آتشفشانها و مراکز آتشفشانی جدید

از: Volcanic successions Modern & Ancient
R.A.F. Cas & j.v. wright, 1988
ترجمه و تلخیص: محمّد علی اکرمی

مقدّمه

شناخت آتشفشانها از دیرباز مورد توجه آدمی بوده است. و برای مهار نیروی عظیم آن تلاش‌های زیادی شده است. آتشفشان‌شناسی علم جدیدی است که با فیزیک، شیمی، ژئوفیزیک و ترمودینامیک در ارتباط است: در واقع آتشفشانها راههای برقراری ارتباط انسان با واقعیات زمین‌شناسی اعماق غیرقابل دسترس بشر هستند. اهمیت این موضوع آن چنان زیاد است که در برخی آتشفشانها دستگاهها و تجهیزاتی برای بدست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی بکار رفته‌اند. از آنجائیکه آتشفشانها در نقاط ضعف زمین بوجود می‌آیند، ارتباط نزدیکی با کوهزایی دارند.

هنگامی که در مطالعه آتشفشانها فقط به مشاهدات توصیفی پرداخته شود در حقیقت موضوع بحث ولکانوگرافی (Volcanography) است درحالیکه آتشفشان‌شناسی (Volcanology) به چگونگی نحوه تشکیل و فعالیت آتشفشانها و ارتباط آنها با سایر علوم زمین‌شناسی نظیر تکتونیک، رسوب‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک می‌پردازد.

آتشفشانها را با توجه به چگونگی فعالیت به دو گروه آتشفشانهای یک مرحله‌ای (Mono - genetic) و چند مرحله‌ای (polygenetic) تقسیم می‌کنند. محصولات آتشفشانهای یک مرحله‌ای در پی یک فوران بوجود آمده‌اند بهمین دلیل از تنوع زیادی در ترکیب شیمیایی برخوردار نیستند. مثال باری کوتین در مکزیک. محصولات آتشفشانهای چند مرحله‌ای در طی چندین فوران بوجود آمده‌اند لذا از نظر ترکیب شمیایی تنوع دارند. مثال هاوایی در اقیانوس آرام تفاوت دیگری که این دو نوع آتشفشان با یکدیگر دارند ساده بودن سیستم مجاری عبور مواد مذاب در نوع یک مرحله‌ای و پیچیده بودن آنها در نوع چند مرحله‌ای است.

امروزه انواع فورانهای آتشفشانی را به سه دسته آتشفشانهای بازالتی، استراتو ولکان‌ها و آتشفشانهای ریولیتی تقسیم‌بندی می‌کنند.

در این مقاله علاوه بر اختصاصات آتشفشانهای فوق‌الذکر، آتشفشانهای زیر دریایی و آتشفشانهای زیر یخچالی را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

الف ــ آتشفشانهای بازالتی: آتشفشانهای بازالتی عمداً به سه صورت دیده می‌شوند:

الف ــ ۱ ــ آتشفشانهای سپری شکل

فوران این آتشفشانها آرام و بدور از انفجار بوده و مخروط آنها سپری شکل با قاعده بیضی یا دایره‌ای شکل می‌باشد. نسبت ارتفاع سپر به قطر قاعده ممکن است حدود ۱:۲۰ باشد. گدازه‌های آن عمدتاً از نوع پاهوهو* (Pahoehoe) و یا آآ** (aa) است. علاوه بر این گاهی مواد آذر آواری (Pyroclastic) مثل اسکوری بچشم می‌خورند. این قبیل آتشفشانها سپری شکلند و خود به سه دسته سپرهای هاوایی، سپرهای ایسلندی و گالاپاگوس طبقه‌بندی می‌شوند.

سپرهای هاوایی:

قطر قاعده سپرهای هاوایی بیشتر از ۵ کیلومتر و ارتفاع آنها گاهی به ۹ کیلومتر

---

* پاهوهو: گدازه بازالتی طنابی و بالش
** آ آ: گدازه بازالتی خشن و قطعه قطعه

می‌رسد. فوران در داخل یک شکستگی استوانه‌ای شکل که به آن کالدرا می‌گویند، بوقوع می‌پیوندد. مواد بیرون ریخته در این آتشفشانها به ۰/۱ کیلومتر مکعب در سال می‌رسد. از نظر ترکیب شیمیایی تولئیتی تا آلکالی متغیر است و با افزایش سن آتشفشان، میزان فوران کاهش می‌یابد. این آتشفشانها جزء بزرگترین آتشفشانها محسوب می‌شوند. مثل مانالوآ (Mauna loa) و کیسلوآ (Kilauea) در جزیره هاوایی.

