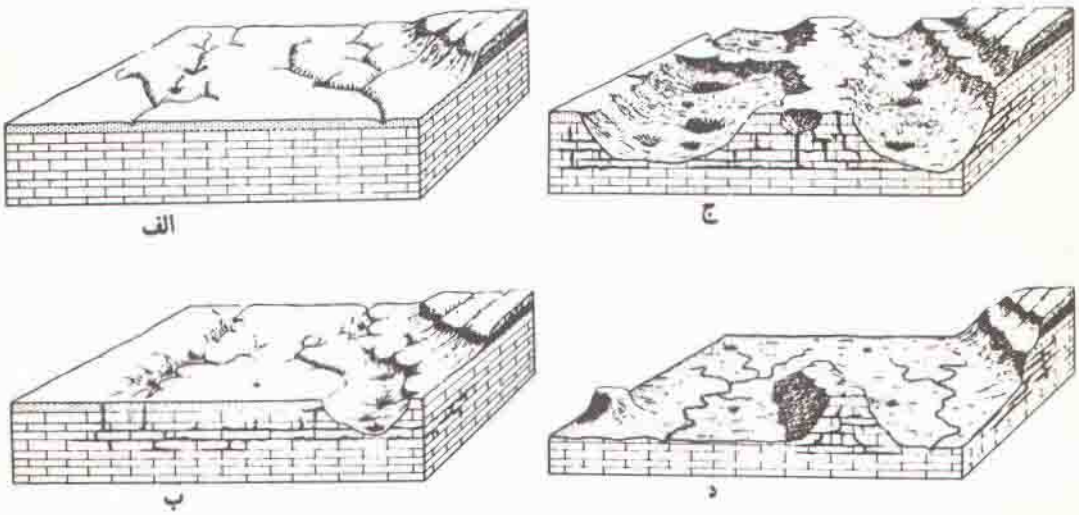
(عکس از نیکل فریدنی)

عمل انحلال و رسوبگذاری آبهای فرورو

آب باران ضمن عبور از لایه‌های خاک و سنگ، مقدار زیادی از کانیها را در خود حل می‌کند، به‌خصوص این که حرکت آب نیز به‌کندی صورت می‌گیرد. مقدار و نوع کانیهای محلول در آب بستگی به‌جنس و ضخامت لایه‌های خاک و سنگ و دمای آبی دارد که از میان آنها می‌گذرد.

آبی که بیش از اندازه دارای کانیهای محلول حاوی کلسیم، منیزیم و آهن باشد به‌آب سخت موسوم است. در بین این عناصر، کلسیم فراوانتر از بقیه است. در مصارف مختلف آب، درجه سختی آن اهمیت زیاد دارد. آبهای زیرزمینی معمولی از آب رودخانه‌ها سخت‌ترند.

آبهای فرورو با عمل انحلال خود سبب تخریب بعضی از قسمتهای درونی زمین می‌شوند. به‌ویژه اگر جنس زمین از لایه‌های آهکی و محلول در آب باشد عمل تخریب آسانتر صورت می‌گیرد. لایه‌هایی که جنس آنها از آهک باشد به‌وسیلهٔ شکافهای عمودی و افقی که در سرتاسر آنها پدید می‌آید، از هم گسیخته می‌شوند. وقتی که آبهای دارای دی‌اکسیدکربن که حالت اسیدی دارند در این شکافها راه یابند، کم‌کم آهک را در خود حل می‌کنند. ادامه این عمل طی هزاران سال منجر به‌پیدایش حفرهٔ بزرگی می‌شود که ممکن است، طول و عرض آن به‌کیلومترها برسد. این حفرات ممکن است راهی به‌خارج باز کنند. به‌حفرات مزبور اگر کم‌وبیش افقی و تونل مانند باشند غار گویند. از آنجا که سنگ آهک بیشتر در سطح زمین و یا نزدیک به‌آن وجود دارد، غارها نیز در نزدیکی سطح زمین درست شده‌اند و زود کشف می‌شوند. تشکیل غار وقتی صورت می‌گیرد که محل غار در بالای سطح ایستابی واقع شود.



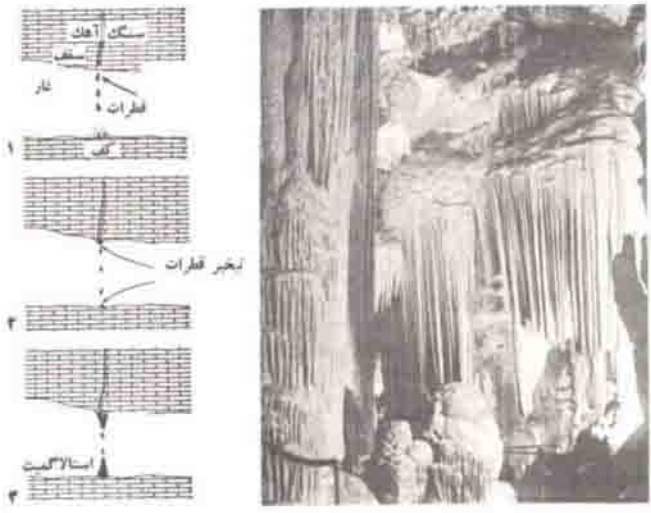
شکل ۷ ــ ۹ ــ آبهای فرورو با عمل انحلال خود تغییرات بزرگی را در زمینهای آهکی پدید می‌آورند.

کانیهای محلول در آبهای زیرزمینی به‌روشهای گوناگون ته‌نشین می‌شوند: در بسیاری از غارها، آب مقداری از بیکربنات کلسیم محلول خود را به‌صورت کربنات کلسیم نامحلول بر دیواره‌ها، کف و یا سقف غار رسوب می‌دهد و سبب تشکیل ستونهای آهکی می‌شود. علت این امر را می‌توان تا حدی مربوط به‌تبخیر، تا حدودی به‌سبب جداشدن دی‌اکسیدکربن از آب و تا اندازه‌ای به‌موجب کاسته شدن فشار دانست.

شاید مهمترین عمل رسوبگذاری آبهای فرورو سیمان‌سازی در فاصله دانه‌های مواد تخریبی و تشکیل ماسه سنگ و کنگلومرا باشد. این قبیل سیمانها بیشتر از جنس کلسیت، سیلیس و اکسیدآهن است.

گاهی آب زیرزمینی موادی را درون شکافهای سنگها باقی می‌گذارد و ایجاد رگه‌هایی می‌کند. جنس رگه‌ها بیشتر از کلسیت، کوارتز و گاهی بعضی از فلزات از قبیل مس، سرب، روی و نقره است.

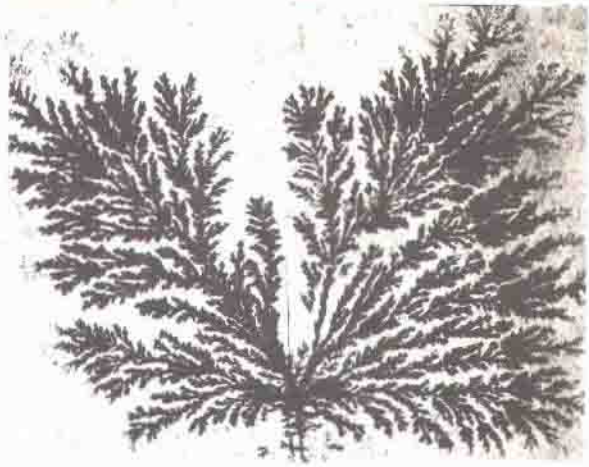
گاهی هم رگه‌ها هنگامی تشکیل می‌شوند که آبهای حاصل از ماگما به‌درون شکاف سنگها نفوذ می‌کنند و پس از تبخیر شدن مواد همراه خود را در همان محل بر جای می‌گذارند. البته سردشدن یا انجام واکنشهای شیمیایی با کانیهای موجود در محل شکاف هم در این کار بی‌تأثیر



شکل ۸ ــ ۹ ــ تشکیل ستونهای آهکی در درون پاره‌ای از غارها، نمونه‌ای از عمل رسوبگذاری آبهای زیرزمینی است.

نیست. مثلاً محلولی اسیدی که از شکاف سنگهای آهکی می‌گذرد، ممکن است به‌هنگام تماس با کربنات کلسیم خنثی شود و در این حال ماده کانی همراه آن محلول رسوب می‌کند و شکاف را پر می‌سازد.

گاهی نیز اکسید منگنز به‌طور ناقص در روی سنگهای دیوارهٔ شکافها رسوب می‌کند و تصویری خزه‌مانند به‌نام دندریت (Dendrite) را بر روی سنگ ظاهر می‌سازد (شکل ۹-۹).



شکل ۹ــ۹ــ دندریت اکسید منگنزی است که به‌شکل خزه در روی دیواره شکافهای باریک سنگها رسوب می‌کند.

وقتی که عمل انحلال و ته‌نشینی به‌طور همزمان صورت گیرد، ممکن است که یک کانی حل شود و جای آن را کانی دیگری بگیرد. مثلاً ممکن است سولفید آهن حل شود و جای آن را اکسید آهن پر کند. در این حال، بلورهای اکسید آهن به‌شکل بلورهای سولفید آهن قالب‌ریزی می‌شود. از آنجا که در طبیعت چنین شکلی برای بلورهای اکسید آهن شناخته نشده است، شکل حاصل را دروغین (Pseudomorphe) می‌نامند. چنین عملی در مورد سنگهای آذرین فراوان اتفاق می‌افتد. ممکن است این جانشینی در مورد مواد آلی صورت گیرد که طی آن اندامهای بدن گیاه یا جانور با حفظ شکل ظاهری مبدل به‌سنگ می‌شود. مثلاً آب دارای سیلیس محلول به‌درون تنه درختان مدفون شده در ماسه، یا خاکسترهای آتشفشانی که در حال پوسیدن هستند نفوذ می‌کند و به‌تدریج هر جزء چوب به‌وسیلهٔ یک ذره سیلیس جانشین می‌شود و کم‌کم تمام تنه درخت مبدل به‌سنگ می‌شود.

رسوبهای حاصله از آب چشمه‌ها ــ حتی پاکیزه‌ترین آب چشمه‌ها هم مقداری املاح مختلف را در خود محلول دارد. این املاح بیشتر عبارتند از بیکربناتها و سولفاتهای کلسیم، منیزیم و سدیم و مقدار کمی کلرید، سیلیکات و فسفات این عناصر و عناصر دیگر. بعضی از این مواد به کمک دی‌اکسیدکربن که توسط آب باران جذب شده به‌صورت محلول درآمده‌اند و برخی دیگر حاصل تجزیه سنگها و مواد آلی موجود در خاکند.

در آب برخی از چشمه‌ها مقدار مواد محلول چنان زیاد است که به‌آنها چشمه‌های معدنی می‌گویند. آب این چشمه‌ها وقتی از زمین خارج می‌شود، در معرض تبخیر شدن قرار می‌گیرد. بعضی از چشمه‌ها هم آبهای گرمی دارند که آب آنها به‌هنگام خروج سرد شده، مقداری از املاح

شکل ۱۰ ــ ۹ ــ براثر انجام عمل انحلال و رسوب مجددی که به‌وسیلهٔ آبهای زیرزمینی صورت گرفته، مواد سیلیسی جانشین چوب اولیه این درختان شده است.

محلول را رسوب می‌دهد. گذشته از این دو مورد، از دست‌رفتن دی‌اکسیدکربن آب به‌سبب به‌هم خوردگی، کاهش مقدار فشار، عمل باکتریها، جلبکها و سایر جانداران موجود در آب هم به‌این کار کمک می‌کند. بر اثر این‌گونه تغییرات، مواد معدنی همراه آب رسوب می‌کند.

کربنات کلسیم فراوانترین نمکی است که در چشمه‌های سرد و گرم رسوبگذاری می‌شود. این ماده به‌مقدار زیاد در اطراف دهانه و مجاری چشمه‌ها رسوب می‌کند و سنگی به‌نام**تراورتن** را تشکیل می‌دهد که آن را پس از بریدن در نمای ساختمانها به‌کار می‌برند. در ایران، معادن تراورتن زیاد است. سنگهای شیری‌رنگ و سوراخداری که در روی ساختمانهای اغلب شهرهای بزرگ به‌چشم می‌خورد، تراورتن است. از مواد دیگری که توسط آب چشمه‌ها رسوب داده می‌شود می‌توان هیدروکسید آهن، اکسید منگنز، کلریدسدیم، کربنات سدیم، ژیپس و گوگرد را نام برد.

خلاصه

۱ ــ همهٔ آبی که از راه بارندگی به‌سطح زمین می‌رسد، در روی آن جاری نمی‌شود، بلکه مقداری از آب به‌درون زمین نفوذ می‌کند. برای آن که عمل نفوذ آب به‌درون زمین امکان‌پذیر باشد، باید سنگها دارای قابلیت نفوذ باشند، یعنی در میان ذرات تشکیل‌دهندهٔ آنها فاصله وجود داشته باشد.

۲ ــ در زیرزمین هم مانند روی آن، آب در حرکت است. اما این حرکت با کندی بسیار صورت می‌گیرد.

