۴ زمین‌لرزه

زمین‌لرزه یکی از مخرّب‌ترین پدیده‌های طبیعی است که در طول تاریخ همواره خسارات جانی و مالی فراوانی به‌همراه داشته است.

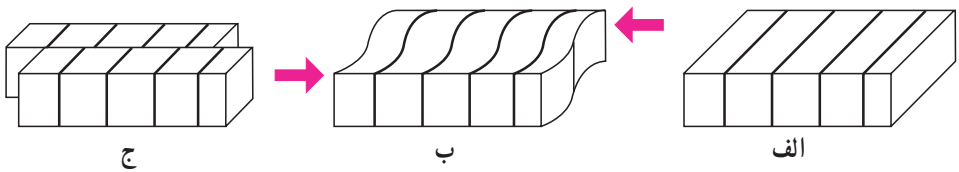
کشته‌شدن ۸۳۰ هزار نفر در سال ۱۵۵۶ میلادی، ۹۰ هزارنفر در سال ۱۹۰۸ میلادی و بیش‌از ۳۵ هزارنفر درسال ۱۳۶۹ شمسی به‌ترتیب در زمین‌لرزه‌های چین، ایتالیا و رودبار، سه‌نمونه از هزاران زمین‌لرزه‌ی مخرّب ۵۰۰ سال اخیر است. مطالعه‌ی زمین‌لرزه‌ها و بررسی ویژگی‌های امواج زمین‌لرزه و چگونگی کمک‌گرفتن از امواج زمین‌لرزه‌های طبیعی و مصنوعی، در محدوده‌ی دانش **لرزه‌شناسی** قرار می‌گیرد. دانش لرزه‌شناسی در شناخت ساختمان داخلی زمین کمک زیادی به ما کرده است.

منشأ زمین‌لرزه

تقریباً تمام زمین‌لرزه‌های دنیا در حاشیه‌ی ورقه‌های سنگ‌کره رخ می‌دهند (شکل ۱۵ــ۳).

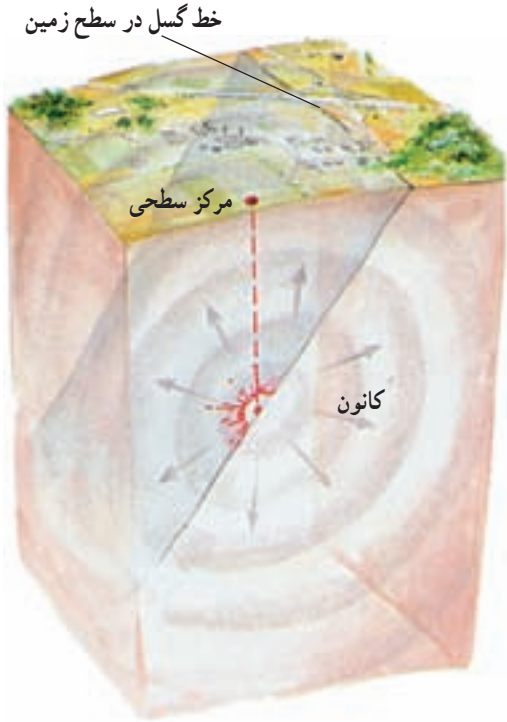
دراین مناطق نیروهایی که عموماً در نتیجه‌ی حرکت و جابه‌جایی ورقه‌های سنگ‌کره به‌وجود می‌آیند، مجموعه‌ی سنگی یک ناحیه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. مجموعه‌ی سنگی، ابتدا کمی تغییرشکل می‌دهد و انرژی حاصل از این نیروها را در خود ذخیره می‌کند تا این‌که مقدار این انرژی‌ها از آستانه‌ی مقاومت سنگ تجاوز کند و سنگ‌ها شکسته شوند (شکل ۱ــ۴).

دراین‌موقع انرژی ذخیره‌شده در سنگ‌ها، آزاد می‌شود، به‌صورت موج به اطراف حرکت می‌کند و با رسیدن به سطح زمین سبب لرزش و تخریب بناها، ریزش کوه‌ها، ایجاد ترک‌های عمیق، امواج بزرگ در دریاها و پدیده‌های مختلف دیگر می‌شود.



شکل ۱ــ۴ ــ الف) سنگ‌ها قبل از وارد شدن نیرو، ب) وارد شدن نیرو و تغییرشکل، ج) شکسته‌شدن سنگ‌ها و آزادشدن انرژی

همه‌ی زمین‌لرزه‌ها براثر شکستن سنگ‌ها ایجاد نمی‌شوند بلکه تعدادی از آن‌ها در محل شکستگی‌های قدیمی اتفاق می‌افتند. دراین مناطق، با ازدیاد نیروهای وارده، حرکاتی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌های قدیمی به‌وجود می‌آید که ضمن آزاد کردن انرژی سبب می‌شود که گسل‌ها وضعیت جدید به‌خود بگیرند. به‌همین‌دلیل است که در بررسی مناطق زلزله‌خیز، لازم است گسل‌های فعال منطقه دقیقاً مشخص شود و تاریخچه‌ی فعالیت آن‌ها درگذشته، مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۲ــ۴).



شکل ۲ــ۴ــ در لحظه وقوع زلزله، انرژی زیادی در محل کانون آزاد می‌شود.

باید توجه داشت که در یک زمین‌لرزه، تمام طول گسل جابه‌جا نمی‌شود. در یک‌زمان ممکن‌است بخش‌هایی از آن جابه‌جا شود و بخش‌های دیگر مقاومت کنند. درضمن، زمین‌لرزه معمولاً به‌صورت یک شکست منفرد و ساده‌ی سنگ به‌وجود نمی‌آید، درهر زمین‌لرزه باید از **گروه لرزه‌ها** صحبت کرد. ابتدا تعدادی لرزه‌های خفیف اتفاق می‌افتد که به آنها **پیش‌لرزه** گویند. سپس حرکت و لرزه‌ی‌اصلی به‌وقوع می‌پیوندد و پس ازآن حرکات و لرزه‌های خفیف متعادل‌کننده صورت می‌گیرد که به آن‌ها **پس‌لرزه** گویند.

فکر کنید

چرا گاهی پس‌لرزه‌ها، باوجود این‌که اغلب لرزه‌های خفیفی محسوب می‌شوند، با خرابی و تلفات همراه‌اند؟

کانون و مرکز سطحی زمین‌لرزه

باوجود این‌که امواج زمین‌لرزه در یک صفحه تولید می‌شوند، ولی برای سهولت مطالعه، خاستگاه امواج زمین‌لرزه را یک نقطه فرض می‌کنند و آن‌را **کانون** می‌نامند (شکل ۲ــ۴).

کانون اغلب زمین‌لرزه‌ها در اعماق کم‌تر از ۷۰ کیلومتر قرار دارد، اما کانون تعدادی از آن‌ها

هم در اعماق زیاد واقع است که عمق هیچ‌یک از ۷۰۰ کیلومتر تجاوز نمی‌کند. زمین‌لرزه‌ها را ازنظر عمق کانون می‌توان به سه گروه تقسیم کرد :

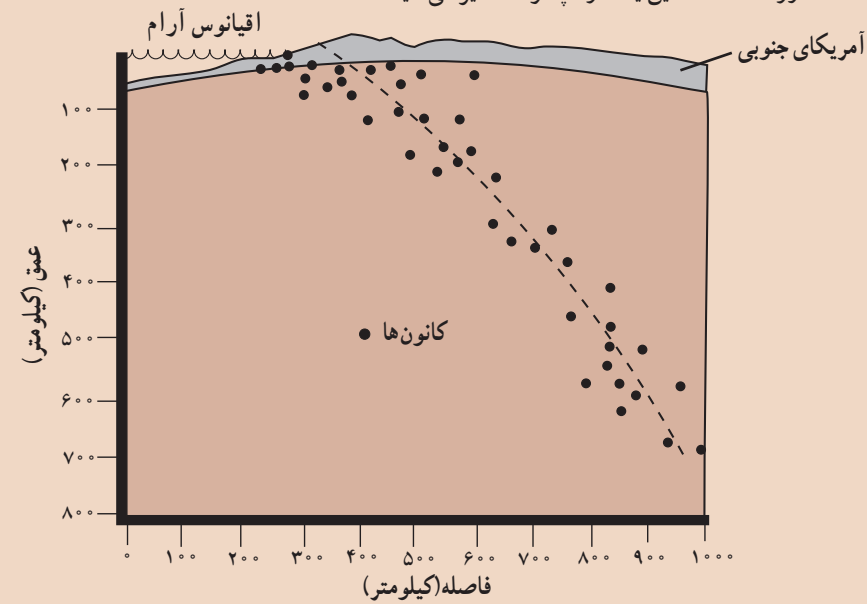
ــ زمین‌لرزه‌های کم‌عمق (عمق کانون کم‌تر از ۷۰ کیلومتر)