سپرهای ایسلندی:

قطر قاعده این سپرها کمتر از ۱۵ کیلومتر و ارتفاعشان کمتر از یک کیلومتر است و فوران از یک دهانه مرکزی انجام می‌شود. عرض دهانه کمتر از یک کیلومتر بوده و در حاشیه آنها مواد ریزشی یافت می‌شود. این سپرها از تعداد زیادی جریانهای گدازه پاهوهو تشکیل شده‌اند و غالباً یک مرحله‌ای بوده و در زمان کوتاهی شکل گرفته‌اند.

سپرهای گالاپاگوس:

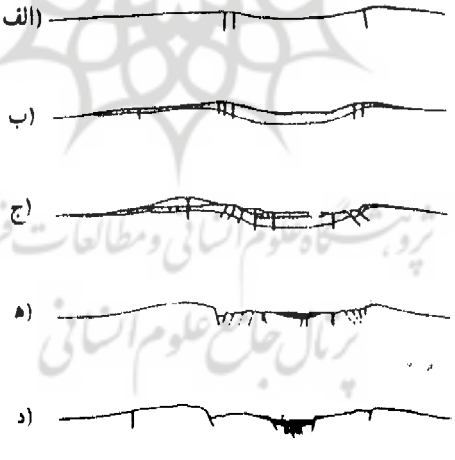
قطر کالدرای این سپرها بین ۳ تا ۸/۵ کیلومتر است. ارتفاع آنها از سطح دریا گاهی به ۳۵۰۰ متر می‌رسد. شیب ملایمی داشته و از نظر ترکیب شیمیایی مقدار مواد آلکالی آنها از بازالت‌های سازنده سپرهای هاوایی بیشتر است.

الف ــ ۲ ــ بازالتهای جلگه‌ای:

جلگه‌های بازالتی از وسیع‌ترین واحدهای فورانی بشمار می‌روند و با تجدید فعالیت آتشفشانی مرتباً بر وسعت و حجم آنها افزوده می‌شود و ممکن است حجم آن به یک میلیون کیلومتر مکعب هم برسد. بعنوان مثال می‌توان از جلگه یا فلات بازالتی رودخانه کلمبیا با وسعت ۲۲۰۰۰۰ کیلومترمربع و حجمی معادل ۱۹۵۰۰۰ کیلومتر مکعب نام برد. این فلات در طی ۲ تا ۳ میلیون سال تشکیل شده است.

جلگه‌ها و فلات‌های بازالتی با شکستگی‌های اولیه قاره‌ها رابطه نزدیکی دارند بطوری که بعضی از آنها در محل‌های شکستگی بزرگ قاره پانگه آ (Pangea) در مزوزوئیک و سنوزوئیک بوجود آمده‌اند. مثل فلات بازالتی اتیوپی.

مراحل تکوینی و تکامل فلات بازالتی اتیوپی توسط مور (Mohr) در سال ۱۹۸۳ میلادی بازسازی شد. امروزه مساحت این فلات ۶۰۰۰۰۰ کیلومترمربع است و احتمالاً در زمان پلیستوسن وسعت آن بیشتر و نزدیک به ۷۵۰۰۰۰ کیلومترمربع بوده ولی امروزه قسمتی از آن بر اثر فرسایش از بین رفته است. در شکل ۱ مراحل تشکیل آن در طی ۳۰ میلیون



شکل ۱ ــ تکامل فلات بازالتی اتیوپی در طی ۳۰ میلیون سال اخیر (طول مقطع ۱۰۰۰ کیلومتر است).
الف) فرو افتادگی و شکستگی اولیه
ب) فوران بازالت‌های تولئیتی در طی الیگوسن پایانی ــ میوسن
ج) با انجام فورانهای میوسن با ترکیب بازالت‌های آلکالی و تشکیل سپر بازالتی
د) بالا آمدگی فلات و فرسایش آن
ه) ایجاد پوسته جدید

سال اخیر نشان داده شده است. و خلاصه آن بدین شرح می‌باشد که ابتدا یک شکستگی اصلی در پوسته بوجود می‌آید و بدنبال آن فورانهای بازالتی تولئیتی و آلکالی صورت می‌گیرند. بعدها بالاآمدگی‌های ناشی از فوران تحت تأثیر فرسایش قرار گرفته و نهایتاً پوسته جدیدی تشکیل می‌شود.

الف ــ ۳ ــ مخروطها و حلقه‌های توفی و مآرها:

در جدول ۱ مشخصات کامل هر یک از سه حالت فوق دیده می‌شود. مخروطهای توف در طی فورانهای فراتو ماگمایی، یعنی برخورد ماگما با آبهای زیرزمینی، ایجاد می‌شوند. اگر این برخورد در نزدیک سطح زمین انجام گیرد موجب انفجار شده و مواد حاصل از آن به صورت حلقه‌ای از توف (Tuffring) در اطراف محل انفجار دیده می‌شود.

مآرها آتشفشانهای کم‌ارتفاع و مسطحی هستند که در پی چندین انفجار پیاپی تشکیل می‌شوند. غالباً از آب پر بوده و در محل انفجار دریاچه‌های کوچکی تشکیل می‌شوند.