۳ ــ آبی که در زمین نفوذ می‌کند، می‌تواند موادی را در خود حل کند و تشکیل غار دهد. همچنین آب، پاره‌ای از مواد به‌ویژه مواد آهکی را که به‌همراه دارد، در درون غارها رسوب می‌دهد. این رسوبات آهکی اغلب به‌شکل ستونهایی درمی‌آیند.

۴ ــ گاهی آب موادی را در خود حل می‌کند و مواد دیگری را که به‌همراه دارد در جای خالی آنها رسوب می‌دهد در نتیجه جسم حاصل شکل جسم قبلی را بخود می‌گیرد (با ترکیبی جدید) که به‌شکل جدید شکل دروغین گویند.

۵ ــ مقدار آبی که در زمین نفوذ می‌کند. به‌مقدار و نوع بارندگی، سرعت آن، شیب زمین، میزان نفوذپذیری و تخلخل سنگها و حتی نوع گیاهان بستگی دارد.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ خاصیت نفوذپذیری و نفوذناپذیری سنگها را چگونه تفسیر می‌کنید؟

۲ ــ چرا حرکت آب در درون لایه‌های زمین به‌آرامی صورت می‌گیرد؟

۳ ــ علت سردی آب بیشتر چشمه‌ها و چاهها در فصل گرما چیست؟

۴ ــ پدیده شکل دروغین (پزودومورفیسم) بیشتر در مورد چه کانیهایی صورت می‌گیرد؟

۵ ــ چه عواملی بر مقدار آبهای زیرزمینی هر منطقه تأثیر می‌گذارند؟

۶ ــ چرا سنگهای رستی (شیل) را با وجود سست‌بودن نسبی، غیرقابل نفوذ می‌دانیم؟

۷ ــ در یک منطقه لایه‌هایی را مشاهده می‌کنیم که به‌ترتیب از سطح به‌عمق عبارتند از: ماسه و شن، خاک رس، ماسه سنگ سست، شیل، سنگ آهک، گرانیت.

a ــ کدام لایه‌ها قابل نفوذند؟

b ــ سطح ایستابی در کدام قسمت تشکیل می‌شود؟

c ــ کدام لایه‌ها آبدار خواهند بود؟

۸ ــ سرنوشت نهایی آبهای زیرزمینی و املاح محلول در آنها چیست؟

منابعی برای مطالعه بیشتر

۱ ــ فرسایش و دگرگونی زمین، ویکوف، ژرم، ترجمهٔ ایرانی، احمد ۱۳۴۴.

۲ ــ مبانی زمین‌شناسی، اوبروچف، ترجمهٔ قریب، عبدالکریم، ۱۳۴۸.

۳ ــ زمین‌شناسی عمومی ، معتمد، احمد.

۱۰ دریاها

قسمتهای مختلف سطح زمین همواره در معرض تغییر قرار دارند و این تغییر چنان‌که دیدیم، آرام و تدریجی است. اما در طول سواحل، یعنی نقاطی که مرز میان آب و خشکی هستند، تغییرات اغلب به‌سرعت صورت می‌گیرند. عامل مولد این تغییرات هم امواجی هستند که نیروی خود را از درون دریا کسب می‌کنند و به‌هنگام برخورد با ساحل آن نیرو را آزاد می‌سازند. در نتیجه این برخوردها، سنگهای ساحلی خرد می‌شوند و سواحل مرتفع فرو می‌ریزند. بدین سبب، شکل سواحل حالتی پایدار ندارد و همواره در تغییر است.

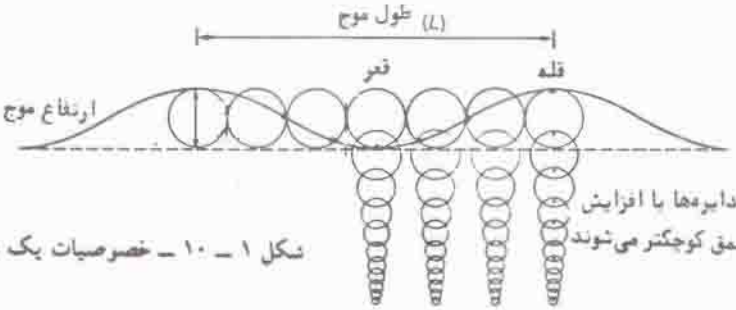
امواج آب دریا

موج آب عبارت از حرکت منظم ذرات آب به‌طرف بالا و پایین است که به‌صورت چینهایی در سطح آب دیده می‌شود. به‌جز امواج حاصله از جزر و مد، یا امواجی که به‌علت زلزله‌های زیردریایی در آب دریا تولید می‌شوند، بقیهٔ امواج دریا را بادها به‌وجود می‌آورند.

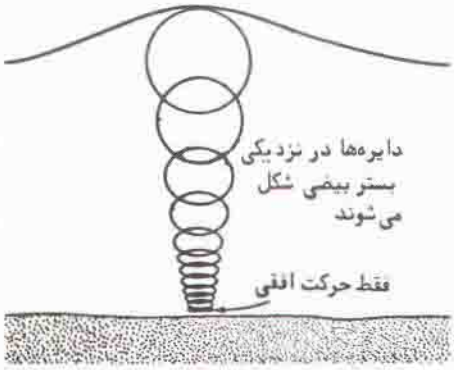
وقتی که باد بر سطح آب می‌وزد، در اثر اصطکاک این دو با هم چین کوچکی در سطح آب پیدا می‌شود. این چین کم‌کم شروع به‌بزرگ شدن می‌کند و بدل به‌موج می‌شود. وقتی که موجی از سطح آب می‌گذرد، ذرات آب در قسمت سطحی حرکت دایره‌ای انجام می‌دهند. فاصله بین پایین‌ترین نقطهٔ موج و بالاترین نقطه آن را **ارتفاع موج** می‌خوانند. ارتفاع امواج در دریاها متفاوت است. گاهی امواجی به‌ارتفاع ۳۰ تا ۴۰ متر نیز در سطح اقیانوسها پدید می‌آیند. **طول موج**، فاصله بین دو نقطه فرو رفته، یا برجسته متوالی است. طول امواج در اقیانوس کبیر گاهی به ۶۰۰ متر نیز رسیده است. به‌طور معمول طول امواج ۲۰ تا ۳۰ برابر ارتفاع آنهاست.

عمل تخریبی امواج آب دریا

وقتی که موج به‌سوی ساحل پیش می‌آید، به‌نقطه‌ای می‌رسد که عمق آب بسیار کم است. در اینجا ته موج با زمین برخورد می‌کند و از سرعت قسمت پایین آن کاسته می‌شود، اما قسمت سطحی آن با سرعت قبلی به‌حرکت خود ادامه می‌دهد. نتیجه آن می‌شود که موج بشکند. وقتی که موج شکسته شد، نیروی زیادی در لبه آن جمع می‌شود که به‌کمک این نیرو می‌تواند موادی را در ساحل جابه‌جا کند و اگر به‌ساحل سنگی برخورد، باعث ریزش و تخریب آن شود.



شکل ۱ ــ ۱۰ ــ خصوصیات یک موج آب.



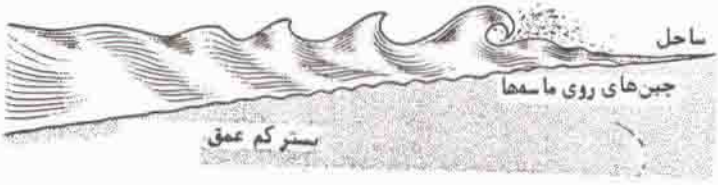
شکل ۲ ــ ۱۰ ــ حرکت هر ذرهٔ آب به‌صورت دایره است. ارتفاع موج برابر با قطر دایره‌های سطحی است حرکت ذرات آب در عمقی معادل نصف طول موج تمام می‌شود.

امواج را باید از نیرومندترین عوامل فرسایش دانست. مخصوصاً در سواحل سنگی که عمق آب در کناره‌ها نیز زیاد است، تمام نیروی موج در اولین نقطهٔ برخورد جمع می‌شود. فشار موجی که از طوفان پدید می‌آید ممکن است متجاوز از هزار کیلوگرم نیرو بر متر مربع باشد. امواج دریا باعث پراکنده‌شدن شن، سنگریزه و گلهای رستی روی ساحل می‌شوند و سنگهای بزرگ را به‌قطعات کوچکتر تقسیم می‌کنند. این قطعات نیز ضمن حرکات متوالی کم‌کم بدون زاویه می‌گردند. مواد مزبور به‌عمل تخریبی امواج کمک می‌کنند، زیرا آب آنها را به‌سنگهای دیگر می‌کوبد. با این عمل، خود آنها نیز خردتر شده، به‌ماسه مبدل می‌شوند. در سواحل سنگی نیز نفوذ آب در شکاف سنگها که توسط موج صورت می‌گیرد، سبب فروریختن سنگها می‌شود. همچنین

اگر در سنگهای ساحلی املاح محلول وجود داشته باشند، در آب دریا حل می‌شوند و تخریب سواحل را سریعتر می‌کنند.

پلاژ

پلاژ منطقه‌ای از ساحل است که معمولاً به‌وسیله شن و سنگریزه‌های حاصل از عمل امواج پوشیده می‌شود. جنس این مواد بسیار مختلف است و ممکن است حتی کانیهای قیمتی نیز میان



شکل ۳ ــ ۱۰ ــ علت شکسته شدن موج، برخورد ته آن با زمین ساحل است.

آنها یافته شوند. اندازه این مواد وابسته به‌جنس ساحل و درجه شیب آن است. هرچه ساحل شیب بیشتری داشته باشد، دانه‌های ریزتر آسانتر شسته می‌شوند و به‌قعر دریا می‌روند. جنس ماسه‌های ساحلی بیشتر از کوارتز است. بعضی از سواحل را نیز قطعات خردشده مرجانی و یا قطعات صدفهای نرم‌تنان تشکیل می‌دهند.

عمل حمل در دریا

آب دریا می‌تواند مواد حاصل از تخریب ساحل، هوازدگی و مواد حمل شده توسط رودها را جابه‌جا کند. همهٔ این مواد از قطعات بزرگ گرفته تا ذرات کوچک رس به‌وسیله امواج و جریانهای دریایی حمل می‌شوند تا آنجا که دور از تأثیر این عوامل قرار گیرند و رسوب کنند. در حین انجام این اعمال، قطعات بزرگ بر اثر تصادم باهم، خردتر می‌شوند و نیز صاف و مدور می‌گردند. از آنجا که در کنار ساحل قدرت امواج زیاد است، قطعات ریز و درشت حمل می‌شوند، اما هرچه از ساحل دورتر می‌شویم، از قدرت امواج به‌تدریج کاسته می‌شود و بالطبع قطعات بزرگتر در نزدیکی ساحل می‌مانند و آنها که کوچکترند جلوتر برده می‌شوند. دانه‌های شن در قسمتهای کم‌عمق ته‌نشین می‌گردند و ذرات رس به‌نواحی عمیق‌تر آب کشانده می‌شوند.

عمل رسوبگذاری در دریا

موادی که در دریا رسوب می‌کنند، دارای سه منشأهستند: بیشتر آنها شامل قطعات و ذراتی هستند که در نتیجهٔ هوازدگی، عمل امواج، فعالیت آبهای جاری و تأثیر باد و یخچال بر سنگها

شکل ۴ ـ ۱۰ ـ امواج برسواحل پست و مرتفع اثر یکسان ندارند.

حاصل می‌شوند. این مواد تخریبی توسط رودها، یخچالها و باد به‌درون دریا می‌رسند.

قسمتی از موادی که در دریا رسوب می‌کنند منشأ آلی دارند، و بخش مهمی از رسوبات دریا را تشکیل می‌دهند. این رسوبات اغلب شامل صدفهای آهکی نرم‌تنان، اسکلت جانوران آبزی و بقایای گیاهان هستند. دسته سوم رسوبات دریا منشأ شیمیایی دارند. این رسوبات حاصل جداشدن و ته‌نشین شدن بخشی از املاح محلول در آب دریا هستند که به‌علت انجام واکنشهای شیمیایی یا بر اثر تبخیر آب بر جای می‌مانند.

موادی که از سطح قاره‌ها آورده شده‌اند بیشتر در کناره‌های ساحل و آنهایی که از بقایای پلانکتونها حاصل می‌شوند بیشتر در قسمتهای عمیق آب ته‌نشین می‌گردند.

محیطهای رسوبی

دریا محیطی بسیار وسیع است و عواملی هم که در تشکیل رسوبات آن دخالت دارند،

متعددند. از این رو در دریا محیطهای مختلفی برای تشکیل‌شدن رسوبات فراهم می‌آید. فاصله محل رسوبات از ساحل، مقدار عمق آب در آن محل، دما و شوری آب، جانوران و گیاهان آن منطقه و میزان حرکت آب از عوامل مؤثر در تشکیل رسوباتند.