ــ زمین‌لرزه‌های با عمق‌متوسط (عمق کانون بین ۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتر)

ــ زمین‌لرزه‌های عمیق (عمق کانون بیش از ۳۰۰ کیلومتر)

تفسیر کنید

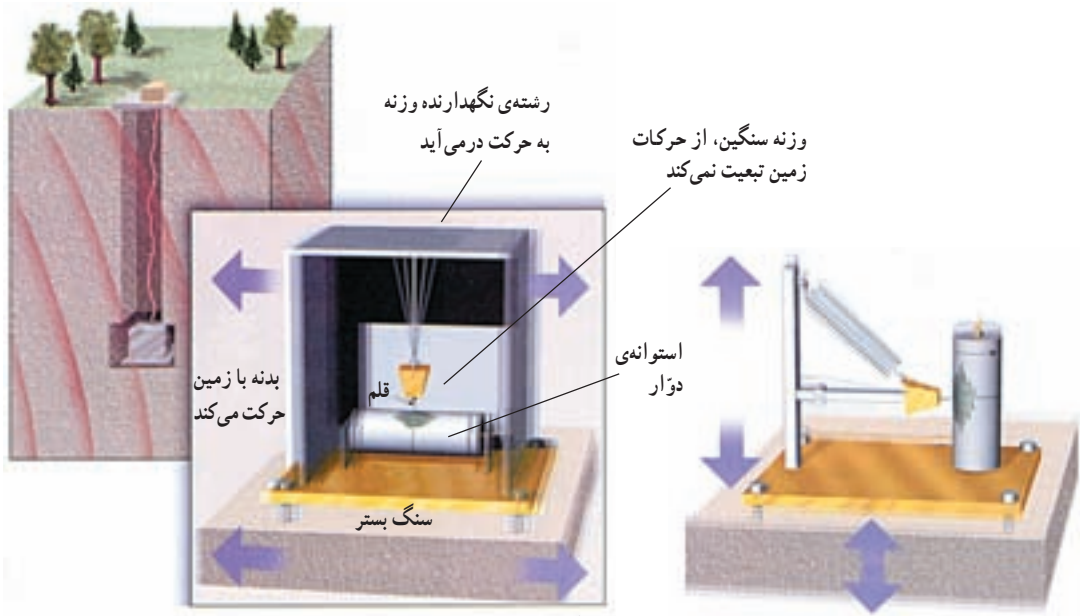
کانون زلزله‌های عمیق را در منطقه‌ای واقع در ساحل امریکای‌جنوبی به‌صورت زیر به‌دست آورده‌اند. شما این یافته را چگونه تفسیر می‌کنید؟



نقطه‌ای در روی زمین را که مستقیماً در بالای کانون واقع باشد و امواج حاصل از زمین‌لرزه زودتر از بقیه‌ی نقاط به آنجا می‌رسند، **مرکزسطحی** و به‌طور ساده **مرکز** زمین‌لرزه می‌نامند (شکل۲ــ۴).

ثبت امواج زمین‌لرزه

امواج حاصل‌از یک زمین‌لرزه توسط دستگاهی موسوم به **لرزه‌نگار** که در ایستگاه‌های لرزه‌شناسی کارگذاشته شده‌اند، ثبت می‌شود. به‌هنگام برخورد امواج زمین‌لرزه با لرزه‌نگار، قسمتی از دستگاه تقریباً ثابت می‌ماند و بقیه‌ی قسمت‌های آن که در ارتباط مستقیم با زمین‌اند، مرتعش



شکل ۳ــ۴ ــ دونوع لرزه‌نگارعمودی و افقی. اساس کار این دونوع دستگاه را شرح دهید. تفاوت و شباهت کار آن‌ها در چیست؟

می‌شوند. بدین‌وسیله امواج روی کاغذ، فیلم یا نوار مغناطیسی ثبت می‌شوند (شکل ۳ــ۴).

در یک ایستگاه لرزه‌شناسی حداقل سه دستگاه لرزه‌نگار وجود دارد، که یکی ارتعاشات قائم و دوتای دیگر ارتعاشات افقی (شمالی ــ جنوبی و شرقی ــ غربی) را ثبت می‌کنند. مشخصات یک زمین‌لرزه مانند مرکز سطحی، زمان وقوع و عمق کانون را می‌توان با یافته‌های حاصل از چند ایستگاه لرزه‌شناسی محاسبه کرد.

امواج زمین‌لرزه

امواج حاصل از یک زمین‌لرزه گوناگون‌اند. این امواج ممکن است ازنظر سرعت، دامنه، طول‌موج و دوره‌ی تناوب با یکدیگر متفاوت باشند.

امواج زمین‌لرزه را باتوجه به این‌که در داخل یا سطح زمین عبور کنند به دو دسته **امواج‌درونی** و **امواج‌سطحی** تقسیم‌بندی می‌کنند. امواج درونی (انواع S,P، صفحه ۱۷) در کانون زمین‌لرزه ایجاد و در درون زمین منتشر می‌گردند ولی امواج سطحی براثر برخورد امواج درونی با فصل‌مشترک لایه‌ها و نیز در سطح زمین تولید می‌شوند.

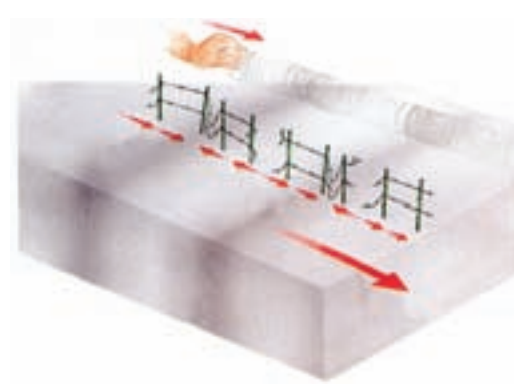
امواج سطحی، شکل‌های گوناگونی دارند ولی متداول‌ترین آن‌ها، **امواج‌لاو** (Love waves) و **امواج‌ریلی** (Rayleigh waves) هستند.

امواج‌لاو، حرکتی کم‌وبیش شبیه امواج S دارند، با این تفاوت که ذرات ماده به‌موازات سطح زمین جابه‌جا می‌شوند و هیچ‌گونه جابه‌جایی قائم ندارند (شکل ۴ــ۴ــ ج).

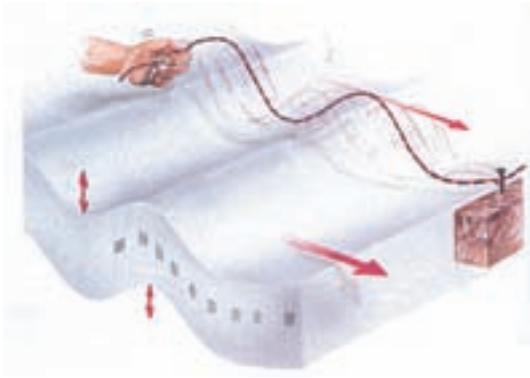
امواج‌ریلی مانند حرکات امواج دریا ذرات را دریک مدار دایره‌ای به ارتعاش درمی‌آورند (شکل ۴ــ۴ــ د). البته در امواج‌ریلی، جهت حرکت دایره‌ای مخالف جهت حرکت امواج دریا است. عمق نفوذ و تأثیر امواج ریلی مثل امواج آب دریا محدود است و از سطح به عمق رفته‌رفته کاهش پیدا می‌کند.

به‌طور کلی امواج سطحی سرعت کم‌تری از امواج‌درونی دارند. ازاین‌رو دیرتر از امواج‌عرضی به ایستگاه‌های لرزه‌نگاری می‌رسند. ضمناً در امواج سطحی سرعت امواج‌لاو از سرعت امواج‌ریلی بیشتر است.

از آنجا که دامنه‌ی امواج سطحی بسیار بزرگ‌تر از دامنه‌ی امواج‌درونی است، بنابراین، عامل اصلی تخریب محسوب می‌شوند.

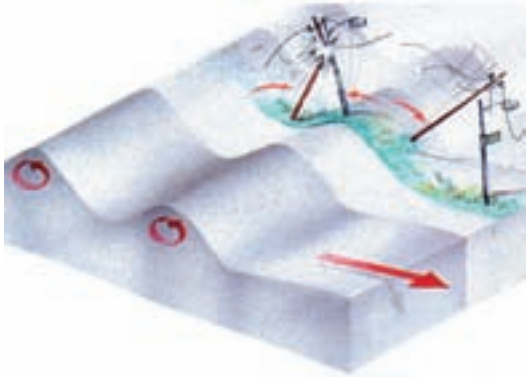


(الف) طرز حرکت امواج طولی (P)



(ب) طرز حرکت امواج عرضی (S)

(ج) طرز حرکت امواج لاو (L)



(د) طرز حرکت امواج ریلی (R)

شکل ۴ ــ۴ــ چهارنوع حرکت امواج زلزله که فراوانی آنها در سطح زمین، نسبت به انواع دیگر زیادتراست.