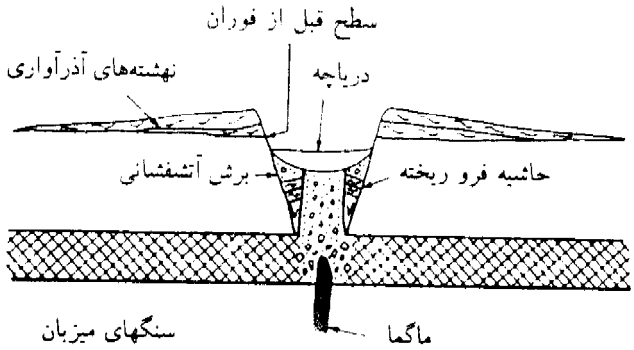
از نظر ترکیب شیمیایی غالباً مآرها اسیدتر از گدازه‌ها و مواد آذر آواری مخروطها و حلقه‌های توف هستند. لازم به ذکر است که هر سه نوع دهانه فوق را تحت عنوان کلی آتشفشانهای نوع مآر می‌نامند ولی مطابق جدول ۱ و شکل ۲ با هم تفاوتهایی دارند.

ب ــ آتشفشانهای مرکب یا استراتوولکانها

استراتو ولکانها جزء فراوانترین آتشفشانها بشمار می‌روند. مواد متشکله آنها شامل تناوبی از مواد آذر آواری و جریان‌های گدازه است (شکل ۳).

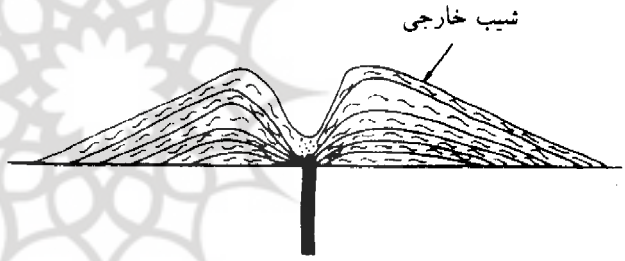
این آتشفشان‌ها مختص حاشیه‌های تصادمی ومخرب هستند. و بهمین خاطر از نظر

الف) مآرها



ب) حلقه‌های توف

ج) مخروطهای توف



شکل ۲ ــ فرق بین مقاطع عرضی سه نوع دهانه متفاوت مآر حلقه‌های توف و مخروطهای توف که در پی فورانهای فراتوماگمایی تشکیل شده‌اند.

جدول ۱ ــ اختصصات آتشفشانهای نوع مآر

	مآر	حلقه توف	مخروط توف
شیب دامنه آتشفشان	به سمت خارج	گنبدی شکل	گنبدی شکل
ارتفاع کف	پائین‌تر از اطراف	بالاتر از اطراف	بالاتر از اطراف
درصد مواد ماگمایی	۰ تا ۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰	۹۰ تا ۱۰۰
شیب سمت داخل	قائم یا خیلی زیاد	شیب‌دار	شیب‌دار
شیب سمت خارج	ملایم	شیب‌دار	شیب‌دار
قطر دهانه	زیاد	زیاد	کوچک
حجم مواد خروجی	کم	کم	زیاد

ترکیب سنگ‌شناسی کالک آلکالن و سرشار از اکسید آلومینیم هستند و عمدتاً آندزیتی می‌باشند.

اگر آتشفشان‌های نوع استراتوولکان مرتفع با شیب زیاد به سمت داخل باشند آن را سوما (somma) می‌نامند. این نام از کوهی بهمین اسم در کناره شمالی و شرقی مخروط فعال وزوو اخذ شده است. با توجه به فعالیت متناوب این قبیل آتشفشانها باید دوره‌های آرامش و استراحتی برای آنها منظور شود که دوره‌های استراحت استراتوولکانها بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ سال می‌باشد و این میزان نسبت به آتشفشان‌های بازالتی طولانی‌تر است. در استراتوولکان‌ها بعلت داشتن ارتفاع زیاد و مشکله‌های مواد منفصل آذرآواری (گدازه اندک) مستعد فرسایش و لغزش هستند.

وسل و دیویس (۱۹۸۱) چهار رخساره (Facies) را در استراتوولکانها به قرار زیر تشخیص دادند. (شکل ۴)

الف) رخساره قله آتشفشان: مجموعه‌ای از گدازه و نهشته‌های ریزشی

ب) رخساره ولکانی کلاستیک نزدیک: مجموعه‌ای از نهشته‌های خاکستر و قطعات

ج) رخساره ولکانی کلاستیک میانی: مجموعه‌ای از نهشته‌های لاهار و کنگلومرای رودخانه‌ای