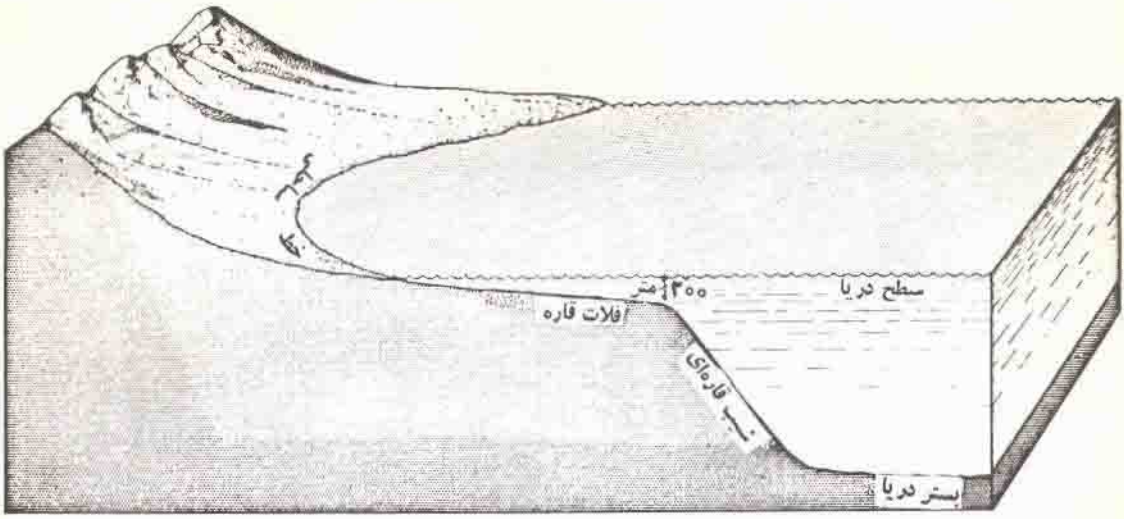
نوعی تقسیم‌بندی محیطهای رسوبی را از روی میزان عمق آب به‌عمل می‌آورند. معمولاً بازیاد شدن فاصله از ساحل، به‌مقدار عمق آب افزوده می‌شود. بدین ترتیب در دریا چهار محیط می‌توان تشخیص داد که به‌ترتیب عبارتند از: ساحلی، کم‌عمق، عمیق و بسیار عمیق.

محیط ساحلی ــ منطقه‌ای را که در موقع جزر از آب بیرون است و در هنگام مد زیر آب قرار می‌گیرد به‌نام منطقه ساحلی می‌نامند. رسوبات این منطقه درشت و ریزند و در میان آنها از قطعه‌سنگهای بزرگ تا گلهای نرم دیده می‌شود. البته قطعات درشت زیادترند، ولی در نقاطی که از اثر حرکات امواج در امان است، گلهای نرم هم وجود دارد. در این منطقه مقداری هم بقایای صدف نرم‌تنان و اسکلت آهکی مرجانها و غیره یافت می‌شود.

محیط کم‌عمق ــ (فلات قاره یا سکوی کرانه‌ای) ــ این منطقه، از سطح آب در پایین‌ترین حد جزر شروع می‌شود. معمولاً حد پایین آن را در عمق حدود ۲۰۰ متر در نظر می‌گیرند (اما معیار دقیقی برای تعیین این حد وجود ندارد). رسوبات این قسمت، هم از نظر خصوصیات و هم از نظر انتشار با هم متفاوتند، زیرا شدت امواج و جریانهای دریایی در این قسمت متفاوت است و جانداران دریازی هم در همه مناطق فلات قاره متشابه نیستند. درشت و ریزی دانه‌های رسوبات این محیط تحت تأثیر شدت عبور جریانهای دریایی است و ماسه در آن فراوان است. در محل مصب رودها هم مقداری گل در محیط کم‌عمق یافت می‌شود. سنگهای آهکی نیز که از بازمانده‌های اسکلت و صدف جانوران تشکیل شده است در این محیط زیاد است، زیرا تعداد جانداران این منطقه از آب را باید بیشتر از هر جای دیگر دانست (چرا؟). تشکیلات عظیم مرجانی دریاهای گرم نیز اختصاص به‌این قسمت از دریا دارد.

محیط عمیق ــ منطقه بعد از فلات قاره را که تا عمق ۲۰۰۰ متری ادامه می‌یابد و شیب نسبتاً زیاد دارد، به‌نام محیط یا منطقه عمیق دریا می‌نامند. در این محیط دو نوع رسوب اصلی یافت می‌شود. یکی رسوبات حاصل از مواد بسیار دانه‌ریزی که از قاره‌ها حمل شده‌اند، اما به‌علت سبکی وزن در قسمتهای کم‌عمق دریا رسوب نکرده‌اند. این مواد را **گلهای دریایی** می‌نامند. رنگ این گلها ممکن است سبز، آبی، قرمز یا زرد باشد.

نوع دیگر رسوبات این قسمت از دسته رسوبات آلی و بیشتر شامل بقایای اسکلت



شکل ۵ ــ ۱۰ ــ نیمرخی از محیط کم‌عمق دریا.

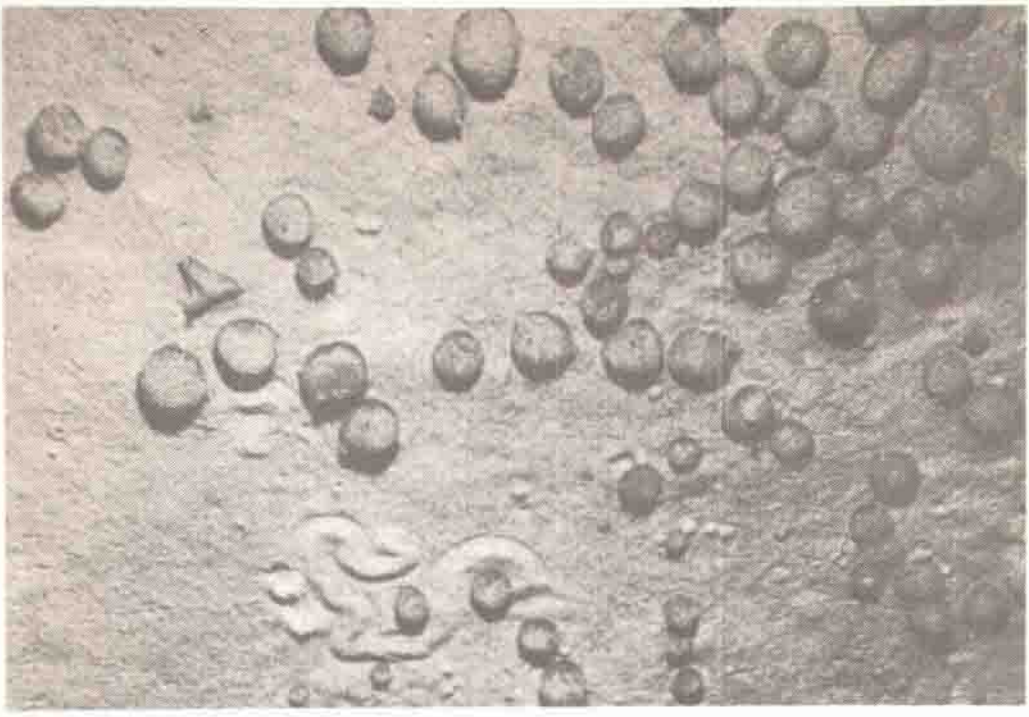
جانداران میکروسکوپی دریا، یا همان پلانکتونهاست که جنس آنها آهکی، یا سیلیسی است.

البته بر اثر جریانهای زیر دریایی، مقداری از رسوبات موجود در مناطق کم‌عمق به‌قسمتهای عمیق دریا برده می‌شود.

محیط بسیار عمیق ــ عمق این منطقه از ۲۰۰۰ متر بیشتر است و به‌سبب دوری از ساحل، رسوبات تخریبی آن بسیار کم‌اند. تشکیل رسوب در این منطقه از دریا به‌آرامی صورت می‌گیرد، چنان که مثلاً بر قطر گل رس قرمز در هزار سال فقط یک میلیمتر افزوده می‌شود.

مهمترین موادی که در اعماق زیاد دریا ته‌نشین می‌شوند، بقایای مواد آلی پیکرپلانکتونها، خاکسترهای آتشفشانی و مواد بسیار دانه‌ریز تخریبی است که از خشکیها آورده می‌شوند. ترکیب این ته‌نشینها به‌میزان عمق آب بستگی دارد. در محیط بسیار عمیق، دو نوع ترکیب فراوان است: گلهایی که بیشتر سیلیسی و آهکی هستند و گل رس قرمز. بقایای مواد آلی پیکر پلانکتونها بیشتر از همه شامل اسکلت آهکی جانداران میکروسکوپی به‌نام روزن داران‌است که هزاران گونه از آنها در لایهٔ سطحی آب دریاها زندگی می‌کنند.

در ترکیب گل رس قرمز هم که لااقل نیمی از بستر اقیانوس کبیر را می‌پوشاند ذرات ریز رس مخلوط با خاکسترهای نرم آتشفشانی یافت می‌شود. رنگ این گل هم بیشتر مربوط به‌ترکیبات آهن و اکسید منگنز است. گاهی مقدار منگنز در اعماق بسیار زیاد آب (به‌صورت گرهکهایی در بستر دریا) فراوان است به‌طوری که عده‌ای این نواحی را معدنی قابل بهره‌برداری از این ماده می‌دانند.



شکل ۶ ــ ۱۰ ــ گرهکهای منگنز در منطقهٔ بسیار عمیق دریا فراوان یافت می‌شود.

خلاصه

۱ ــ آب دریا مانند عوامل فرسایشی دیگر در تخریب کناره‌های خود مؤثر است و این کار را به‌کمک امواج یا عمل انحلال سنگهای ساحلی انجام می‌دهد. اما چون جنس سواحل یکسان و مشابه نیست، طبعاً بر اثر عمل امواج شکل آنها در نقاط مختلف متفاوت شده است.

۲ ــ اثر امواج در سواحلی زیادتر است که مسطح نباشند و امواج مانعی در برابر خود بیابند.

۳ ــ مواد حاصل از عمل امواج به‌همراه موادی که آب، یخچال و باد به‌همراه می‌آورد در اعماق مختلف دریا ته‌نشین می‌شوند. رسوبگذاری این مواد معمولاً بر اساس بزرگی و کوچکی قطعات و وزن حجمی آنها از ساحل به‌طرف اعماق آب، تغییر می‌کند. بخشی از رسوبات دریا نیز به‌علت انباشته شدن پوسته یا اسکلت جانداران دریازی و ته‌نشین شدن قسمتی از مواد محلول در آب بر اثر واکنشهای شیمیایی ایجاد می‌شود.

۴ ــ دریا را از نظر محیطهای رسوبی به‌چهار منطقه ساحلی، کم‌عمق، عمیق و بسیار عمیق تقسیم می‌کنند که در هر منطقه موادی تقریباً متفاوت با منطقهٔ دیگر ته‌نشین می‌شود.

۱ ــ آیا همهٔ موادی که از تخریب قاره‌ها حاصل شده‌اند در مناطق ساحلی و فلات قارهٔ دریا رسوب می‌کنند؟ دلیل خود را توضیح دهید.

۲ ــ می‌دانیم اسکلت یا صدف جانداران آبزی در حین رشد مرتباً قطورتر و بزرگتر می‌شود، منشأمواد لازم برای انجام این فرآیند در کجاست؟

۳ ــ نقشه‌برداری از بستر دریا نشان داده است که کوههای زیر دریایی (و همچنین دره‌های آن) دامنه‌های پرشیب‌تری نسبت به‌کوهها و دره‌های مشابه خود در روی قاره‌ها دارند. به‌نظر شما دلیل این پدیده چیست؟

۴ ــ نمونه‌هایی از رسوباتی را که از خود دریا منشأ می‌گیرد نام ببرید.

۵ ــ چرا وقتی امواج به‌ساحل نزدیک می‌شوند از سرعتشان کاسته می‌شود؟

۶ ــ زمین‌شناسان رسوبات دریایی را به‌منزله کتابخانه‌ای برای مطالعهٔ تاریخچه زمین‌شناسی می‌دانند. دلیل این گفته چیست؟

منابعی برای مطالعه بیشتر

۱ ــ مبانی زمین‌شناسی، اوبروچف، ترجمهٔ قریب، عبدالکریم، ۱۳۴۸.

۲ ــ دریای پیرامون ما، کارسون، راشل، ترجمهٔ جدیدی، مهندس ناصر، ۱۳۴۱

۳ ــ فرسایش و دگرگونی زمین، ویکوف، ژرم، ترجمهٔ ایرانی، احمد، ۱۳۴۴.

۴ ــ مشخصات زمین، صداقت محمود، معماریان حسین، چهرازی، علی‌بابا، انتشارات دانشگاه آزاد، ۱۳۵۸.

۵ ــ فرآیندهای بیرونی تغییردهندهٔ زمین، صداقت محمود، دانشگاه آزاد ایران، ۱۳۵۸.