شدت و بزرگی زمین‌لرزه

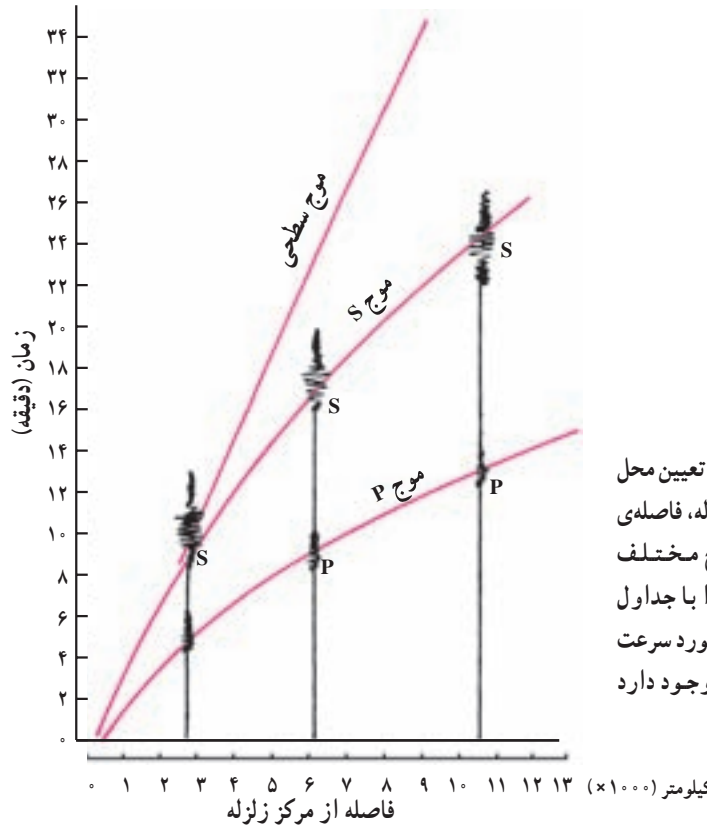
تاقبل‌از استفاده از دستگاه‌های لرزه‌نگار، زمین‌لرزه‌ها را به‌وسیله‌ی آثار مخرّبشان ارزیابی می‌کردند. در این‌شیوه می‌توان، پس از وقوع هر زمین‌لرزه نقشه‌ای تهیه کرد که در آن نقاطی را که خسارات یکسان دیده‌اند به‌وسیله‌ی خطوطی به‌هم وصل کرد به این‌ترتیب منحنی‌هایی به‌دست می‌آید که به آن **منحنی‌های هم‌لرزه** می‌گویند. مسلماً در این نقشه، محلی با حداکثر خسارات مشخص خواهد شد که همان مرکزسطحی زمین‌لرزه است و هرقدر ازاین مرکز دور شویم، آثار خرابی کم‌تر می‌شود. به‌این‌ترتیب، مقیاسی از میزان خرابی به‌دست می‌آید. این مقیاس را **شدّت** (Intensity) زمین‌لرزه می‌گویند که دارای ۱۲درجه است. چون شدّت یک زمین‌لرزه در نقاط مختلف با اعداد مختلف نشان‌داده می‌شود، باید هنگام بیان شدّت یک زمین‌لرزه اسم محل نیز قید شود.

بزرگی (magnitude) زمین‌لرزه را براساس داده‌هایی که از دستگاه‌های لرزه‌نگار به‌دست می‌آورند تعیین می‌کنند. بزرگی زمین‌لرزه به مقدار انرژی که از کانون زمین‌لرزه آزاد می‌شود وابسته است. هرقدر انرژی آزادشده توسط یک زمین‌لرزه زیادتر باشد ارتعاشات ناشی از آن شدیدتر و دامنه‌ی نوسانات امواج آن بزرگ‌تر خواهد بود. طبق تعریف واحد بزرگی زمین‌لرزه **ریشتر** است و آن لگاریتم بزرگ‌ترین دامنه‌ی موجی (برحسب میکرون) است که در فاصله‌ی یک‌صد کیلومتری از مرکز زمین‌لرزه توسط دستگاه لرزه‌نگار استاندارد ثبت شده باشد. بااین‌که دامنه‌ی امواج زمین‌لرزه با دورشدن از کانون زمین‌لرزه کاهش می‌یابد ولی وقتی زمین‌لرزه‌ی مهمی در یک‌نقطه از کره‌ی زمین رخ دهد بزرگی محاسبه‌شده در ایستگاه‌های مختلف عددی یکسان است، زیرا دانشمندان لرزه‌شناس با استفاده از روش‌هایی می‌توانند بزرگی زمین‌لرزه را در هر نقطه که اتفاق افتاده باشد به یکسان محاسبه کنند.

چنان‌که در بالا اشاره شد بزرگی زمین‌لرزه را با مقیاس ریشتر (دانشمندی که اولین‌بار آن را به‌کار برد) بیان می‌کنند. دراین مقیاس اگر دامنه‌ی موج ۱۰برابر بزرگ‌تر شود یک‌درجه بر مقیاس ریشتر افزوده می‌شود. بزرگی زمین‌لرزه‌ها را معمولاً با یک عدد صحیح و یک رقم‌اعشاری نشان می‌دهند. مثلاً بزرگی زمین‌لرزه‌ای که در سال ۱۳۶۹ در رودبار اتفاق افتاد ۷/۴ درجه در مقیاس ریشتر بود.

تعیین محل زمین‌لرزه

با داشتن اختلاف زمان رسیدن امواج P و S به دستگاه لرزه‌نگار پیدا کردن مرکزسطحی زمین‌لرزه آسان است. برای این‌کار اختلاف زمان مزبور را در هر ایستگاه با منحنی (۱ــ۴) مقایسه و به‌این‌ترتیب، فاصله‌ی میان ایستگاه و مرکزسطحی زمین‌لرزه را مشخص می‌کنند.



منحنی ۱ــ۴ــ برای تعیین محل مرکزسطحی یک زلزله، فاصله‌ی زمانی میان امواج مختلف رسیده به ایستگاه را با جداول و منحنی‌هایی که درمورد سرعت عبور این امواج وجود دارد مقایسه می‌کنند.

فکرکنید

چگونگی پیداکردن مرکز سطحی زمین‌لرزه را از روی شکل مقابل توضیح دهید.

ــ اگر فقط از یک لرزه‌نگار استفاده کنیم چه مشکلی در تعیین مرکز سطحی زمین‌لرزه پیش می‌آید؟ دو لرزه‌نگار چه اشکالی دارد؟

خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه

سالیانه بیش‌از ۱۵۰/۰۰۰ زمین‌لرزه در نقاط مختلف دنیا به‌وقوع می‌پیوندد، اما تعداد معدودی از آن‌ها اثرات تخریبی وسیع دارند و بسیاری چنان‌خفیف‌اند که فقط دستگاه‌های حساس لرزه‌نگار می‌توانند وقوعشان را ثبت کنند. میزان خرابی‌های زمین‌لرزه بستگی به مقدار انرژی آزادشده،

شکل‌ساختمان، نوع مصالح به‌کارگرفته‌شده، دانش افراد سازنده و نوع زمین زیر ساختمان‌ها دارد.

تحقیق کنید

کدام مصالح ساختمانی و چه شکل‌هایی از ساختمان در برابر زمین‌لرزه مقاومت بیشتری دارند.