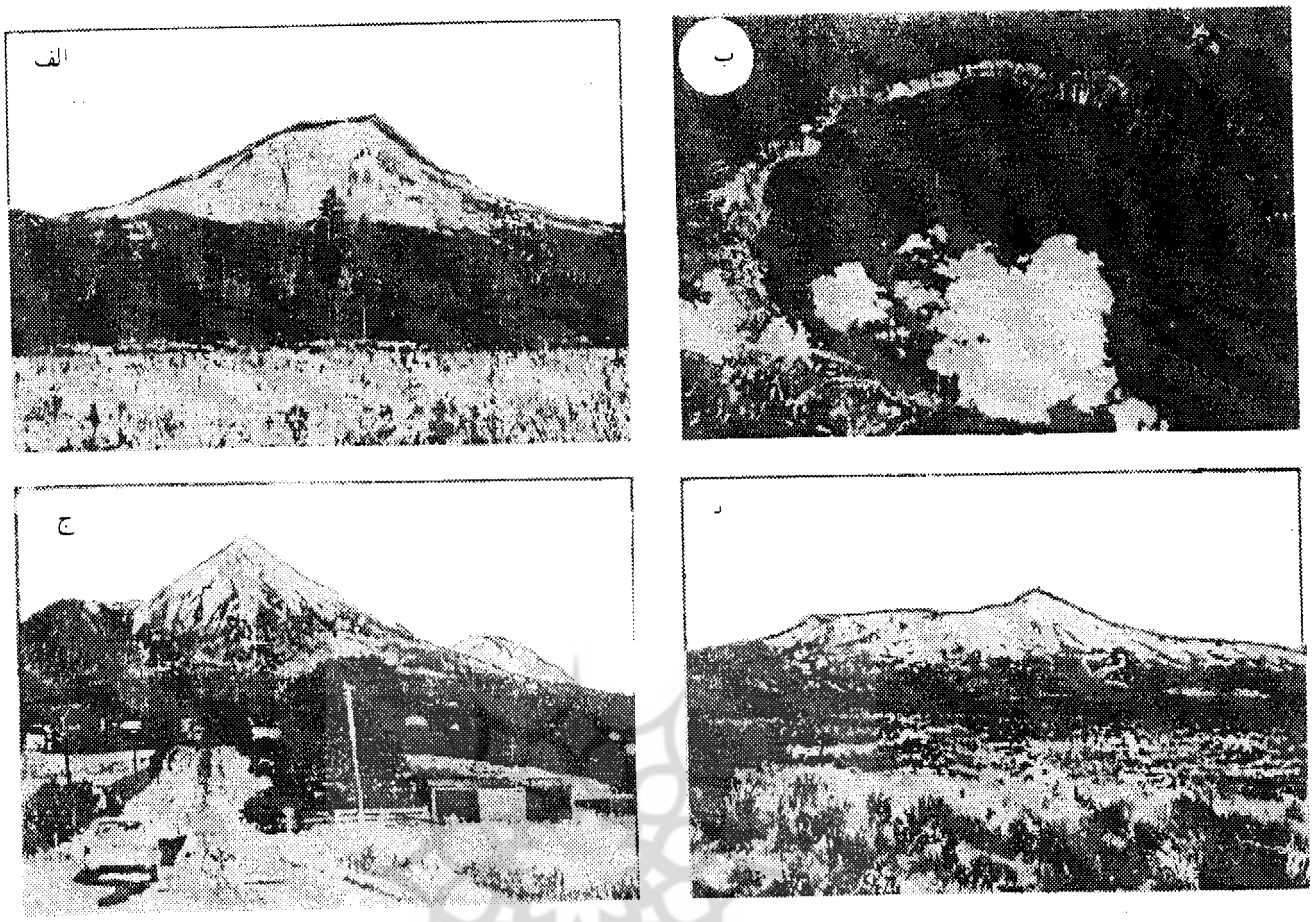
د) رخساره ولکانی کلاستیک دور: ماسه‌های رودخانه‌ای و کنگلومرایی که با رسوبات ساحلی ممزوجند.

اصولاً زمان تشکیل رخساره‌های فوق ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ سال تخمین زده شده است. و تناوب استراحت بین فورانها ۸۰ تا ۱۲۵ سال می‌باشد.