۱۱

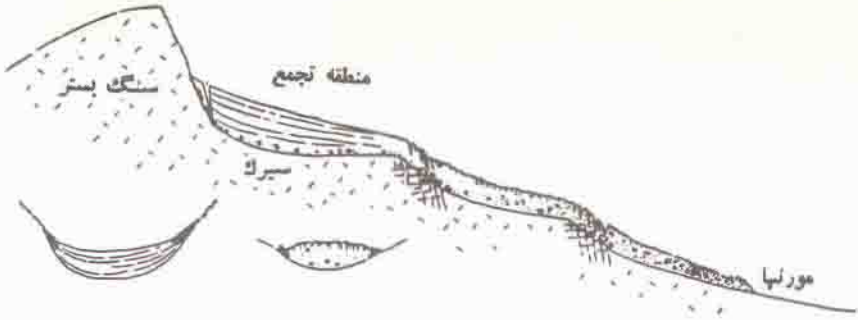
یخچالها

در بعضی از دره‌های کوهستانی که ارتفاع کافی داشته باشد، به‌جای آب مقادیر زیادی یخ وجود دارد. ضخامت این یخ گاهی تا چند صدمتر می‌رسد. چنین رشتهٔ ضخیم و طویلی از یخ را یخچال دره‌ای نامند. طول یخچالهای دره‌ای از ۲ کیلومتر شروع می‌شود و تا ۱۰۰ کیلومتر نیز می‌رسد. بزرگترین یخچالهای دره‌ای در کوههای جنوبی آلاسکا یافته می‌شوند.

در نقاط قطبی نیز که به‌علت سردی زیاد هوا، همواره به‌جای باران برف می‌بارد، طی هزاران سال این برفها به‌یخ تبدیل شده‌اند. چنین توده‌های عظیمی از یخ را به‌نام یخچال قطبی می‌نامند. یخچالهای قطبی وسیع، مدور، یا بیضی شکلند. نمونه‌هایی از این یخچالها در ایسلند، اسپیتزبرگن و جزایر بزرگ اقیانوس منجمد شمالی یافته می‌شوند. یخچالهای بزرگتری نیز در گرینلند و قطب جنوب وجود دارند. یخچال گرینلند تمام سطح این جزیرهٔ بزرگ را پوشانیده است و فقط یک رشتهٔ ساحلی را خالی می‌گذارد. یخچال قطب جنوب منطقه‌ای در حدود ۱۰ میلیون کیلومتر مربع را فرا می‌گیرد و ضخامت یخ در بعضی از نقاط آن از ۳۰۰۰ متر نیز بیشتر است. امروزه کمی بیش از ۱۰ درصد سطح قاره‌ها را یخچالها پوشانده‌اند که ۹۵ درصد آنها از نوع یخچالهای قطبی است.

تشکیل یخچال

یخچالها در مناطق سردی که همواره برف وجود دارد تشکیل می‌شوند. در این مناطق، مقدار برفی که در سال می‌بارد، بیش از مقداری است که ذوب می‌شود. در نتیجه هر سال مقداری



شکل ۱ ــ ۱۱ ــ منشأ و طرز حرکت یک یخچال دره‌ای

برف به‌بازمانده برف سالهای قبل افزوده می‌گردد. این امر سبب می‌شود که پس از مدتی دره‌ها و شیارهای کوه از برف پر شوند و ضخامت برف در این نقاط به‌صدها متر برسد. انباشته شدن تدریجی برف سبب متراکم شدن برفهای عمقی می‌شود. گاهی نیز بر اثر گرمی هوا برفهای سطحی ذوب می‌شوند و به‌درون برفهای عمقی نفوذ می‌کنند. این امر خود سبب تراکم برفهای قدیمی‌تر می‌شود. نتیجه آن که پس از مدتی، برفی فشرده و یخ مانند به‌نام یخ برفی یا نوه (Nevè) تشکیل می‌شود. به‌تدریج بر فشردگی یخ برفی افزوده می‌شود و یخ حبابدار پدید می‌آید. یخ حبابدار نیز کم‌کم متراکمتر می‌شود و حبابهای هوای بیشتری از آن خارج می‌گردند تا یخ بلوری به‌وجود آید. در این حال یخچال تشکیل شده است. یک یخچال را می‌توان توده‌ای عظیم از یخ دانست که در نتیجه تراکم برفها در سطح زمین حاصل می‌شود و تحت اثر کشش زمین به‌حرکت درمی‌آید. یخچالهای کوچک در روز فقط چند سانتیمتر جابه‌جا می‌شوند، اما یخچال بزرگی مانند یخچال گرینلند روزانه تقریباً ۳۰ متر به‌جلو می‌رود. حرکت یخ نیز مانند جریان آب در وسط سریعتر از اطراف آن است، زیرا کناره‌های یخچال با دیواره‌ها در اصطکاکند.

حد پیشروی یخچال ــ یخچالهای دره‌ای در شیب دره‌ها به‌پایین سرازیر می‌شوند. این یخچالها هرچه پایین‌تر می‌آیند، بر اثر گرمی هوا و سرعت عمل تبخیر، کوچکتر می‌گردند. هرقدر سرعت ذوب یخ از سرعت حرکت آن کندتر باشد، یخچال بیشتر به‌جلو می‌رود. بالاخره یخچال به‌جایی می‌رسد که در آنجا سرعت حرکت و ذوب یخ برابر شود. در این نقطه یخچال به‌خط پایان خود رسیده است. در کوهستانهای سویس گاهی یخچالها تا خیابانها و دهکده‌های اطراف نیز پیش می‌آیند.

یخچالهای قطبی در تمام جهات به‌سوی دریاها حرکت می‌کنند. در این یخچالها، حتی در ساحل دریا نیز عمل ذوب کندتر از حرکت به‌سمت جلو است. وقتی که یخچال به‌سطح آب رسید، قطعات بزرگی از آن به‌نام کوه یخ (Iceberg) جدا می‌شود و روی آب شناور می‌گردد.

موادی که به‌وسیلهٔ یخچال حمل می‌شوند

یخچالهای دره‌ای موادی را از دیواره یا کف دره‌ای که در آن پیش می‌روند می‌کنند و با خود به‌جلو می‌برند. تمام موادی که به‌وسیلهٔ یخچال حمل می‌شوند، به‌نام مورن (Moraine) موسومند. یخچال از ذرات ریز گرفته تا توده‌های عظیم سنگ را می‌تواند با خود حمل کند.

سنگهای ته یخچال را به‌نام مورنهای زیرین می‌گویند و سنگهایی را که در اطراف و کناره‌های یخچال حمل می‌شوند مورنهای کناری می‌نامند. وقتی که دو یخچال به‌هم می‌رسند، در محل اتصال آنها تنها مورنهای کناری آن دو با هم مخلوط می‌شوند و تشکیل مورنهای میانی را می‌دهند. در جلو یخچال موادی که به‌وسیله یخ آورده شده‌اند، در نتیجهٔ ذوب آن روی هم انباشته می‌شوند و مورنهای جبهه‌ای را به‌وجود می‌آورند. اگر یخچال مدت مدیدی به‌همان شکل باقی بماند و درهمان نقطه ختم شود، مورنهای جبهه‌ای به‌مقدار زیاد روی هم قرار خواهند گرفت و حتی ممکن است در پشت آنها دریاچه‌ای تشکیل شود.

عمل فرسایشی یخچالها

یخچال با نیروی زیادی سنگهای بستر خود را فرسایش می‌دهد و این کار به‌وسیله مورنها صورت می‌گیرد. مورنها در زیر و اطراف یخچال به‌طور ثابت در یخ قرار دارند و همچنان که با یخ به‌جلو می‌روند، بستر یخچال را می‌سایند. ذرات شن مانند سنباده عمل می‌کنند و سبب صاف و صیقل شدن بستر یخچال می‌شوند. مورنهای درشت‌تر در سنگهای بستر خطوط موازی نقر می‌کنند. این خطوط امتداد حرکت یخچال را نشان می‌دهند. بدیهی است که مورنها خود نیز مخطط می‌شوند. مخطط بودن یکی از مشخصات رسوبات یخچالی است.

شکل ۲ ــ ۱۱ ــ در منطقهٔ عمل یخچالها، قلل عموماً بریده شده و نوک تیزند.

یخچالهای قطبی چون نواحی کوهستانی را یکسره می‌پوشانند، از ارتفاع قلل می‌کاهند و آنها را صاف و ساییده می‌کنند (در حالی که یخچالهای دره‌ای ارتفاعات را می‌برند و آنها را تیزتر می‌کنند).

رسوبات یخچالی

موادی که توسط یخچال حمل می‌شوند، بالاخره ته‌نشین می‌گردند. یعنی یخچال نیز کاری مشابه کار آبهای جاری صورت می‌دهد. اما آبهای جاری موقعی مواد را ته‌نشین می‌کنند که از سرعت جریان آنها کاسته شود، در صورتی که کاهش سرعت حرکت یخچال تأثیری در عمل رسوبگذاری ندارد و ته‌نشین شدن مواد حمل شده به‌وسیلهٔ یخچال را باید نتیجهٔ مستقیم ذوب یخ و برف دانست.

موادی که به‌وسیلهٔ یخچال رسوبگذاری می‌شوند دو دسته‌اند:

۱ ــ موادی که در موقع ته‌نشین شدن، صورت لایه‌لایه به‌خود نمی‌گیرند و شامل ذرات میکروسکوپی تا سنگهایی به‌وزن چندین تن هستند که با هم مخلوط شده‌اند. این مواد را جمعاً رسوبات درهم یخچالی (تیل) می‌نامند.

۲ ــ در آبی که در نتیجهٔ ذوب یخ، در زیر یخچالها جاری می‌شود، رسوبات دانه‌ریزی وجود دارند که آنها را باید رسوبات مطبق یخچالی نامید. این رسوبات کمابیش صورت لایه‌لایه دارند.

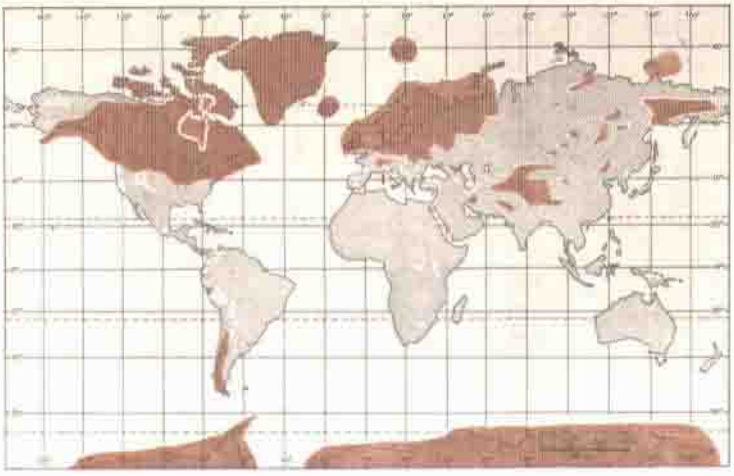
عصرهای یخبندان

زمین‌شناسان معتقدند که در گذشته، در روی زمین یخبندانهای شدیدی اتفاق افتاده است و گسترش یخچالها بسیار بیشتر از امروز بوده و چندین بار نیز پیشروی و پسروی کرده‌اند.

آنچه عقیده وجود یخچالهای قدیمی را محکم می‌کند این است که بعضی از پدیده‌ها در طبیعت وجود دارند که فقط توسط یخچال ممکن است رخ دهد. مثلاً هیچ جریان آبی قادر نیست که بعضی از قطعه سنگهای بسیار بزرگ را به‌حرکت درآورد. به‌ویژه این که بعضی از آنها در بالای ارتفاعاتی واقع شده‌اند که رود فقط در موقع طغیان می‌تواند به‌آن نزدیک شود.

بعضی از محققین ثابت کرده‌اند که یخچالها در طی یک میلیون سال گذشته چهاربار گسترش یافته‌اند و متناوباً عصرهای یخبندان و بین یخبندان را پیش آورده‌اند. هر عصر یخبندان ۳۰ تا ۱۰۰ هزار سال و هر عصر بین یخبندان از ۱۰۰ تا ۲۰۰ هزار سال طول کشیده است. برخی از زمین‌شناسان بر این عقیده‌اند که آخرین عصر یخبندان یازده‌هزار سال قبل تمام شده و ما اکنون در حال گذراندن یک عصر بین یخبندان هستیم و بار دیگر پس از پنجاه‌هزار سال عصر یخبندان دیگری آغاز خواهد شد. اما عده‌ای دیگر معتقدند که این عصر بین یخبندان میلیونها سال طول خواهد کشید.

از عصرهای یخبندان و بین یخبندان، دو دوره آن به‌خصوص خیلی واضح است، زیرا دو نوع رسوب یخچالی مربوط به‌آن دو دوره بر جای مانده است. یکی رسوبات تحتانی خاکستری‌رنگ و دیگری رسوبات فوقانی قرمزرنگ، که در دو زمان مختلف تشکیل شده‌اند.



شکل ۳ ــ ۱۱ ــ انتشار یخچالهای قدیمی در روی زمین.

علل یخبندانها

تاکنون فرضیه‌های زیادی در مورد چگونگی به‌وقوع پیوستن یخبندانها بیان شده است که هیچ یک قانع‌کننده نیست. مهمترین آنها عبارتند از:

۱ ــ شمال اروپا و امریکای شمالی که در گذشته از یخچالها پوشیده شده بودند، نسبت به‌بقیه نقاط دنیا مرتفع‌تر و در نتیجه سردتر بوده‌اند.