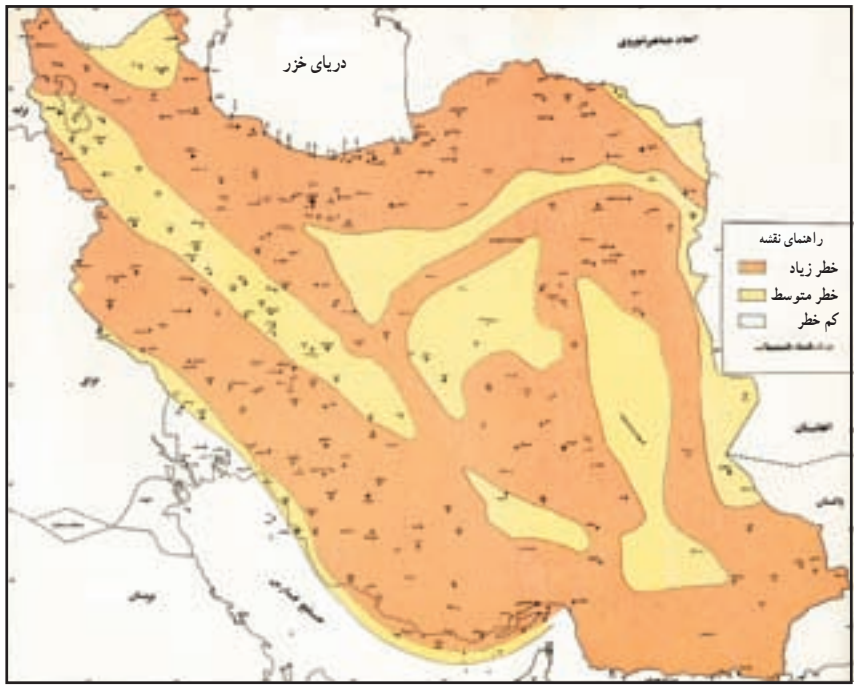
- پس از وقوع یک زمین‌لرزه‌ی مخرّب، چه خطراتی جان افراد سالم را تهدید می‌کند؟
- آیا فعالیت‌های بشری هم ممکن است زمین‌لرزه ایجاد کند؟

زمین‌لرزه در کشور ما

باتوجه به شکل ۱۵ ــ۳ مشخص می‌شود که اغلب زمین‌لرزه‌های کره‌ی زمین در نواحی مشخصی که به **مناطق لرزه‌خیز** یا **کمربندهای زمین‌لرزه** معروف‌اند روی می‌دهند. مهم‌ترین این کمربندها عبارت‌اند از **حاشیه‌های اقیانوس‌آرام** و کمربند آلپ هیمالیا که بر کوه‌های جوان کره‌ی زمین مانند **آلپ**، **البرز**، **زاگرس** و **هیمالیا** منطبق‌اند.

جدول ۱ــ۴ــ پاره‌ای از زلزله‌های ایران با بزرگی ۷ درجه و بالاتر در مقیاس ریشتر

سال	ماه	محل	بزرگی
۱۲۸۸	دی	دورود	۷/۴
۱۳۰۸	مهر	شمال خراسان	۷/۲
۱۳۰۹	اردیبهشت	جنوب‌غربی سلماس	۷
۱۳۱۳	خرداد	سراوان	۷
۱۳۲۷	مهر	شمال خراسان	۷/۲
۱۳۳۶	تیر	لاریجان	۷/۴
۱۳۳۶	آذر	غرب همدان	۷
۱۳۴۱	شهریور	بوئین‌زهرا	۷
۱۳۴۷	مرداد	دشت بیاض	۷/۳
۱۳۵۶	اسفند	بندرعباس	۷
۱۳۵۷	شهریور	طبس	۷/۷
۱۳۵۸	آبان	شمال قاین	۷/۳
۱۳۶۰	مرداد	کرمان	۷/۱
۱۳۶۹	خرداد	رودبار	۷/۴
۱۳۷۶	اردیبهشت	قائنات	۷/۲



شکل ۵ ــ ۴ــ خطر زمین‌لرزه در قسمت‌های مختلف ایران (اقتباس از نقشه‌ی تهیه شده توسط وزارت مسکن و شهرسازی)

کشور ما روی یکی از کمربندهای فعال زمین‌لرزه‌ی کره‌ی‌زمین قرار گرفته است و هرچندمدت یک‌بار زمین‌لرزه‌ی ویران‌کننده‌ای در یکی از نقاط آن روی می‌دهد.

دانستنی‌هایی درباره‌ی زمین‌لرزه

بیشتر بدانید

قبل از وقوع چه باید کرد!

ــ امکان خطر آتش‌سوزی را، از طریق سیم‌های برق فرسوده، ارتباطات، نشت‌دادن لوله‌های گاز و وسایل گازسوز، بررسی کنید.

ــ محل کلید و شیراصلی برق، گاز و آب را پیدا کنید.

ــ وسایل سنگین را در طبقات پایین قفسه‌ها بگذارید و قفسه‌ها را به دیوار متصل کنید.

ــ اشیای سنگین و افتادنی را هم مهار کنید.

ــ وسایل شکستنی ازقبیل ظروف شیشه‌ای و چینی را در طبقات بالای کمد و قفسه‌ها نگذارید.

ـ لامپ‌ها و لوسترهای سقفی را محکم کنید.
ـ محل‌های امن خانه، مدرسه یا محل کار خود را پیدا کنید.

هنگام وقوع چه باید کرد؟

ـ اگر خارج از ساختمان هستید، همان‌جا بمانید. اگر داخل ساختمان هم هستید، همان‌جا بمانید. بیشتر آسیب‌دیدگی‌ها مربوط به رفت‌وآمد افراد در زمان وقوع زمین‌لرزه است.
ـ اگر داخل ساختمان هستید به زیر یک میز محکم، چارچوب در، محل‌های دارای سقف کم‌وسعت، یا کنار دیوارهای داخلی پناه بگیرید. از پنجره دور شوید. از شمع، کبریت و هرچه‌که شعله دارد، استفاده نکنید.
ـ در ساختمان‌های چندطبقه، به‌طرف درهای خارج هجوم نبرید، زیرا ممکن است راه‌پله‌ها پر از افراد، یا شکسته باشند، از آسانسور هم استفاده نکنید.
ـ در بیرون از ساختمان، از پل‌ها، سیم‌های برق، ساختمان‌ها و دیوارها دور شوید.
ـ اگر داخل اتومبیل هستید، از پل‌ها و ساختمان‌ها فاصله بگیرید و فوراً متوقف شوید.

بعد از وقوع چه باید کرد؟

ـ مراقب پس‌لرزه‌ها باشید.
ـ دنبال زخمی‌ها بگردید. افرادی را که زخم‌شدید دارند، زیاد حرکت ندهید، مگر آن‌که در خطر آسیب‌دیدگی‌های بعدی باشند.
ـ رادیو را باز کنید و به پیام‌ها و راهنمایی‌ها عمل کنید.
ـ اگر بوی گاز می‌آید، پنجره‌ها را باز کنید و شیر اصلی گاز را ببندید. نشت گاز را به مقامات مربوطه گزارش بدهید. درصورت آسیب‌دیدگی سیم‌های برق، کلیداصلی برق را ازمحل کنتور خاموش کنید.
ـ اگر لوله‌های آب صدمه دیده‌اند، شیر اصلی آب را ببندید.
ـ لوله‌های فاضلاب را کنترل کنید، با احتیاط به دودکش‌ها نزدیک شوید و آن‌ها را از فاصله‌ی دور کنترل کنید.
ـ به سیم‌های برق افتاده دست نزنید. حتی به اشیایی هم که با این سیم‌ها تماس دارند، دست نزنید.
ـ داروها و مواد زیان‌آور پخش‌شده را فوراً جمع کنید.
ـ اگر برق قطع است، غذاهای خراب شدنی داخل فریزر یا یخچال را زودتر مصرف کنید.

ـ از ساختمان‌های آسیب‌دیده دور شوید، زیرا ممکن است پس‌لرزه‌ها سبب فروریختن آن‌ها شوند.

چیزهای لازمی که باید همیشه در دسترس باشند:

ـ رادیو با باتری‌های اضافی
ـ پلکان سبک برای ساختمان‌های چندطبقه
ـ چراغ دستی و باتری‌های اضافی
ـ جعبه کمک‌های اولیه با داروها و مواد ضروری
ـ کتاب کمک‌های اولیه
ـ دستگاه خاموش‌کننده‌ی آتش
ـ ظرف پر از آب
ـ آچار قابل تنظیم
ـ کبریت
ـ غذاهای کنسرو شده و خشک برای مصرف یک هفته‌ی اعضای خانواده
ـ درقوطی بازکن
ـ شماره تلفن پلیس، آتش‌نشانی و پزشک
ـ اجاق‌گاز قابل حمل (پیک‌نیک)
ـ پول نقد

مهم‌ترین علت‌های آسیب‌دیدگی از زمین‌لرزه

ـ فروریختن ساختمان
ـ شیشه‌ی پنجره‌های شکسته و درحال افتادن
ـ قطعات اثاثیه درحال افتادن
ـ آتش‌سوزی به‌علت شکستن لوله‌های گاز، اتصال سیم‌های برق
ـ بی‌آب ماندن به‌علت شکستن لوله‌های آب
ـ سیم‌های برق افتاده در روی زمین

۵ آتش‌فشان‌ها و فرآیندهای آتش‌فشانی

در سرگذشت زمین، آتش‌فشان‌ها نقش اساسی برعهده دارند. آب اقیانوس‌ها، رودها و دریاچه‌ها و بخش بزرگی از هوایی که تنفس می‌کنیم و بخشی از خاک‌های سطح زمین درنهایت از فوران آتش‌فشان‌ها به‌وجود آمده‌اند. بدون آتش‌فشان نه پوسته‌ی جدید اقیانوسی از طریق گسترش بستر اقیانوس‌ها، به‌وجود می‌آمد، نه فرورانشی بین دو ورقه تکتونیکی پدیدار می‌شد، نه کوه‌زایی انجام می‌گرفت، نه فرسایشی وجود داشت و نه رسوب‌گذاری.