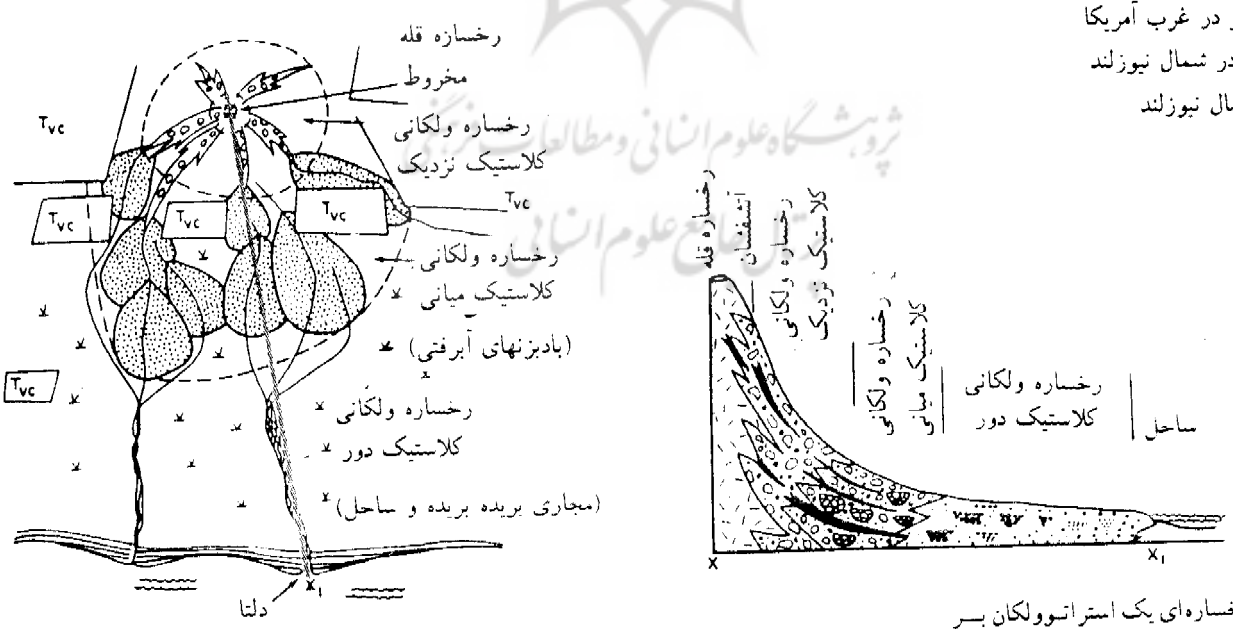
ج ــ آتشفشانهای ریولیتی:

آتشفشانهای ریولیتی غالباً چند مرحله‌ای

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

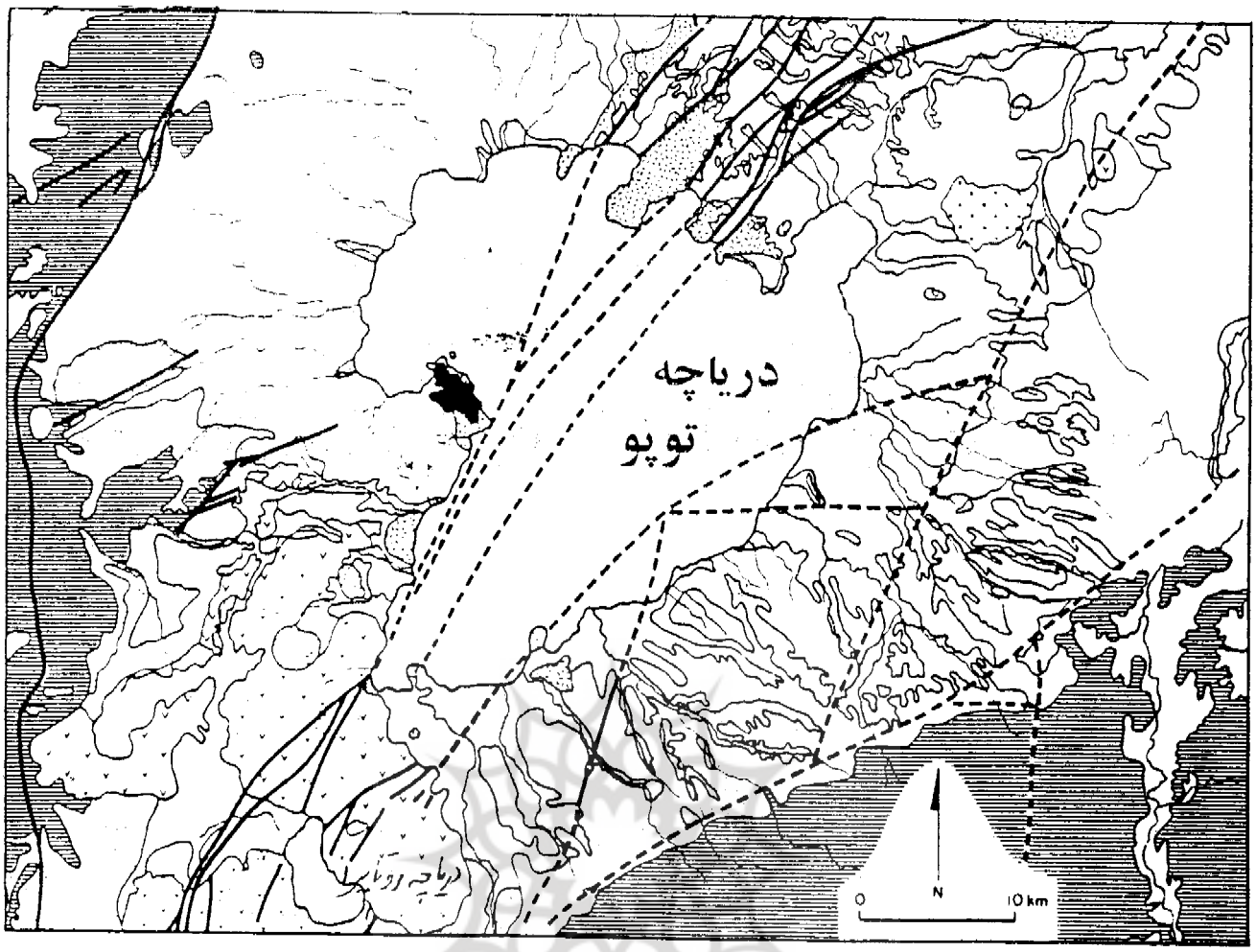


شکل ۳ ــ چند مثال از استراتوولکان‌ها
الف) کوه چاستا در غرب آمریکا
ب) دریاچه کراتر در غرب آمریکا
ج) کوه اگمانت در شمال نیوزلند
د) روپه‌هو در شمال نیوزلند



شکل ۴ ــ مدل رخساره‌ای یک استراتوولکان بر اساس مطالعه بر روی کوه فیوگو در گواتمالا
الف) T_{vc}: توده‌های ولکانی کلاستیک ترشیری که گودالهای کشیده‌ای را پر کرده‌اند.
ب) مقطع X - X را نشان می‌دهد.

گدازه
نهشته‌های خرده سنگ‌دار
نهشته‌های ریزشی
رسوبات درون مجاری

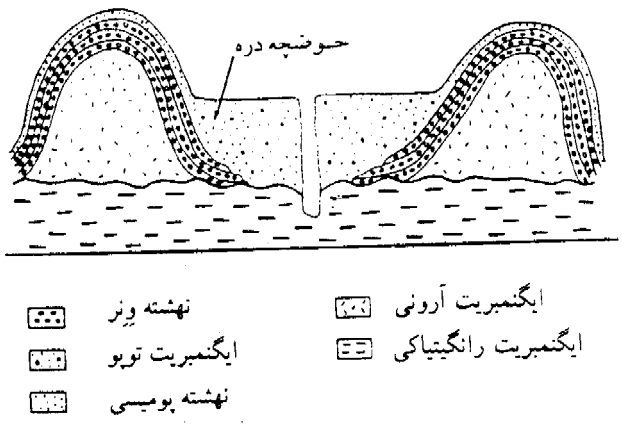


شکل ۵ ــ نقشه آتشفشان توپو در زلاندنو، سیستم زهکشی توسعه یافته است و در بخش پایینی دامنه آتشفشان، تنوع و توزیع محصولات آتشفشانی و اپی‌کلاستیک و پی سنگ قدیمی دیده می‌شود.

بوده و به جایگاههای تکتونیکی ویژه مثل ریفت (کافت) و گرابن وابسته‌اند. شکل آنها با استراتوولکانها تفاوت چشمگیری دارد. زیرا فاقد مخروط مرتفع بوده و غالباً ساختمانهای ولکانو ــ تکتونیکی وسیعی را تشکیل می‌دهند. می‌توان آنها را آتشفشانهای وارونه (Invers Volcanoes) نامید. (شکل ۵)

از دیگر خصوصیات آتشفشانهای ریولیتی قطر قاعده مخروط است که بین ۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر و قطر دهانه ۱۰ تا ۶۰ کیلومتر و شیب ۱ تا ۵ درجه و ارتفاع چند صد متر را نام برد. یکی از اختلافات بارز آتشفشانهای ریولیتی با استراتوولکانها مربوط به دوره استراحت طولانی آنهاست که گاهی ممکن است به یک میلیون سال برسد.

محصولات فورانهای ریولیتی، ایگنمبریت و پومیس است که ضخامت آنها در مرکز آتشفشان از ۱ تا ۱۰ متر در تغییر است. همچنین از نظر لایه‌بندی بین ایگنمبریت‌ها روابط پیچیده‌ای وجود دارد. بطوریکه هر کدام یک سطح فرسایشی را که توالی‌های قبلی را



شکل ۶ ــ طرح فرضی از ارتباط زمین‌شناسی، (ضخامت ایگنمبریت حوضچه دره مانند ۴۰ متر است).