۲ ــ آبهای حاصل از ذوب یخ اقیانوس منجمد شمالی تبخیر و سبب ریزش برفهای زیادی شده است. از این برفها یخچالهایی تشکیل شده‌اند.

۳ ــ پیدایش انحراف محور زمین نسبت به‌سطح مدارش، علت سردشدن بعضی از مناطق زمین و تشکیل یخچالها در آن مناطق بوده است.

۴ ــ خاکسترها و غبارهای آتشفشانی فراوان که همزمان با تشکیل یخچالها پراکنده شده‌اند، جلو نور و گرمای خورشید را گرفته و سبب سردشدن مناطقی از زمین شده‌اند.

۵ ــ مقدار انرژی گرمایی که از خورشید به‌زمین می‌رسد در زمانهای مختلف فرق می‌کند. وقتی که این انرژی به‌حداقل برسد، یخبندان اتفاق می‌افتد.

خلاصه

۱ ــ در هر نقطه از زمین که دمای هوا در طول سال از صفر بالاتر نرود، یخچال تشکیل می‌شود. بدین‌ترتیب محل تشکیل یخچالها محدود به‌ارتفاعات و نواحی قطبی زمین می‌گردد.

۲ ــ یخچال هم مانند آب حرکت می‌کند، ولی حرکت یخچال را به‌علت کندی آن، باید به‌کمک

شواهدی معلول داشت. طبیعی است علت اصلی حرکت یخچال وارد آمدن نیروی جاذبه زمین به‌یخ است. در ضمن همهٔ یخچالها به‌سوی دریا روانند.

۳ ــ یخچال موادی را که از کف یا اطراف بستر خود می‌کند، با خود به‌همراه می‌برد. این مواد را مورن گویند. مورنها پس از ذوب یخچال بر جای می‌مانند و رسوبات یخچالی را به‌وجود می‌آورند.

۴ ــ در فاصله یک میلیون سال گذشته یخبندانهای متناوبی در روی زمین رخ داده است که آخرین آنها در ۱۱ هزار سال پیش پایان یافته است و دانشمندان برای بروز این یخبندانها علل و دلایل مختلفی ذکر می‌کنند. ولی البته اطمینانی دربارهٔ هیچ‌کدام از گفته‌های آنان به‌طور دقیق وجود ندارد.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ کوههای یخ چگونه تشکیل می‌شوند؟

۲ ــ می‌دانید سطح یخ بسیار صاف است. در این صورت یخچال چگونه می‌تواند عمل فرسایشی داشته باشد؟

۳ ــ رسوبات یخچالی را به‌چه ترتیب می‌توان از رسوبات رودخانه‌ای تمیز داد؟

۴ ــ شکافهای یخچالی هرگز تا ته یخچال امتداد ندارند. به‌نظر شما علت چیست؟

۵ ــ برخلاف نظر بیشتر مردم، میزان بارش برف در نواحی قطبی نسبت به‌نقاط دیگر بسیار کمتر است. به‌نظر شما علت چیست؟

۶ ــ آیا یخچال عمل فرسایش را به‌تندی انجام می‌دهد یا به‌کندی؟

منابعی برای مطالعه بیشتر

۱ ــ فرسایش و دگرگونی زمین، ویکوف، ژرم، ترجمهٔ ایرانی، احمد ۱۳۴۴.

۲ ــ مبانی زمین‌شناسی، اوبروچف، ترجمهٔ قریب، عبدالکریم، ۱۳۴۸.

۳ ــ زمین‌شناسی عمومی ، معتمد، احمد

۴ ــ فرآیندهای بیرونی تغییر دهندهٔ زمین، صداقت محمود، دانشگاه آزاد ایران، ۱۳۵۸.

۱۲

باد

باد عاملی است که در تغییرات سطح زمین تأثیری به‌سزا دارد، چون مسلماً جایی در روی زمین وجود ندارد که در آنجا باد نوزد. فعالیت این عامل تغییردهنده، گسترشی وسیع دارد. اثر باد به‌ویژه در صحاری، از تأثیر آن در سایر مناطق بیشتر است، زیرا اولاً تغییرات سریع دمای هوا موجب تشکیل بادهای قوی دائمی می‌شود، ثانیاً نبودن موانع طبیعی و پوششهای گیاهی وزش باد را در صحرا آزادتر و آسانتر می‌کند. باد در بیابانهای صاف تقریباً در تمام مدت سال می‌وزد و آنگاه که به‌صورت طوفانهای شدید درآید تأثیرش چندین برابر می‌شود.

عمل باد

باد به‌سبب جابه‌جا کردن مواد، ایجاد خراش و ساییدگی در سنگها، پدید آوردن تپه‌های ماسه‌ای و تشکیل رسوبات بادی، پیوسته سطح زمین را تغییر می‌دهد.

جابه‌جا شدن مواد به‌وسیلهٔ باد ــ باد، مواد موجود در سطح زمین را از جایی برمی‌دارد و در جای دیگر انباشته می‌کند. بنابراین موادی از قبیل ماسه و رس که در نواحی خشک به‌وسیلهٔ گیاهان محافظت نمی‌شوند، توسط باد به‌آسانی جا به‌جا می‌شوند. باد در مناطق خشک، سبب از دست رفتن قابلیت کشت زمینهای زراعتی می‌شود، زیرا با جابه‌جا کردن قشر سطحی و حاصلخیز خاک، این‌گونه زمینها را غیرقابل استفاده می‌کند.

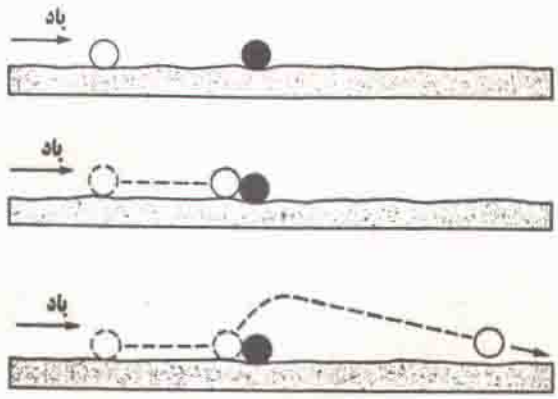
موادی که توسط باد نقل مکان پیدا می‌کنند، برحسب وزنشان یکی از این سه نوع حرکت

را دارند: حرکت به‌حالت معلق، حرکت جهشی و حرکت چرخشی.

باد ذراتی را که قطرشان از ۰/۰۶ میلیمتر کمتر است می‌تواند به‌حالت معلق جا به‌جا کند. حتی ضعیف‌ترین نسیمها قادرند که گرد و غبار را در هوا معلق کنند. گاهی اتفاق افتاده است که مدتی طولانی این مواد در هوا معلق مانده، یا هزاران کیلومتر از محل اصلی دور شده‌اند.

شکل ۱ ــ ۱۲ ــ وقتی که طوفان غبار برمی‌خیزد، هوا مانند شب تاریک می‌شود.

باد به‌ذرات و دانه‌هایی که قطرشان بین ۰/۰۶ تا ۲ میلیمتر است حرکت جهشی می‌دهد و برای انتقال آنها باید سرعتش تقریباً ۲۰ کیلومتر در ساعت باشد. مثلا هنگامی که دانه‌های ماسه به‌وسیلهٔ باد جابه‌جا می‌شوند حرکت جهشی دارند. از مشاهدهٔ طوفانهای ماسه معلوم شده است که حتی در موقع وزش شدیدترین بادها نیز دانه‌های ماسه از یک متری سطح زمین دورتر نمی‌شوند.

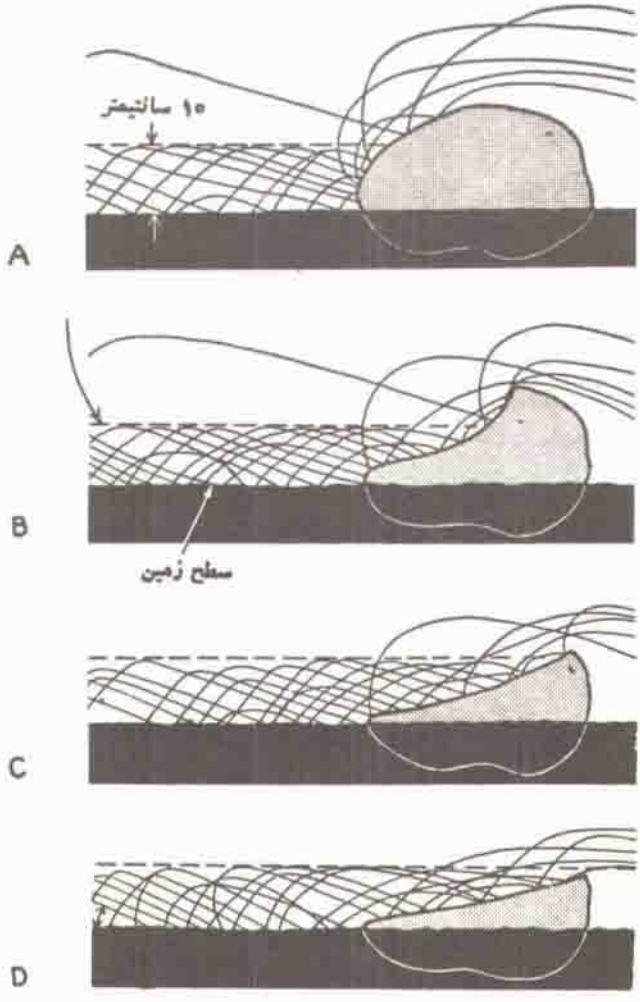


شکل ۲ ــ ۱۲ ــ وزن دانهٔ ماسه معمولا بیش از آن است که باد بتواند آن را به‌هوا بلند کند. دانه‌های ماسه فقط حرکت جهشی دارند.

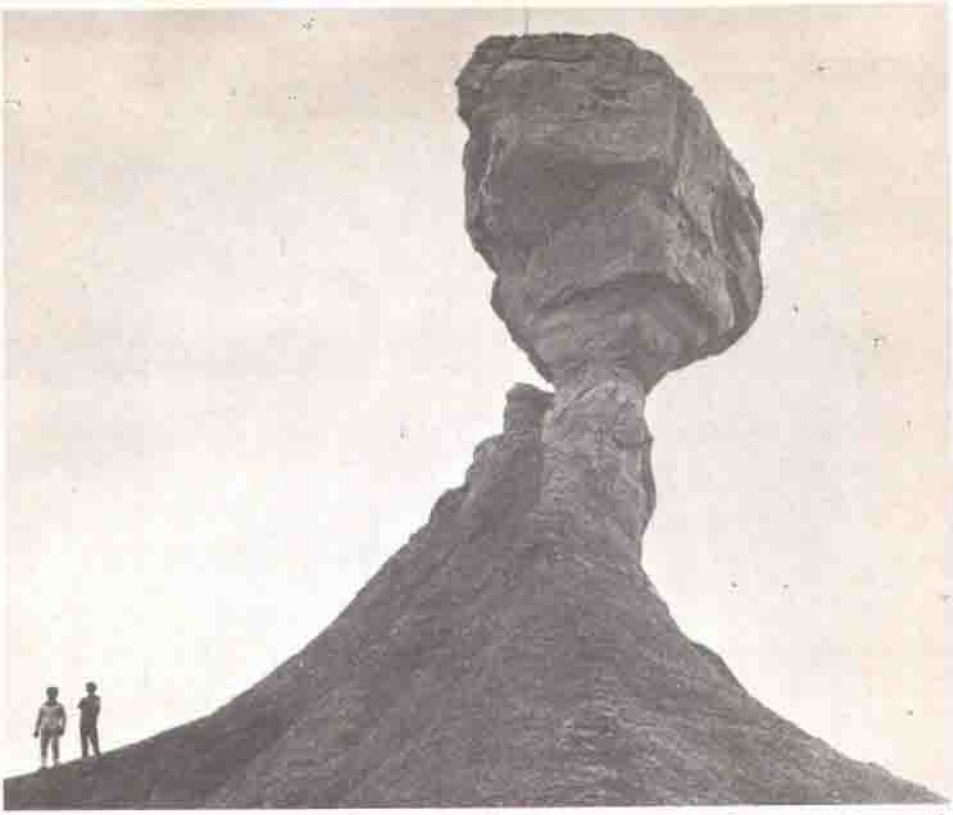
وقتی که ذرات ماسه به‌هوا بلند شوند، تحت‌تأثیر دو نیرو واقع می‌شوند: یکی نیروی کشش زمین که آنها را به‌سوی زمین می‌کشاند و دیگری نیروی باد که هرچه بیشتر ذرات مزبور را به‌جلو می‌برد. اگر در این حال دانهٔ ماسه به‌زمین افتد، باد باز هم آن را به‌جلو می‌غلتاند.

باد دانه‌های درشت را هرگز از زمین بلند نمی‌کند، بلکه به‌آنها مانند سنگریزه‌های بستر رود که تحت تأثیر جریان آب قرار می‌گیرند حرکت چرخشی می‌دهد و آنها را در سطح زمین می‌غلتاند. شاید در جریان یک طوفان $\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{4}$ ذرات بدین طریق جابه‌جا می‌شوند.