بدون آتش‌فشان، زمین تقریباً فاقد ترکیباتی چون سولفیدها، اکسیدها، هالوژن‌ها و هیدروکسیدهای فلزی می‌شد. محیط زیست دریایی و هوا کره که ساخت شیمیایی آن‌ها پایداری حیات را امکان‌پذیر کرده است، بدون آتش‌فشان به‌وجود نمی‌آمد.

بیشتر بدانید

فعالیت‌های آتش‌فشانی، باعث پدیدآمدن سرزمین‌هایی برای سکونت انسان شده‌اند. ایسلند، ژاپن، هاوایی، هائیتی و بسیاری از جزایر اقیانوس‌آرام و دریای کارائیب و تقریباً همه‌ی قسمت‌های امریکای‌مرکزی، محصول پدیده‌ی آتش‌فشان یا وُلکانیسم(Volcanism)اند.

زمین‌های کشاورزی حاصل‌خیزی که در امریکای‌مرکزی و جنوبی وجود دارند و در آن‌ها قهوه به‌عمل می‌آید، محصول خاک‌های مناسب آتش‌فشانی‌اند. بهترین نمونه‌ی این‌نوع خاک‌های پرارزش را در جزیره‌ی جاوه می‌توان یافت. در آنجا، خاک نرم حاصل از خاکستر آتش فشانی، آب را خوب نگه‌می‌دارد و مواد معدنی چون پتاسیم، کلسیم و سدیم همراه را به گیاهان می‌دهد. جمعیت **جاوه**، در مقایسه با جمعیت **بورنئو** (جزیره‌ی مجاور)، ۲۰۰برابر بیشتر است. در بورنئو، خاک، حاصل تخریب و هوازدگی سنگ‌های موجود است و حاصل‌خیزی چندانی ندارد.

هوایی که تنفس می‌کنیم و قسمتی از آبی که می‌آشامیم، محصول فعالیت‌های آتش‌فشانی است. زیرا در طول زمان، گازهایی از درون زمین آزاد شده و به اتمسفر نفوذ کرده‌اند. قسمتی از هیدروژن و اکسیژنی که آزاد شد، پس از ترکیب، آب را به‌وجود آوردند و **آبْکره** را تشکیل دادند. نیتروژن و اکسیژن هم با گازهای دیگر گردهم آمدند و هوا کره را پدید آوردند.

امروزه مطالعه‌ی آتش‌فشان‌ها از سه‌نظر برای ما اهمیت دارد :

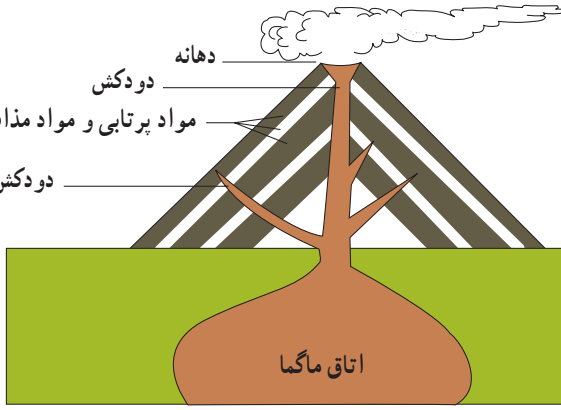
۱ــ استفاده از انرژی حرارتی آن‌ها برای تولید گرما و انرژی الکتریسیته و به‌دست‌آوردن مواد شیمیایی باارزش از گازهای خروجی آن‌ها.

۲ــ پیش‌گیری از خطرات اجتماعی و اقتصادی آن.

۳ــ به‌دست‌آوردن اطلاعاتی از ساختمان و ترکیب پوسته و گوشته‌ی فوقانی زمین.

مشخصات یک آتش‌فشان

به‌طور کلی آتش‌فشان‌ها، شکاف‌ها یا سوراخ‌هایی در سطح زمین هستند که مواد آتش‌فشانی از آن‌ها بیرون می‌ریزد. اگر مواد آتش‌فشانی تنها از یک مجرای اصلی بیرون بریزند در اطراف مجرای خروج مخروطی به‌وجود می‌آورند. در قله‌ی مخروط عموماً حفره‌ای وجود دارد که به آن **دهانه** می‌گویند (شکل ۱ــ ۵). قطر دهانه ممکن است از چند متر تا بیش‌تر از ۱۰۰۰ متر باشد. مثلاً قطر دهانه‌ی مخروط آتش‌فشان دماوند حدود ۴۰۰ متر است. دهانه معمولاً به‌وسیله‌ی مجرایی که **دودکش** نامیده می‌شود به منبع مواد مذاب که به آن **آشیانه** یا **اتاق‌ماگما** می‌گویند، متصل است. در آشیانه‌ی ماگما، مواد مذاب به‌همراه حباب‌های گاز، قطعه‌بلورهای درحال رشد و حتی قطعات سنگی کنده‌شده از کناره‌ی آشیانه وجود دارد. در یک آتش‌فشان ممکن است چند آشیانه و چند دهانه و دودکش فرعی وجود داشته باشد.



شکل ۱ــ۵ ــ مشخصات یک آتش‌فشان

شکل ۲ــ۵ ــ دریاچه‌ای که در دهانه قدیمی آتش‌فشان سبلان ایجاد شده است.

مواد خروجی از دهانه‌ی آتش‌فشان‌ها

موادی که از یک آتش‌فشان خارج می‌شوند به سه‌صورت گاز، مایع و جامداند.

گازها : تمام ماگماها مقداری گاز و بخارآب دارند که ممکن است به‌تنهایی یا همراه مواد مایع و جامد از آتش فشان خارج شوند. سرعت خروج گاز از ماده‌ی مذاب بستگی به میزان گرانروی ماده‌ی مذاب دارد به‌طوری‌که گازها از مواد مذاب دارای گرانروی کم با سرعت بیش‌تری نسبت به مواد مذاب دارای گرانروی زیاد خارج می‌شوند.

در بعضی از آتش‌فشان‌ها که گرانروی ماده‌ی مذاب‌آن زیاد است، فشار حاصل از تراکم گازها می‌تواند سبب انفجار شود و قسمتی از مخروط آتش‌فشان را از جا بکند و مواد جامد مخروط را به همراه مواد مذاب تا چندین کیلومتر به هوا پرتاب کند (مانند مخروط کوه وزوو).

ترکیب شیمیایی گازهای خروجی در همه‌ی آتش‌فشان‌ها یکسان نیست و بسیار متفاوت است حتی گازهای خارج شده در مراحل مختلف یک آتش‌فشان هم باهم متفاوت‌اند. به‌طورکلی قسمت اعظم گازهای آتش‌فشانی را بخارآب تشکیل می‌دهد و پس ازآن گازهای دی‌اکسیدکربن، گازهای گوگردی و گازهای نیتروژن‌دار اهمیت بیش‌تری دارند. در درجه‌ی بعدی می‌توان از گازهای کلردار، گاز هیدروژن و گاز مونواکسیدکربن نام برد.

خروج گاز پس از فعالیت یک آتش‌فشان ممکن است سال‌ها یا حتی قرن‌ها هم‌چنان ادامه یابد. این مرحله از آتش‌فشان را مرحله‌ی **فومرولی** گویند، که دماوند در چنین وضعیتی قرار دارد و از دهانه آن بخار آب و گاز گوگرد خارج می‌شود.

مواد مایع: به ماده‌ی مذابی که از دهانه خارج می‌شود و به سطح زمین می‌رسد **گدازه** گویند. گدازه‌ها بسته به نوع سنگی که ذوب می‌شود و درجه‌ی حرارتی که ذوب در آن صورت می‌گیرد ترکیب شیمیایی متفاوتی دارند و دخالت مواد فرّار و به‌ویژه آب، سبب می‌شود که ماگماهایی متفاوت حاصل شود که خروج آن‌ها به‌همراه ازدست دادن گازها، گدازه‌های مختلف را به‌وجود آورند. در حالت کلی، گدازه‌ها را به انواع **اسیدی، بازی** و **حد واسط** تقسیم می‌کنند. گدازه‌هایی که مقدار فراوانی SiO_2 دارند اسیدی خوانده می‌شوند و با کم‌شدن مقدار SiO_2 به‌ترتیب حدواسط و بازی نام می‌گیرند.