قطع کرده، پر می‌کنند (شکل ۶) بنظر بیلی و اسمیت (۱۹۶۸) وقایع زیر بخشی از یک چرخه تکاملی آتشفشان‌های ریولیتی است:

۱ ــ بالاآمدگی ناحیه و ایجاد شکستگی حلقوی

۲ ــ فوران ایگنمبریت و ریزش کالدرا

۳ ــ رسوبگذاری در داخل کالدرا و بالا آمدگی گنبدی شکل

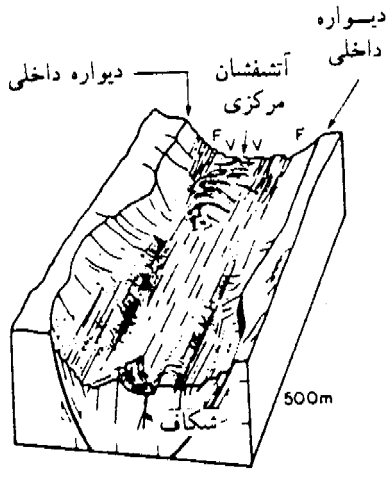
۴ ــ فعالیت آتشفشان اصلی و خروج گازها و بدنبال آن فعالیت چشمه‌های آب گرم که محلی مناسب برای تشکیل کانسارهای طلا و نقره از منشأ گرمابی است.

د ــ رشته ارتفاعات آتشفشانی میان اقیانوسی

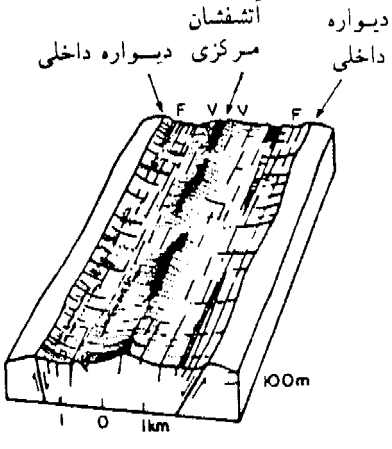
از شکاف میانی ارتفاعات اقیانوسی مواد مذاب بازالتی به آرامی خارج می‌شوند و باعث تشکیل و گسترش بستر اقیانوسها می‌گردند. این رشته ارتفاعات به نسوبه خود از آتشفشانهای نقطه‌ای زیادی تشکیل شده‌اند، که اهمیت زیادی دارند.

برخلاف اهمیت زیادشان به علت فرورانش به زیر پوسته قاره‌ای (و گاهی به زیر پوسته اقیانوسی دیگر) کمتر باقی می‌مانند. ولی در مناطقی در سطح زمین قابل رؤیت‌اند که تحت عنوان مجموعه‌های افیولیتی (ophiolite) از آنها نام برده می‌شود. و مجموعه‌های مزبور اصولاً در بخش جلو قوس و به صورت فرارانش (obduction) در حاشیه قاره‌ها دیده می‌شوند.

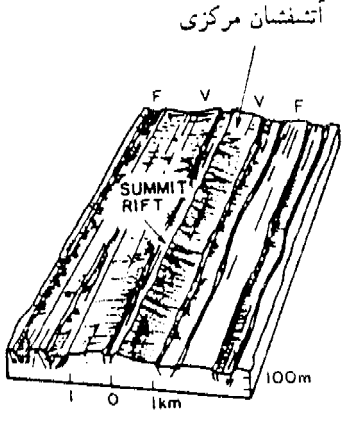
همانطور که قبلاً ذکر کردیم مواد مذاب بازالتی از شکاف رشته ارتفاعات میان اقیانوسی خارج می‌گردند. میزان خروج مواد مذاب با میزان گسترش کف اقیانوس متناسب است. مطابق شکل ۷ اگر سرعت گسترش، یعنی خروج مواد مذاب، کم باشد شکل دره ریفتی اولیه قابل تشخیص است (شکل ۷ ــ الف). در حالی که اگر سرعت گسترش متوسط باشد شکل آن چندان مشخص نیست (شکل ۷ ــ ب) و بالاخره در حالتی که گسترش سریع باشد شکل ریفت غیرقابل تشخیص می‌باشد (شکل ۷ ــ ج)