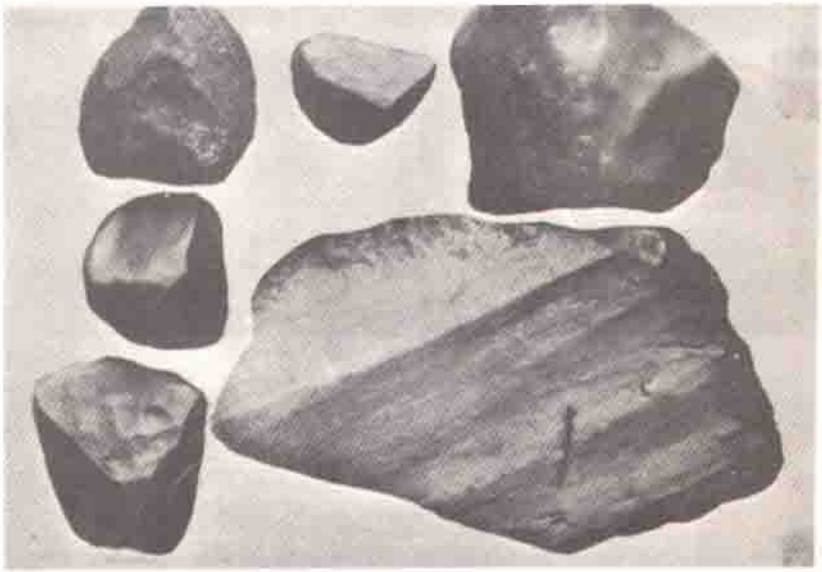
ساییده شدن سنگها به‌وسیلهٔ باد ــ باد ذرات ماسه‌ای را که جابه‌جا می‌کند، بر تخته سنگهای مسیر خود می‌کوبد. این ذرات نوکهای تیز دارند و هنگام برخورد با سنگها آنها را می‌سایند و خراش می‌دهند.



شکل ۳ ــ ۱۲ ــ ذرات ماسه سطح سنگها را می‌خراشند.



شکل ۴ ــ ۱۲ ــ ماسه‌هایی که به‌وسیلهٔ باد حمل می‌شوند گاهی سبب پدید آمدن شکلهای جالبی در سطح زمین می‌شوند. این برجستگی قارچی شکل واقع در شمال بندرعباس از آن جمله است.



شکل ۵ ــ ۱۲ ــ این قطعه سنگها بر اثر عمل باد چنین لبه‌های تیزی پیدا کرده‌اند.

خراشهایی که به‌وسیلهٔ ذرات ماسه در سنگها حاصل می‌شود، تا فاصله‌ای است که این دانه‌ها به‌هوا بلند می‌شوند. این فاصله از ارتفاع یک متر تجاوز نمی‌کند. اثر فرسایشی ذرات ماسه در ۵۰ سانتیمتر اولیهٔ نزدیک به‌سطح زمین شدیدتر است. برخورد متوالی ذرات مزبور برروی سنگهای بیابانی باعث صاف و صیقلی شدن سطحی از این سنگها می‌شود که در جهت وزش باد است.

در سطح فرسایش یافتهٔ سنگ ممکن است شیارها و لبه‌های تیزی نیز پدید آید و سنگ چند سطحی شود. در این صورت مسلم می‌شود که جهت وزش باد هر چند یک بار عوض شده است. این قبیل سنگها را باد ساخته (Ventifact) نام نهاده‌اند.

اگر در بعضی از نقاط جنس سنگی که در معرض فرسایش باد قرار دارد نرم باشد، در آنجا فرورفتگیهای هلالی‌شکلی ایجاد می‌شود که لبه‌های تیز بین آنها را یاردانگ (واژه ترکستانی) گویند.

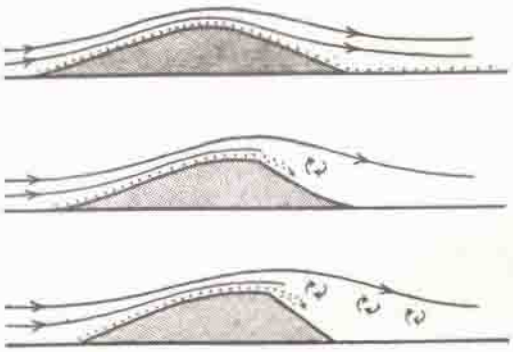
شکل ۶ ــ ۱۲ ــ یاردانگ

تشکیل تپه‌های ماسه‌ای به‌وسیلهٔ باد ــ باد ذرات ماسه را که با خود حمل می‌کند سرانجام به‌صورت تپه‌هایی برجای می‌گذارد. این تپه‌ها وقتی تشکیل می‌شوند که حرکت ذرات ماسه را وجود مانعی موقتاً متوقف کند. این مانع ممکن است یک برجستگی طبیعی در سطح زمین، قطعه‌ای سنگ، یک بوته، دیوار و یا خانه باشد. گاهی نیز ممکن است علت تجمع شنها قطع نیروی محرکهٔ آنها یعنی باد باشد.

ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای گاهی یک تا دو متر بیشتر نیست و گاهی نیز این تپه‌ها وسعت و بلندی بسیار پیدا می‌کنند، چنان‌که در جنوب ایران، تپه‌های ماسه‌ای به‌ارتفاع ۲۰۰ متر و وسعت ۱۰۰۰ متر مربع یافته می‌شوند. با مشاهدهٔ نیمرخ تپه‌های ماسه‌ای معلوم می‌شود که این تپه‌ها در جهت وزش باد شیب ملایم (۵ تا ۱۵ درجه) و در طرف دیگر شیب تند دارند (۳۴ درجه). باد ذرات شن را در سراشیبی ملایم بالا می‌برد و وقتی که ذرات به‌قلهٔ تپه می‌رسند خود به‌خود پایین می‌ریزند. تپه‌های ماسه‌ای به‌همین شکل می‌توانند جابه‌جا شوند و مزارع، جاده‌ها و آبادیها را بپوشانند. تپه‌های ماسه‌ای اغلب در صحاری و سواحل دریاها تشکیل می‌شوند.

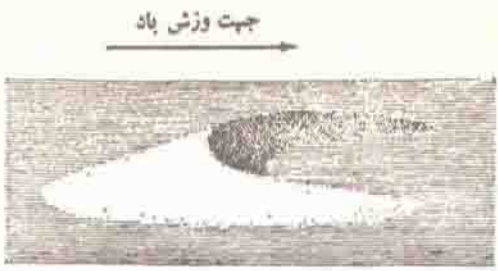
شکل ۷ ــ ۱۲ ــ تپه‌های ماسه‌ای در کویر مرکزی
(عکس از نیکل فریدنی)

تپه‌های ماسه‌ای صحرایی ــ در صحاری خشک، مانند صحرای کبیر افریقا، صحرای عربستان، کویر لوت ایران و صحرای ترکستان تپه‌های ماسه‌ای هلالی شکلی به‌نام برخان (واژهٔ ترکستانی) تشکیل می‌شود. برخانها به‌تدریج در جهت وزش باد نقل مکان می‌یابند. برخانهای کوچکتر سالانه ۲۰ متر و برخانهای بزرگتر تقریباً سالی ۱۰ متر جابه‌جا می‌شوند. حداکثر ارتفاع برخانها را ۳۰ متر و وسعت آنها را ۳۰۰ متر مربع تعیین نموده‌اند. برای تشکیل برخان وجود شرایطی از قبیل



شکل ۸ ــ ۱۲ ــ تپه‌های ماسه‌ای در جهت وزش باد شیب ملایم و در طرف دیگر شیب تند دارند.

وزش مداوم باد از یک جهت، زمین مسطح و نسبتاً سخت، مقدار کمی ماسه و فقدان گیاهان لازم است.



شکل ۹ ــ ۱۲ ــ برخانها تپه‌های منفرد و هلالی شکلند که در جهت وزش باد تشکیل می‌شوند.

تپه‌های ماسه‌ای ساحلی ــ در بعضی از سواحل مانند سواحل شمال ایران تپه‌های ماسه‌ای تشکیل می‌شوند که شیب ملایم آنها به‌طرف دریاست. تشکیل این تپه‌ها به‌سبب وجود بادهای منظم ساحلی است که ماسه‌ها را به‌سوی خشکی می‌رانند. این ماسه‌ها پس از برخورد با مانع برروی آن انباشته می‌شوند. در اغلب سواحل وجود گیاهان زیاد، مانع پیشرفت تپه‌های ماسه‌ای می‌شود. اما در سواحلی که مقدار گیاهان کم است این تپه‌ها در امتداد عمود برخط ساحلی به‌سوی خشکی روان می‌شوند. برای تشکیل تپه‌های ماسه‌ای ساحلی وجود شرایطی از قبیل سواحل پست غیرسنگی و ماسه‌های نرم و خشک لازم است.

شکل ۱۰ ــ ۱۲ ــ تپه‌های ماسه‌ای در حین حرکت، آبادیها را تهدید می‌کنند.
(اطراف یزد)

تشکیل رسوبات بادی ــ نواحی وسیعی از چین، شمال اروپا، مرکز امریکا و بسیاری از نقاط دیگر دنیا را خاکهای نرمی به‌نام لس (Loess)تشکیل داده‌اند که گاهی ضخامتشان به‌صد متر می‌رسد. لسها خاکهای حاصلخیز زرد رنگی هستند که شکل لایه لایه ندارند و از اجتماع ذرات مختلفی چون کوارتز، فلدسپات، کلسیت، میکا، کانیهای آهن و منیزیم‌دار و مقدار زیادی کانیهای رس‌دار به‌وجود آمده‌اند.

شکل ۱۱ ــ ۱۲ ــ تشکیلات لس اغلب پس از بریده‌شدن، سالها همچنان به‌صورت قائم باقی می‌مانند.

اغلب زمین‌شناسان معتقدند که لسها به‌وسیلهٔ باد رسوبگذاری می‌شوند. دلایلی که این زمین‌شناسان برای اثبات عقیدهٔ خود ارائه می‌دهند از این قرار است: یکی آن که ذرات تشکیل‌دهندهٔ لس خیلی دانه ریزند و مانند گرد و غبار می‌توانند جابه‌جا شوند. دیگر آن که لس در روی تپه‌ها، دشتها و دره‌ها گسترده شده است که خود نشانه‌ای از عمل باد است. دیگر آن که وجود صدف نرم‌تنان هوازی مانند حلزون (گونه Helix) در لسها این تصور را که ممکن است لس به‌وسیلهٔ آب به‌جای گذاشته شده باشد خیلی ضعیف می‌کند.

بیابانها

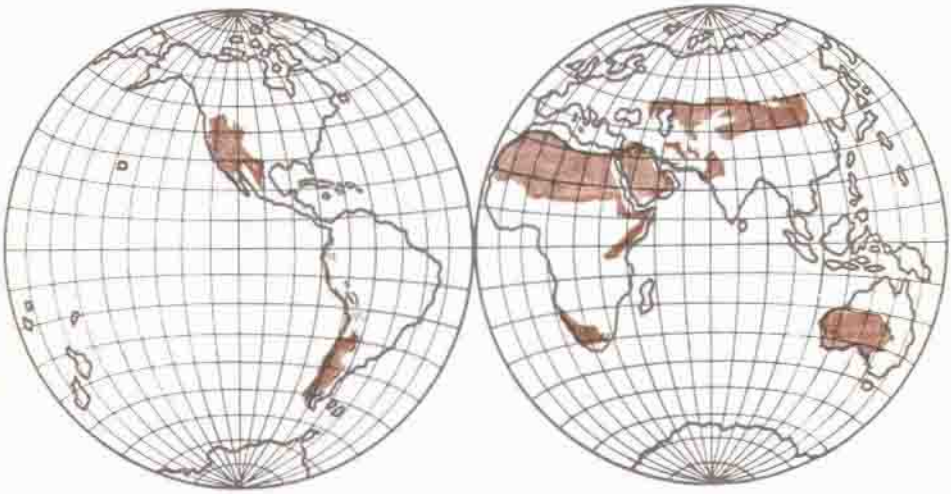
بیابانها حاصل تغییرات آب‌وهوایی هستند و به‌عامل یا فرآیند زمین‌شناسی خاصی مربوط نمی‌شوند، ولی البته باد رابطهٔ نزدیکی با آنها دارد.

بیابان اصولا ناحیه‌ای است که میزان بارندگی سالانه‌اش از ۲۵ سانتیمتر تجاوز نمی‌کند، و چون وجود جانداران به‌میزان رطوبت بستگی دارد، در بیابان تعداد موجودات زنده کم است.

براساس این تعریف بسیاری از نقاط مرتفع کوهستانی و مناطق قطبی پوشیده از یخ و برف هم شرایط بیابانی می‌یابند. اما از یک جهت، بیابان واقعی جایی است که مقدار تبخیر در آن از میزان بارندگی سالانه زیادتر باشد که با این ترتیب فقط نقاط خشک را باید بیابانی شمرد.

انتشار و منشأ ــ بیابانهای بزرگ زمین در حدود عرضهای جغرافیایی °۲۵ شمال و °۲۵ جنوب قرار دارند، زیرا در این مناطق بادهایی می‌وزند که رطوبت را به‌همراه خود می‌برند و زمین را خشک می‌کنند.