مقدار SiO_2 تا حد زیادی تعیین کننده‌ی گرانروی گدازه‌ی خارج‌شده از دهانه‌ی آتش‌فشان است. گدازه‌های اسیدی نسبت به گدازه‌های حدواسط و بازی مقدار بیش‌تری سیلیسیم و اکسیژن دارند. درنتیجه، در این گدازه‌ها، پیوندهای موقت بیش‌تری بین یون‌ها ایجاد می‌شود که موجب کاهش تحرک یونی در گدازه و گرانروی بیش‌تر گدازه‌های اسیدی نسبت به گدازه‌های حدواسط می‌شوند. به‌همین‌ترتیب گدازه‌های حدواسط نیز گرانروی بیشتری نسبت به گدازه‌های بازی دارند.

سرعت جریان یک‌گدازه پس‌از خروج از دهانه‌ی آتش‌فشان بستگی به گرانروی ماده‌ی مذاب و شیب دامنه‌ی کوه آتش‌فشان دارد. این سرعت در گدازه‌های بازی دارای گرانروی کم و در یک دامنه‌ی پرشیب، به ۵۰ کیلومتر درساعت بالغ می‌شود و در گدازه‌های اسیدی بر روی سطحی کم‌شیب به حدود یک‌سانتی‌متر در روز می‌رسد (شکل ۳ــ۵ــ ب).

مواد جامد (تِفرا): آن‌دسته از مواد آتش‌فشانی که به‌صورت ذرات ریز و درشت جامد یا نسبتاً جامد و براثر فعالیت‌های انفجاری از دهانه به هوا پرتاب می‌شوند **تِفرا** (Tephra) نامیده می‌شوند. اندازه و شکل تفراها متفاوت است :

ذراتی با قطر کم‌تر از ۴ میلی‌متر را **خاکستر** و ذراتی با قطر بین ۴ تا ۳۲ میلی‌متر را **لاپیلی** و قطعاتی بزرگ‌تر از ۳۲ میلی‌متر را قطعه سنگ واگر دوکی شکل باشند **بمب** می‌نامند (شکل ۳ــ۵ــ الف). بازگشت تدریجی تفراها به زمین و ته‌نشست آن‌ها در خشکی یا آب حالتی لایه‌لایه به آن‌ها می‌دهد. از به‌هم‌چسبیدن و سخت‌شدن این ذرات گروهی از سنگ‌های آتش‌فشانی به‌نام سنگ‌های **آذرآواری** ایجاد می‌شوند. این سنگ‌ها برخلاف سایر سنگ‌های آذرین عمدتاً غیرمتبلورند و مانند سنگ‌های رسوبی، از روی اندازه‌ی ذرّاتشان دسته‌بندی می‌شوند.

الف) مواد جامد (بمب‌های آتش‌فشانی)

ج) گازهای مختلف و تفرا

ب) گدازه‌های خمیری

شکل ۳ــ۵ ــ مواد مختلفی که از دهانه آتش‌فشان خارج می‌شوند.

بیشتر بدانید

توف‌های سبز البرز که ارتفاعات شمال‌شهر تهران را تشکیل می‌دهند و ضخامت آن‌ها در بعضی نقاط به بیش از ۱۰۰۰ متر می‌رسد براثر سخت شدن خاکسترها و لاپیلی‌های حاصل از فعالیت آتش‌فشان‌های زیردریایی به‌وجود آمده‌اند.

فکر کنید

از بین مواد خروجی آتش‌فشان‌ها (گاز، مایع، جامد) کدام‌یک برای ساکنان اطراف یک کوه آتش‌فشان خطرناک‌تر است؟

طبقه‌بندی فعالیت آتش‌فشان‌ها

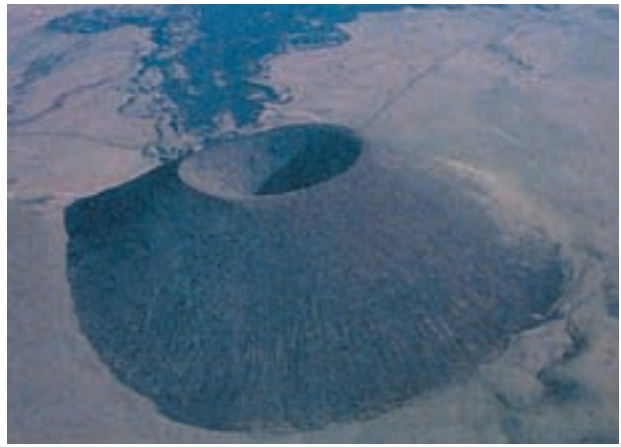
فعالیت آتش‌فشان‌ها ممکن است روی خشکی، زیر دریا، دریاچه و یا زیر یخچال‌ها صورت گیرد. این فعالیت‌ها می‌تواند نقطه‌ای یا خطی باشد. درحالت نقطه‌ای مواد خروجی از یک محل بیرون می‌آیند و درحالت خطی فوران در امتداد یک شکاف صورت می‌گیرد.

به‌طورکلی آتش‌فشان‌ها به صورت‌های زیر فعالیت می‌کنند :

۱ــ آتش‌فشان‌هایی که بیشتر گدازه از خود خارج می‌کنند: مواد خروجی این قبیل آتش‌فشان‌ها بیش‌تر از نوع گدازه‌های بازی است، که به‌صورت رودی مذاب از دهانه‌ی مخروط خارج و به اطراف جاری می‌شود. فعالیت این آتش‌فشان‌ها ازنظر حرارتی، شدید و مداوم بوده و ممکن است ده‌ها سال ادامه داشته باشد. مخروط آن‌ها کم‌ارتفاع و با قاعده‌ی پهن است به همین‌دلیل آن‌ها را **نوع سپری** هم می‌گویند. جنس سنگ‌های این‌نوع مخروط از بازالت است. مهم‌ترین آتش‌فشانی که به‌این‌طریق فعالیت می‌نماید **آتش‌فشان کوه کیلوا** واقع در جزایر هاوایی است.

۲ــ آتش‌فشان‌هایی که بیشتر مواد جامد از خود خارج می‌کنند: در این‌قبیل آتش‌فشان‌ها جریان گدازه وجود ندارد. زیرا قبل از رسیدن گدازه به سطح دهانه، تراکم گاز سبب انفجار می‌شود و قطعاتی ازآن به هوا پرتاب می‌گردد و مخروطی از مواد منفصل (خاکستر، لاپیلی، بمب و ...) تشکیل می‌دهد(شکل ۴ــ۵). این قطعات منفصل براثر حرارتی که دارند به‌هم جوش می‌خورند و نوعی برش آتش‌فشانی را به‌وجود می‌آورند.

۳ــ آتش‌فشان‌هایی که مواد جامد و گدازه از خود خارج می‌کنند: این‌نوع آتش‌فشان را مختلط نیز می‌گویند. مخروط آن‌ها هم از تفرا و هم از گدازه تشکیل شده است. بنابراین، حالت انفجاری هم دارند. شکل مخروط، معمولاً مدوّر و منظم با ارتفاع نسبتاً زیاد و جنس آن بیش‌تر بازالت و آندزیت است. از مهم‌ترین آتش‌فشان‌هایی که به‌این‌طریق فعالیت می‌کنند، آتش‌فشان‌های **استرومبولی** و **اِتنا** در



شکل ۴ــ۵ ــ مخروط آتش‌فشان با مواد پرتابی

شکل ۵ــ۵ ــ مخروط آتش‌فشان دماوند به تناوب از تفرا و گدازه تشکیل شده است.

ایتالیا را می‌توان نام برد. آتش‌فشان‌های **دماوند** (شکل ۵ــ۵) و **سبلان** نیز در این‌دسته جای می‌گیرند.

۴ــ آتش‌فشان‌هایی که بیشتر مواد خمیری ازخود خارج می‌کنند: گدازه‌ی این‌نوع آتش‌فشان در هنگام خروج دارای گرانروی بسیار بالایی است که اگر از دهانه‌ی قبلی خارج شوند ممکن است تشکیل سوزنی مرتفع را دهند (شکل۶ــ۵).

۵ــ آتش‌فشان‌هایی که با انفجار شدید و خروج ابرهای سوزان همراه‌اند: این قبیل آتش‌فشان‌ها مخرّب و ویران‌کننده‌اند و سبب ایجاد دهانه‌هایی انفجاری می‌شوند که با فرورفتگی‌های قیفی‌شکل مشخص می‌گردند. **جزیره‌ی کراکاتوا** واقع در اندونزی درسال ۱۸۸۳ براثر انفجاری از این‌نوع، از نقشه‌ی کره‌ی زمین ناپدید شد. در بعضی از انواع این آتش‌فشان‌ها، پس‌از انفجار ابرهای سوزانی به‌وجود می‌آید که سبب نابودی جانداران پیرامون کوه می‌شود.