الف) کند



ب) حد واسط



ج) سریع

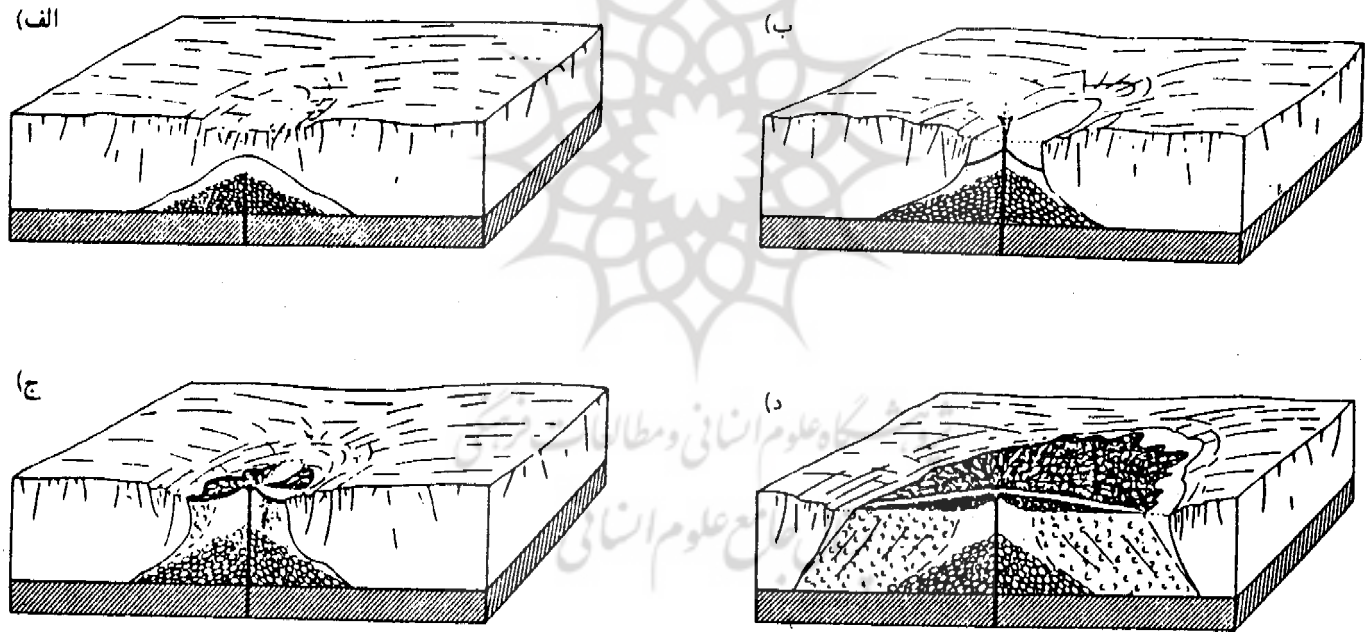
شکل ۷ ــ رشته ارتفاعات میان اقیانوسی که سرعت خروج مواد مذاب یعنی سرعت گسترش متفاوت دارند.

یکی از جالب‌ترین کشفیات اخیر در زمین‌شناسی اقتصادی و آتشفشان‌شناسی، مشاهده مستقیم مجاری فعال نهشته‌های سولفیدی یا دهانه‌های سیاه (smokers) در شرق ارتفاعات اقیانوس آرام می‌باشد. و عبارت از نفوذ آب به داخل مجاری شکستگی است که مسلماً با گرم شدن و داغ شدن آب همراه بوده و در عین حال ترکیباتی را در خود حل می‌کند. این آب سپس به صورت محلولهای گرمابی (Hydrothermal) از شکستگی‌ها خارج می‌شود. در محل خروج برجستگیهای کوچکی به ارتفاع ۲ تا ۴ متر که تماماً از نهشته‌های گرمابی برجای مانده‌اند، بوجود می‌آیند. (شبیه یک آتشفشان بسیار کوچک) که از دهانه آن مواد محلول به آب دریا وارد می‌شود. اینها همان دهانه‌های سیاه هستند.

ه ــ آتشفشانهای زیریخچالی

بهترین آتشفشانهای زیریخچالی در ایسلند واقع هستند که از نظر ترکیب شیمیایی ریولیتی، داسیتی، آندزیتی و بازالتی هستند. در فوران بازالتی زیریخچالی در ابتدا انباشته‌ای از گدازه بازالتی بالشی با دامنه‌های شیبدار بوجود می‌آید. وقتی گدازه از یک شکاف خارج شد، گنبدی از آب حاصل از ذوب یخ ایجاد می‌کند که نهایتاً گدازه شکل ارتفاع هم بعد و گنبدی شکل را تشکیل می‌دهد.

مراحل تکوین یک ارتفاع گنبدی (تویا) بدین شرح است که با نفوذ گدازه به داخل یخچال، یخ شروع به ذوب شدن می‌کند و این عمل موجب فرو نشست سطح یخچال می‌گردد با ادامه نفوذ گدازه ارتفاع یخ روی آن کاهش می‌یابد و در نتیجه از فشار هیدروستاتیک نیز کاسته می‌گردد. با کاهش فشار هیدروستاتیک انفجار روی می‌دهد. این انفجار ابتدا در درون یخچال بوقوع می‌پیوندد ولی با پیشرفت فرایند مذکور به انفجار هوایی منجر می‌گردد. و بالاخره گنبدی از گدازه و مواد آذرآواری تشکیل می‌شود که بدان تویا (Tuya) گوئیم. مراحل تکوین تویا در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ ــ مراحل تکامل یک تویا (Tuya) یا ارتفاع گنبدی شکل زیریخچالی

الف) مرحله ریزشی یخ بخاطر گرمای ماگمای خروجی از طریق مجرا در این مرحله گدازه بالشی بوجود می‌آید چون فشار هیدروستاتیک زیاد است.

ب) با ادامه ذوب شدن یخ، دریاچه‌ای در داخل یخچالی تشکیل می‌شود و فوران انفجاری و تشکیل نهشته‌های ولکانی کلاستیک را در پی دارد.

ج) مرحله انفجاری هوایی

د) مرحله پیشرفته انفجار هوایی