بیابانهای مهم دنیا را می‌توان به‌دو دسته تقسیم کرد: یکی آنها که به‌علت دوری از دریا یا احاطه شدن توسط کوههای مرتفع به‌رطوبت دسترسی ندارند (صحرای شمال تبت و کشمیر در غرب چین دور از دریا هستند و صحراهای ایران، ایالات متحده و غرب آرژانتین به‌وسیله کوههای مرتفع احاطه شده‌اند). دیگر، آنهایی که به‌علت وزش بادهای خشک، رطوبت اندک خود را هم از دست می‌دهند. بادهایی که در نقاط بیابانی می‌وزند گرم می‌شوند و هوای گرم نسبت



شکل ۱۲ ــ ۱۲ ــ بیابانهای مهم دنیا در حدود عرضهای جغرافیایی °۲۵ قرار دارند.

به‌هوای سرد می‌تواند رطوبت بیشتری را در خود نگهدارد و تا مجدداً سرد نشود، آن رطوبت را پس نمی‌دهد. صحراهای شمال افریقا، عربستان، ویکتوریا در استرالیا، کالاهاری در جنوب افریقا، سونورا در شمال مکزیک و صحراهای شیلی و پرو به‌همین ترتیب ایجاد شده‌اند.

دما ــ دمای بیابان در شبانه‌روز و در فصول مختلف سال، تغییرات زیادی را متحمل می‌شود. چنانکه، ممکن است در روز دما به ۴۰ درجه سانتیگراد برسد و در شب به‌صفر نزدیک شود. بالاترین دمای نقاط بیابانی در دره‌ای واقع در ایالت کالیفرنیای امریکا (Dead valley)، برابر ۵۶ درجه سانتیگراد در سایه اندازه‌گیری شده است. در بیابان هوا عموماً صاف و آفتابی است. میزان رطوبت نسبی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد است. اغلب به‌هنگام بعدازظهر و اوایل شب باد می‌وزد و چون

در روی زمین پوشش گیاهی وجود ندارد، بادها مقدار زیادی خاک با خود حمل می‌کنند. علت پیدایش بادها را هم قاعدتاً گرم شدن سریع زمین به‌هنگام روز و پیدایش جریانهای صعودی هوا باید دانست.

جنس خاک ــ به‌علت کمبود رطوبت در محیط بیابان، میزان هوازدگی در آنجا زیاد نیست و آنچه هست بیشتر از نوع مکانیکی است که بر اثر انقباض و انبساط سنگها به‌علت تغییرات دمای هوا صورت می‌گیرد، یا حاصل سقوط سنگها از بلندیهاست. البته وزش باد و حمل ماسه‌ها هم می‌تواند باعث خراشیدگی سطح سنگها شود.

شکل ۱۳ ــ ۱۲ ــ اغلب بیابانهای روی زمین دارای جنین پوشش سنگی هستند.

ناچیز بودن فرآیند هوازدگی باعث می‌شود که نوع خاک بیابان مخصوص به‌خود این محیط باشد. در بیابان به‌ندرت خاک تشکیل می‌شود، زیرا وزش مداوم بادها، عدم وجود پوشش گیاهی و جاری شدن سیلابهای گاه و بیگاه سبب می‌شود که خاک به‌جای دیگر انتقال یابد. خاکهای اندک نقاط بیابانی هم فاقد گیاخاک‌اند که در مناطق مرطوب یافت می‌شود. اما در این خاکها، مقدار زیادی مواد محلول از قبیل کلسیت، ژیپس و حتی نمک طعام وجود دارد، زیرا آب کافی برای حل کردن این مواد موجود نیست.

گاهی تصور می‌رود که در بیابان حتماً باید تپه‌های ماسه‌ای یافت شود، در حالی که در بیشتر صحاری دنیا چنین نیست. همچنان که، فقط یک هفتم از صحرای کبیر افریقا تپه ماسه‌ای دارد و بیشترش را پوشش سنگی تشکیل می‌دهد. در صحرای عربستان هم فقط در حدود ۳۵ درصد از سطح زمین را ماسه می‌پوشاند. اصولا ماسه‌ها را بیشتر در نقاطی می‌توان یافت که منبعی از آنها (از قبیل بستر خشکیده رود، ساحل و غیره) در نزدیکی صحرا وجود داشته باشد.

خلاصه

۱ ــ از آنجا که تقریباً در تمام نقاط زمین باد می‌وزد، طبعاً اثر آن را در بسیاری از مناطق می‌توان مشاهده کرد.

۲ ــ باد سبب جا به‌جا شدن مواد، ایجاد فرسایش و سایدگی در سنگها و پدید آوردن تپه‌های ماسه‌ای و رسوبات خاصی می‌گردد. هرچه سرعت وزش باد بیشتر باشد، دانه‌های درشت‌تری را می‌تواند جا به‌جا کند.

۳ ــ موادی که با کمک باد نقل مکان می‌یابند، معمولاً در روی زمین می‌غلتند یا آن که در فاصلهٔ کمی از سطح زمین جا به‌جا می‌شوند. ذرات ماسه‌ای که به‌وسیلهٔ باد جا به‌جا می‌شوند، می‌توانند در سطح سنگها خراشیدگی پدید آورند.

۴ ــ وقتی که از نیروی باد کاسته شود، مواد حمل شده، بر جای گذارده می‌شوند. تشکیل تپه‌های ماسه‌ای هم به‌همین ترتیب صورت می‌گیرد. البته در اغلب موارد، وجود موانعی در روی زمین، عمل تجمع ماسه‌ها و تشکیل تپه‌های ماسه‌ای را آسانتر می‌کند. تپه‌ها عموماً یا در صحراها تشکیل می‌شوند، یا در سواحل مسطح.

۵ ــ بیابان ناحیه‌ای است که مقدار بارندگی سالانه‌اش از ۲۵ سانتیمتر تجاوز نکند. بیابانهای بزرگ زمین در حدود عرضهای جغرافیایی ۲۵ درجه شمال و جنوب قرار دارند.

پرسش و خودآزمایی

۱ ــ سرعت حرکت باد از سرعت حرکت آب خیلی بیشتر است، با وجود این عمل فرسایشی آب شدیدتر است. چرا؟ (برای جواب به‌این پرسش از فرمول $F = mv^2$ استفاده کنید.)

۲ ــ همهٔ تپه‌های ماسه‌ای، شکلی مشابه هم دارند، یعنی شیبی ملایم به‌طرف باد و شیبی تندتر در جهت خلاف آن. دلیل پیدایش چنین شکلی چیست؟

۳ ــ چرا تپه‌های ماسه‌ای بیشتر در بیابانها یافت می‌شوند تا در نقاط دیگر؟

۴ ــ از چه راههایی می‌توان جلوی حرکت تپه‌های ماسه‌ای را گرفت؟

منابعی برای مطالعه بیشتر

۱ ــ فرسایش و دگرگونی زمین، ویکوف زرم. ترجمهٔ احمد ایرانی، ۱۳۴۴

۲ ــ مبانی زمین‌شناسی، اوبروچف، ترجمهٔ عبدالکریم، قریب ۱۳۴۸

۳ ــ فرآیندهای بیرونی تغییر دهندهٔ زمین، صداقت محمود، دانشگاه آزاد ایران، ۱۳۵۸.

ضمیمه

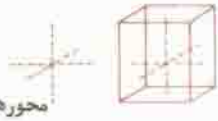
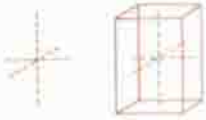
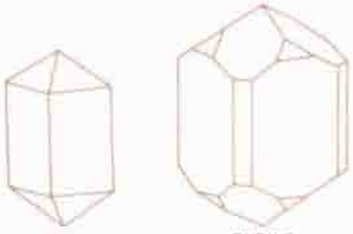
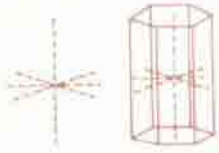
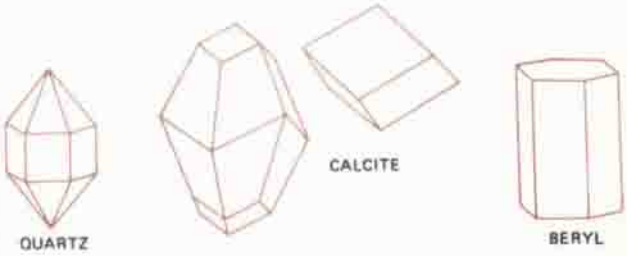
بلور کانیها

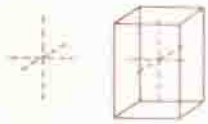
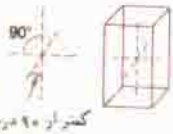
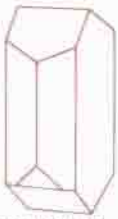
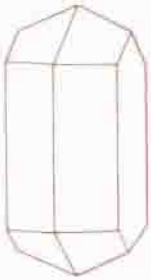
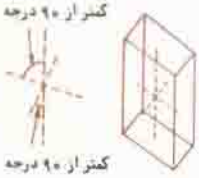
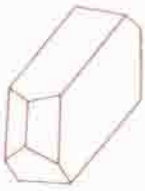
بلورها اشکال هندسی منظمی هستند که در آنها سطوح صاف، یالها و گوشه‌هایی را می‌توان یافت. سطوح بلور با سطوحی که اتمها در امتدادشان ردیف شده‌اند موازیند. بدین ترتیب شکل ظاهری هر بلور تا حدی بازگو کنندهٔ انتظام اتمی درون آن است و این انتظام نوع یا انواعی از تقارن را در بلور پدید می‌آورد.

بلورها دارای تقارن سطحی، محوری و مرکزی‌اند. سطح تقارن سطحی فرضی است که بلور را به‌دو نیمهٔ مساوی تقسیم می‌کند و اجزای یک نیمه دقیقاً در نیمهٔ دیگر یافت می‌شود. محور تقارن خطی فرضی است که وقتی بلور را حول آن دوران کامل می‌دهیم (۳۶۰ درجه)، ظاهری مشابه را بیش از یک بار در بلور می‌بینیم. براساس درجه تقارن این ظاهر مشابه ممکن است در یک چرخش کامل ۴،۳،۲ یا ۶ بار تکرار شود. به‌همین سبب محورها را درجه ۴،۳،۲ یا ۶ می‌نامند. مرکز تقارن هم نقطه‌ای است که سطوح، یالها و زوایای بلور دو به‌دو نسبت به‌آن قرینه‌اند.

برای بلورها، ۶ شکل یا سیستم اصلی در نظر گرفته می‌شود که عناصر تقارن در آنها متفاوتند. هر سیستم دارای یک شکل اصلی مانند مکعب یا منشور شش وجهی و غیره است، اما کمتر دیده می‌شود که یک کانی به‌شکل اصلی سیستم متبلور شده باشد (بلورهای مکعبی نمک طعام، پیریت)، بلکه اغلب روی قواعد مشخص ریاضی، مشتقاتی از آن ۶ سیستم وجود دارد که بلورها بدان صورتها دیده می‌شوند. نمونه‌هایی از اشکال سیستمهای اصلی و بعضی از مشتقات آنها را در شکل‌ها می‌بینید.

البته بعضی از کانی‌شناسان، سیستم هفتمی به‌نام رومبوئدرال (Rhombohedral) هم در نظر می‌گیرند که بلور آن ۶ وجهی و همه سطوحش لوزی است. اما پاره‌ای دیگر این سیستم را مشتق هگزاگونال می‌شمارند.