شکل ۶ــ۵ ــ گرانروی زیاد ماگما سبب تشکیل چنین شکلی در یک فعالیت آتش‌فشانی شده است.

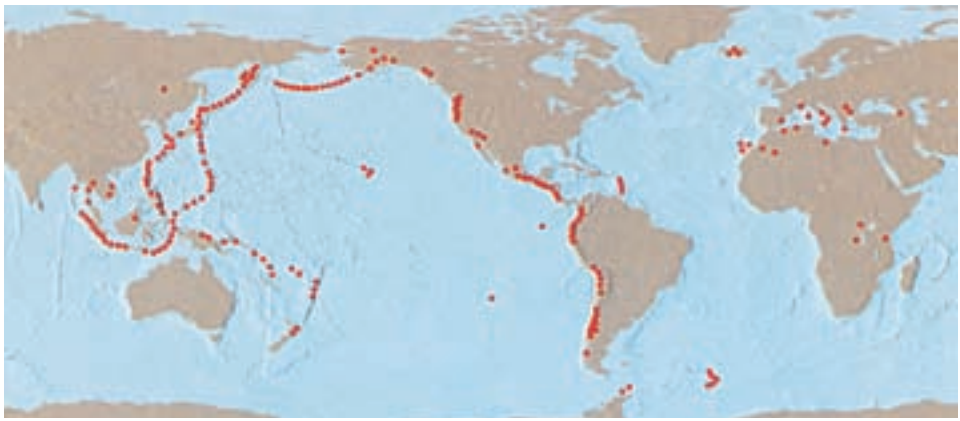
بیشتر بدانید

در روز ۸ ماه مه ۱۹۰۲ درساعت ۸و۲دقیقه **کوه‌پله** واقع در جزیره‌ی مارتینیک در اقیانوس‌اطلس شروع به فعالیت کرد و در ساعت ۸و۳ دقیقه فعالیت آن خاتمه یافت. در مدت یک‌دقیقه کوه با انرژی ۶۰۰برابر بمب‌اتمی که درسال ۱۹۴۵ هیروشیما را ویران کرد منفجر شد و از محل تخریب، ابر سوزانی با دمای بیشتر از ۴۰۰درجه‌ی سانتی‌گراد خارج شد و با سرعت ۵۴۰کیلومتر درساعت درمدت یک‌دقیقه به شهر **سن‌پیر** واقع در ۸کیلومتری محل آتش‌فشان رسید و ۳۰۰۰۰نفر را کشت. فوران‌های شدید آتش فشانی و اثرات بعدی آن‌ها، جزو حوادث مهم تاریخ زمین محسوب می‌شود. مثلاً، دریکی از جزایر غیرمسکونی اندونزی به نام کراکاتوا، در یکی از روزهای تابستان سال ۱۸۸۳، آتش‌فشانی که متجاوز از دوقرن غیرفعال بود، یک‌باره منفجر شد و جزیره را ازمیان برد. امواجی به ارتفاع ۲۷ متر که درنتیجه‌ی این حادثه پدید آمد، حدود۱۰۰هزارنفر ساکنان دهکده‌های ساحلی جزایر اطراف را غرق کرد.

قدرت فوران کراکاتوا را معادل انرژی یک‌صدمیلیون‌تن TNT درنظر می‌گیرند. گازها و غبارهای حاصل از این آتش‌فشان که وارد جو شدند، به همه‌جای زمین رسیدند و تغییرات آب‌وهوایی به‌وجود آوردند. صدای انفجار، ازفاصله‌ی ۴۸۰۰ کیلومتری، در قسمت‌های مرکزی استرالیا شنیده شد. حاصل انفجار، ایجاد ابر سیاهی بود که تا ارتفاع ۸۰کیلومتری به آسمان رفت و جلوی نور خورشید را گرفت و مناطقی را تا سه روز در تاریکی فروبرد. ذرات موجود در این ابر، که توسط بادها به‌نقاط مختلف پخش شدند، سبب کاهش تأثیر گرمای خورشید و یک‌درجه کاهش هوای عمومی کره‌ی زمین شدند.

جغرافیای آتش‌فشان‌ها

بررسی نقشه‌ی نواحی آتش‌فشان‌خیز کره‌ی زمین نشان می‌دهد، که آتش‌فشان‌های فعال و نیمه‌فعال غالباً با مناطق زلزله‌خیز منطبق‌اند و این مناطق هم با حد و مرز ورقه‌های سنگ‌کره انطباق قابل‌توجهی دارند (شکل ۷ــ۵). پس به‌طورکلی می‌توان مناطق فعالیت آتش‌فشان‌ها را به سه دسته تقسیم کرد (شکل ۸ــ۵).

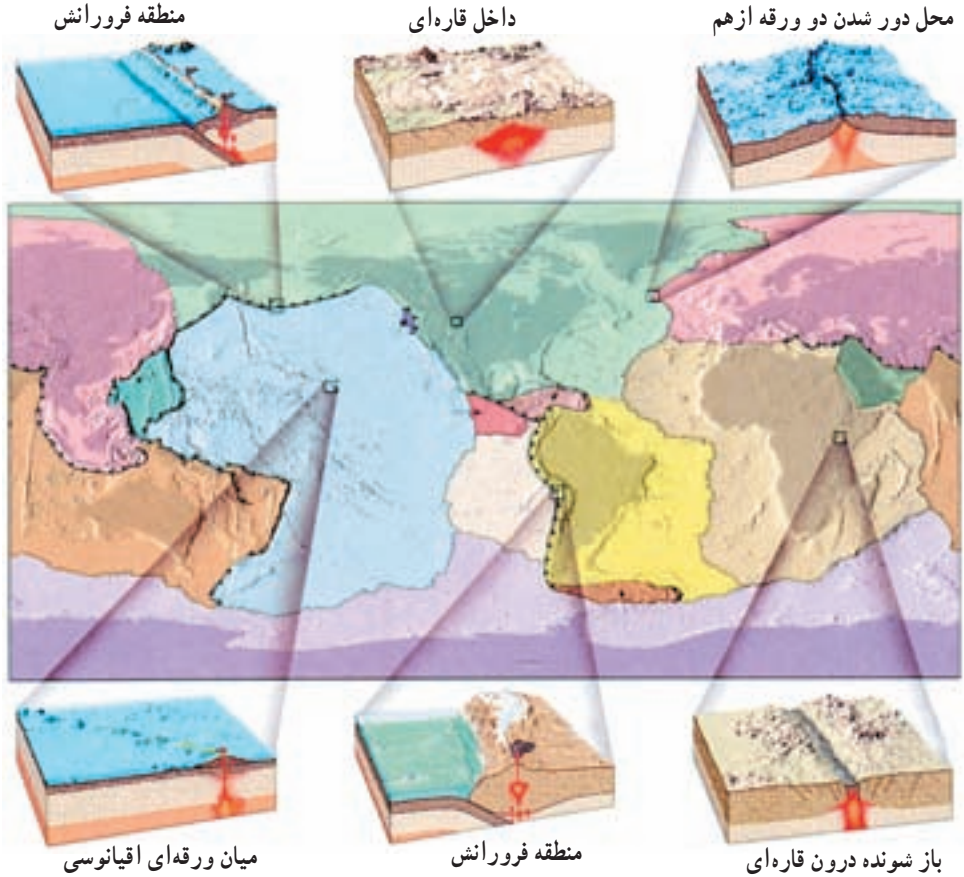


شکل ۷ــ۵ ــ موقعیت بعضی ازمهمترین کوههای آتش‌فشانی زمین

۱ــ دسته‌ی اول در مناطقی قرار دارند که دو ورقه‌ی تکتونیکی با یکدیگر برخورد کرده‌اند و یک ورقه به‌زیر ورقه‌ی دیگر کشیده شده است. ورقه‌ی فرورانده شده معمولاً از جنس بازالت است و براثر فرورفتن به زیر ورقه‌ی دیگر ذوب بخشی می‌شود و ماگمایی آندزیتی را به‌وجود می‌آورد. این ماگما از قسمت‌های سست‌ورقه‌ی دیگر بالا می‌آید و آتش‌فشان‌هایی را در روی قاره‌ها یا داخل اقیانوس‌ها (جزایر قوسی) تشکیل می‌دهد. کمربند آتش‌فشانی اطراف اقیانوس‌آرام (معروف به حلقه‌ی آتشین) و کمربندهای مدیترانه، اقیانوس‌اطلس و اقیانوس‌هند را می‌توان در این دسته جای داد.