سیستم بلور	کانی نمونه
Cubic (Isometric) سه محور با طولهای مساوی که همدیگر را با زاویه ۹۰ درجه قطع می‌کنند .  محورها	 HALITE FLUORITE PYRITE GALENA DIAMOND MAGNETITE GARNET
Tetragonal سه محور که طول دوتای افقی مساوی است . محور قائم طویلتر یا کوتاهتر از محورهای افقی است . 	 ZIRCON RUTILE
Hexagonal چهار محور که طول سه‌تای افقی آنها مساوی است و همدیگر را با زاویه ۶۰ درجه قطع می‌کنند . محور قائم درازتر یا کوتاهتر از محورهای افقی است 	 QUARTZ CALCITE BERYL

سیستم بلور	کانی نمونه
Orthorhombic سه محور با طولهای نامساوی که همدیگر را با زاویه ۹۰ درجه قطع می‌کنند . 	 STAUROLITE STAUROLITE BARITE
Monoclinic سه محور با طولهای نامساوی . دو محور با هم زاویه حاده‌دارند، محور سوم عمود بر آنهاست .  کمتر از ۹۰ درجه	 ORTHOCLASE  GYPSUM
Triclinic سه محور با طولهای نامساوی که همدیگر را با زوایای نامساوی قطع می‌کنند . کمتر از ۹۰ درجه  کمتر از ۹۰ درجه	 PLAGIOCLASE

پاره‌ای ازمشخصات کانیهای معروف

نام وفرمول شیمیایی	درجهٔ سختی	وزن مخصوص	رنگ	اثر بر چینی بدون لعاب	نوع شکستگی	جلا	خاصه‌های دیگر
آپاتیت $Ca_5(F, Cl)(PO_4)_3$	۵ـ۴/۵	۳/۱ـ۳/۲	قرمز،سبز، قهوه‌ای،آبی،زرد	سفید	نورش ضعیف‌دارد،شکستگی صدفی	شیشه‌ای	یکی‌از منابع‌کم‌اهمیت‌کودهاست، نوعی ازآن درجواهرسازی به‌کار می‌رود، اما نرم است
آزوریت (کربنات مس)	۴ـ۳/۵	۳/۷ـ۳/۸	آبی‌لاجوردی تا آبی‌تیره	آبی‌کمرنگ	رشته‌ای	شیشه‌ای تا خاکی	یکی ازمنابع مهم مس است ونوعی ازجواهر هم بحساب می‌آید
آسبست (پنبهٔ نسوز) یا کریزوتیل $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	۶ـ۳/۵	۲/۵	سبز، زرد، سفید	بی‌رنگ	رشته‌رشته‌می‌شود	چرب یا ابریشمی	ازآن پنبهٔ نسوز به‌دست می‌آید
آلبیت (ازفلدسپاتها) $NaAlSi_3O_8$	۶ـ۶/۵	۲/۶۲ـ۲/۷۵	سفید، صورتی - سبز	سفید	نورش در دوجهت بازاویهٔ ۹۰درجه	شفاف یاغیرشفاف	ازکانیهایی است‌که درترکیب‌سنگهای آذرین زیاد‌اند
آمفیبول (اختصاصات جورتیلاد را دارد)							
آنورتیت (از فلدسپاتها) $CaAl_2Si_2O_8$	۶ـ۶/۵	۲/۷۵	سفید، خاکستری، صورتی	سفید	نورش‌درد وجهت بازاویهٔ۹۰درجه	شیشه‌ای	درترکیب سنگهای‌آذرین یافت می‌شود
آپاتیت (اختصاصات کوارتز را دارد)							
ارتوکلاز (ازفلدسپاتها) $K(AlSi_3O_8)$	۶	۲/۵۷	سفید، خاکستری،صورتی	سفید	در دو جهت نورش خوب‌دارد	شیشه‌ای	خاصه‌های سنگهای‌آذرین را دارد
اسفالریت (سولفیدروی) ZnS	۴ـ۳/۵	۴/۱ـ۳/۹	خالص: سفید، سبز یا آهن‌زرد،قهوه‌ای‌وسیاه یافرمز	سفید تا زرد و قهوه‌ای	انعکاس‌زرد یا نارنجی۱۴۵درجه‌نورش‌دارد	صمغی	مهمترین‌کانسنگ‌روی است
الماس C	۱۰	۳/۵	بی‌رنگ،خاکستری،کمرنگ،گاهی بارنگهای دیگر	بی‌رنگ	نورش چهار وجهی دارد	شیشه‌ای،چرب	جواهراست. برای سنباده‌کاری وحفاری هم به‌کار می‌رود
آلیوین (پریدو) $(Mg, Fe)_2SiO_4$	۷ـ۶/۵	۳/۲۷ـ۴/۳۷	سبز زیتونی	سبزکمرنگ ـ سفید	صدفی	شیشه‌ای	یکی‌از کانیهای تشکیل دهندهٔ سنگهای آذرین است

نام و فرمول شیمیایی	درجهٔ سختی	وزن مخصوص	رنگ	اثر برچینی بدون لعاب	نوع شکستگی	جلا	خاصه‌های مهم
اوژیت (نوعی پیروکسن) $Ca(Mg, Fe, Al)(AlSi_2O_6)$	۵-۶	۳/۲-۳/۶	سبز تیره تا سیاه	خاکستری مایل به سبز	منشورهای آن در امتداد زاویهٔ ۹۰ درجه دردو سطح می‌شکنند	شیشه‌ای	از کانیهایی است که در ترکیب سنگهای آذرین زیاد یافت می‌شود
بورنیت (سنگ مس) Cu_5FeS_4	۳	۵/۱	برنزی ، ارغوانی که بالاخره به سیاهی می‌گراید	خاکستری تیره	نامنظم	فلزی	نوعی کانسنگ مهم مس است
نوگیت (اکسید آلومینیم آبدار) $(Al_2O_3, 2H_2O)$	۳-۴	۲/۵۵	زرد، قهوه‌ای، سفید و خاکستری	بی‌رنگ	نامنظم	خاکی	یکی از سنگ معدنهای مهم آلومینیم است و در نواحی استوایی فراوان است.
بیوتیت (میکای سیاه) $K(Mg\ Fe)_2Al\ Si_2O_{10}(OH)_2$	۲/۵-۳	۲/۸-۳/۲	سیاه، قهوه‌ای، سبز تیره	بی‌رنگ	در یک جهت لورق دارد	شیشه‌ای	در سنگهای آذرین و دگرگون شده زیاد است
پیروکسن (اوژیت را ببینید)							
پیریت (سولفید آهن) FeS_2	۶-۶/۵	۵/۰۲	زرد	سیاه مایل به سبز یا قهوه‌ای	نامنظم	فلزی	درساختن اسیدسولفوریک به‌عنوان منبع گوگرد به‌کار می‌رود.
تالک $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	۱	۲/۷-۲/۸	خاکستری، سفید، سبز کمرنگ	سفید	در یک جهت لورق دارد	چرب	از تغییرشکل سیلیکات منیزیم حاصل می‌شود و در سنگهای دگرگون شده زیاد است.
توپاز $Al_2SiO_4(F,OH)_2$	۸	۳/۴-۳/۶	زرد کاهی، سورمه‌ای، سبز، آبی	بی‌رنگ	در یک جهت لورق دارد	شیشه‌ای	نوعی جواهر است.
تورمالین سیلیکات دارای فرمول پیچیده	۷-۷/۵	۳-۳/۲۵	سیاه، قهوه‌ای، قرمز، سبز، زرد	بی‌رنگ	نامنظم	شیشه‌ای یا صمغی	در یگما تیتها زیاد است.
دولومیت $CaMg(CO_3)_2$	۳/۵-۴	۲/۸۵	سورمه‌ای، سفید، خاکستری، سبز، سیاه	بی‌رنگ	در سه جهت لورق دارد	شیشه‌ای تا مروارید‌ی	در سنگهای آهک دولومیتی فراوان است. ثبت به کلسیت در برابر اسید کلریدریک رقیق دیرتر تحت تأثیر واقع می‌شود.
ژیپس (گچ) $CaSO_4, 2H_2O$	۲	۲/۳۲	بی‌رنگ، سفید و در اثر ناخالصی زرد و قرمز	بی‌رنگ	دریک جهت لورق خوب دارد	شیشه‌ای	در سنگهای رسوبی فراوان است
فلوئوریت CaF_2	۴	۳-۳/۲	سفید، زرد، سبز، قرمز، ارغوانی، آبی	بی‌رنگ	لورق چهار وجهی دارد	شیشه‌ای	بعضی گونه‌ها خاصیت فلورسانس دارند. در سنگ آهکها فراوان است.

نام وفرمول شیمیایی	درجهٔ سختی	وزن مخصوص	رنگ	اثر بر چینی بدون لعاب	نوع شکستگی	جلا	خاصه‌های مهم
کائولینیت (خاک چینی) $Al_2Si_2O_5(OH)_4$	۲/۵–۲	۲/۶	سفید	بی‌رنگ	نامنظم	خاکی	ازهوا زدگی فلدسپات پدید می‌آید، جاذب‌الرطوبه شدید است
کاسیتریت (اکسید قلع) SnO_2	۷–۶	۷/۱–۶/۸	قهوه‌ای‌یاسیاه، به‌ندرت‌زرد‌وسفید	سفید تاقهوه‌ای کمرنگ	صدفی	نیمه فلزی‌تاکدر	کانسنگ‌اصلی قلع
کالکوپیریت(سولفیدآهن‌ومس) Cu_2FeS_2	۴–۳/۵	۴/۳–۴/۱	زرد برنجی	سیاه مایل به‌سبز	نامنظم	فلزی	ازکانسنگهای مس محسوب می‌شود.
کالکوسیت (سولفید مس) Cu_2S	۳/۵–۳	۵/۸–۵/۵	براق‌به‌سرب، خاکستری‌تیره	خاکستری‌تیره	صدفی	فلزی	ازکانسنگهای معروف مس است.
کرندوم (اکسیدآلومینیوم) Al_2O_3	۹	۴–۳/۱	قهوه‌ای،ارغوانی،آبی،گاهی سفید	بی‌رنگ	به‌صورت‌قطعات منتوری‌شکسته می‌شود	شیشه‌ای	درسنگهای دگرگون شده یافت می‌شود، نوعی جواهر است ؛ برای سنباده‌کاری هم به‌کار می‌رود.
کرومیت (اکسیدکروم‌وآهن) $FeCr_2O_4$	۵/۵	۴/۶	سیاه تاقهوه‌ای تیره	قهوه‌ای تیره	نامنظم	فلزی	تنها سنگ‌کروم است.
کلریت (نوعی میکای سبز) $(Mg,Fe)_5(Al,Fe)_2Si_3O_{10}(OH)_8$	۲–۲/۵	۳–۲/۶	سبز	بی‌رنگ	دارای جهت اورق کامل دارد	شیشه‌ای	یکی‌ازکانیهای موجود درسنگهای دگرگون است.
کلسدونی (نوعی کوارتز) SiO_2	۶/۷	۲/۶	سفید،خاکستری،قهوه‌ای، آبی،قرمز	سفید	صدفی	مومی	شبیه‌به‌کوارتزاست، ولی بلورهایش‌حتی‌باسیکروسکوپ هم دیده نمی‌شود.
کلسیت $CaCO_3$	۳	۲/۷	معمولاً سفیدبی‌رنگ،گاهی خاکستری، صورتی،آبی‌وزرد	بی‌رنگ	درسه‌جهت اورق دارد	شیشه‌ای	نوعی‌کانی نسبتاً فراوان است، درترکیب سنگهای آهکی شرکت می‌کند . اسیدکلریدریک برآن اثرمی‌کند.
کوارتز SiO_2	۷	۲/۶۵	بی‌رنگ،سفید و براثرناخالصی به‌رنگهای مختلف	بی‌رنگ	صدفی	شیشه‌ای	یکی‌از اجزای اصلی سنگهای آذرین است.
گالن PbS	۲/۵	۷/۶–۷/۴	سربی	سربی	درسه‌جهت اورق دارد	فلزی	کانسنگ اصلی سرب است.
گرافیت C	۲–۱	۲/۳	سیاه	سیاه	در یک جهت اورق دارد	فلزی یاخاکی	درسنگهای دگرگون یافت می‌شود.

نام وفرمول شیمیایی	درجهٔ سختی	وزن‌مخصوص	رنگ	اثر برچینی بدون لعاب	نوع شکستگی	جلا	خاصه‌های مهم
لیمونیت (اکسید آبدار آهن) $Fe_2O_3.n\,H_2O$	۵/۵ـ۵	۴ـ۳/۶	زرد، قهوه‌ای تاسیاه	زرد ـ قهوه‌ای	نامنظم	شیشه ای ـ خاکی	نوعی کانسنگ فرعی آهن است
هماتیت (اکسیدمغناطیسی آهن) Fe_2O_3	۶	۵/۱۸	سیاه	سیاه	نامنظم	فلزی	خاصیت آهن‌ربایی دارد.
موسکوویت (میکای سفید) $KAl_2Si_3O_{10}(OH)_2$	۳ـ۲/۵	۳ـ۲/۷۶	نازک: بی‌رنگ ضخیم: زردکمرنگ، قهوه‌ای، سبز وقرمز	بی‌رنگ	ورق خوب دریک جهت	شیشه‌ای	به‌عنوان طاق‌نیمه مورد مصرف دارد.
هالیت (نمک طعام) $NaCl$	۲/۵	۲/۱۶	بی‌رنگ،سفید ودراثرناخالصی زرد وقرمز وآبی	بی‌رنگ	در ۳جهت ورق دارد	شیشه‌ای	استفادهٔ خوراکی دارد.
هماتیت (اکسید آهن) Fe_2O_3	۶/۵ـ۵/۵	۵/۲۶	قرمز تا تیره تا سیاه	قرمز آجری	نامنظم	فلزی	مهمترین کانسنگ آهن است.
کوارتز نائل (از آمفیبولها) سیلیکات درهمی از Al,Ti,Mg,Na,Ca	۶ـ۵	۲/۲	سبز تیره تاسیاه	بی‌رنگ	ورق‌لعت زاویهٔ چهاردجه و ۱۲۴درجه	شیشه‌ای‌وگاهی ابریشمی	درسنگهای آذرین دگرگون یافت می‌شود.
الوین $R_2R'_2(SiO_4)_2$ R ممکن است Mg,Fe و R' یا Ti,Fe,Al,Cr باشد	۷/۵ـ۶/۵	۴/۳ـ۳/۲	قرمز،قهوه‌ای،زرد،سفید،سبز	بی‌رنگ	نامنظم	شیشه‌ای	درسنگهای دگرگون شده زیاد است و نوعی جواهر است.