۲ــ دسته‌ی دوم خاص مناطقی است که دو ورقه‌ی تکتونیکی از یکدیگر دور می‌شوند و ماگمای بازالتی به سطح زمین می‌رسد و ایجاد پشته‌های اقیانوسی می‌کند. فعالیت این‌گونه آتش‌فشان‌ها به حالت خطی انجام می‌گیرد. شکاف‌های موجود در اقیانوس‌اطلس، دریای‌سرخ و قاره‌ی‌افریقا در این‌دسته جای می‌گیرند. در همین محل‌ها است که پوسته‌ی اقیانوسی جدید تشکیل می‌شود و به‌اصطلاح بر وسعت پوسته زمین اضافه می‌شود.

۳ــ دسته‌ی سوم برخلاف دو دسته‌ی دیگر که در حاشیه‌ی ورقه‌ها قراردارند، از وسط ورقه‌ها خارج می‌شوند. آتش‌فشان‌های هاوایی دراین دسته جای می‌گیرند. برای پیدایش این‌قبیل آتش‌فشان‌ها



شکل ۸ــ۵ ــ موقعیتهای آتش‌فشانی مختلف درروی زمین

فرض می‌شود که در داخل گوشته نقاطی بسیارگرم (نقطه‌ی داغ) وجود دارد که سبب ذوب سنگ‌های عمقی می‌شود و آتش‌فشان‌هایی مانند جزایر هاوایی را به‌وجود می‌آورد. حرکت ورقه در بالای نقطه‌ی‌داغ باعث می‌شود که محل فعالیت آتش‌فشانی در زمان‌های مختلف تغییرکند و به‌همین دلیل در این مناطق تعدادی کوه آتش‌فشان با سن‌های مختلف به‌وجود آید، به‌طوری که همیشه مسن‌ترین آتش‌فشان فاصله‌ی زیادتری نسبت به نقطه‌ی‌داغ پیدا می‌کند و جدیدترین آتش‌فشان روی نقطه‌ی‌داغ قرار می‌گیرد (شکل ۱۶ ــ۳).

خطرات آتش‌فشان‌ها

اثرات اولیه آتش‌فشان‌ها مانند جریان گدازه، ریزش خاکستر، انفجار کوه‌ها، عبورابرهای سوزان، جریان‌های عظیم گِل و امواج حاصل از آتش‌فشان‌های دریایی می‌توانند زیان‌های جانی و مالی زیادی

را به‌همراه بیاورند. خوشبختانه پیشرفت‌های اخیر در دانش لرزه شناسی و بهبود روش‌های اندازه‌گیری حرکات زمین قبل از وقوع آتش‌فشانی این امکان را به‌وجود آورده که با جابه‌جا کردن مردم از منطقه‌ی خطر و همچنین جلوگیری از احداث ساختمان‌های جدید در نقاط خطرناک و حفر کانال‌هایی برای هدایت جریان‌های احتمالی گدازه و دورکردن آن از نواحی مسکونی خطرات ناشی‌از فعالیت‌های آتش‌فشانی به حداقل برسد.

فکر کنید

چرا کاهش خطرات آتش‌فشان‌ها به مراتب سهل‌تر از کاهش خطر زمین‌لرزه‌ها است؟

گذشته از اثرات اوّلیه، اثرات ثانویه‌ای هم ازاین‌قبیل فعالیت‌ها حاصل می‌آید که بر آب‌وهوا و جانداران تأثیر می‌گذارد. گاهی، اثر بر آب‌وهوا، جنبه‌ی جهانی به‌خود می‌گیرد. مثلاً، گازهای خروجی درحین یک آتش‌فشانی و بعد از آن، ممکن است شامل سولفوردی‌اکسید (SO_2) باشند که به‌سرعت با بخارآب و اکسیژن موجود در اتمسفر ترکیب می‌شود و اسید سولفوریک پدید می‌آورد. قطرکهای کوچک این اسید ممکن است سال‌ها در اتمسفر باقی بمانند و ریزش باران‌های اسیدی، یا اسیدی شدن آب‌ها را باعث شوند.

گازها و خاکسترهای آتش‌فشانی، بر نوع آب‌وهوای جهانی هم تأثیر می‌گذارند. چنین موادی، گاهی تا ۴سال بعد از فوران آتش‌فشان، همچنان در اتمسفر باقی می‌مانند. این مواد، قسمتی از نورخورشید را دوباره به فضا منعکس می‌کنند و از مقدار تشعشعاتی که به زمین می‌رسد، می‌کاهند. یکی از این‌موارد، فعالیت **کوه تامبورا** در سال ۱۸۱۵ در کشور اندونزی بوده است. این فعالیت، دوره‌ی سردی را به‌دنبال آورد که **سال‌بدون‌تابستان** نام‌گذاری شد، زیرا هوای بهار و تابستان تعدادی از کشورهای امریکای‌شمالی را درسال۱۸۱۶، به‌طور غیرعادی سرد کرد. نظیر همان اتفاق، درسال ۱۹۹۱ در فعالیت آتش‌فشان **پیناتوبو** در فیلیپین رخ داد و بازهم هوا اندکی سرد شد.

البته، هنوز به‌طور قطع نمی‌دانیم آیا فعالیت‌های آتش‌فشانی، چنان تأثیری را در آب‌وهوا باقی می‌گذارند یا نه ؛ این موضوع، نیازبه شواهد و بررسی‌های بیش‌تری دارد.

استفاده از آتش‌فشان‌ها

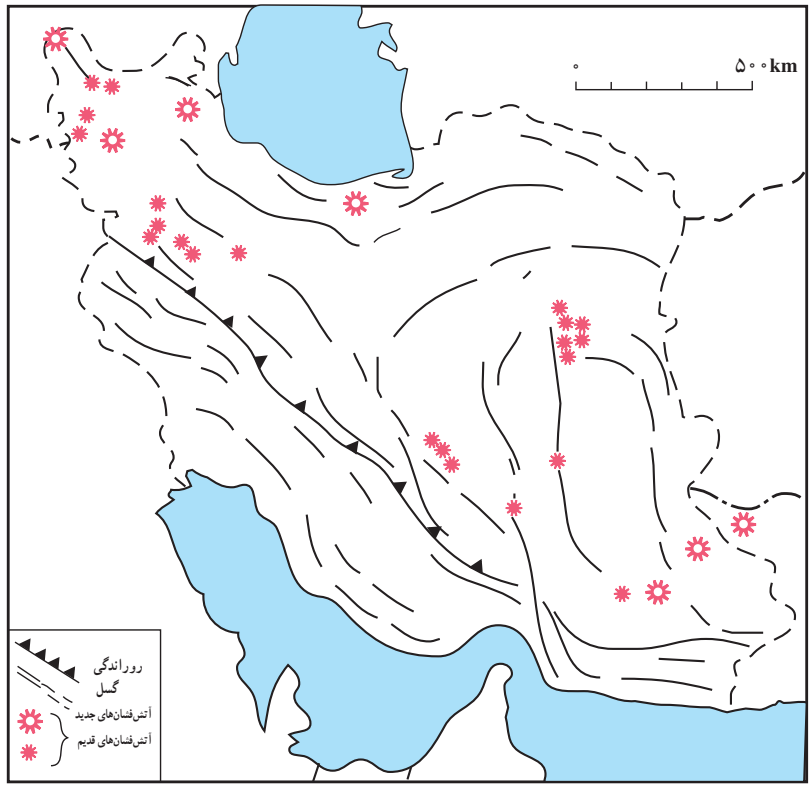
آتش‌فشان‌ها درمواردی می‌توانند سودمند باشند. تشکیل سرزمین‌ها و جزایر جدید دراثر آتش‌فشانی‌های زیردریایی، تولید موادی که اغلب دراثر هوازدگی به خاک کشاورزی‌مرغوب تبدیل

می‌شوند و برجای گذاردن برخی کانسارها را می‌توان از فواید آتش‌فشان دانست.

شاید مهم‌ترین کمک فرآیندهای آتش فشانی این باشد که پنجره‌ای به درون زمین بازکرده و نحوه‌ی عملکرد بعضی از فرآیندهای درونی این کره را برای ما روشن ساخته است.

فعالیت‌های آتش‌فشانی در ایران

کشور ما دارای تعدادی آتش‌فشان است که اغلب در گذشته‌ای نه‌چندان‌دور فعال بوده‌اند و برخی از آن‌ها مانند آتش‌فشان تفتان و دماوند در مرحله‌ی فومرولی هستند. شکل ۹ــ ۵ محل آتش‌فشان‌هایی را که در زمانی نزدیک فعال بوده‌اند، را از ۶۵ میلیون سال قبل تاکنون نشان می‌دهد. بررسی این نقشه نشان می‌دهد که مجموعه‌ی آتش‌فشانی ایران تقریباً از نظمی برخوردار است.



شکل ۹ــ۵ ــ محل گسل‌ها و آتش‌فشان‌های مهم ایران