

روح سیال ابرها
 پیام من و آسمان و آفتاب را
 به آن اعماق که هنوز می‌سوزد
 فرو خواهد برد
 تا مگر قلب سنجین زمین
 با گدامین آتششان
 پیام ما را
 به گدامین نسل سرگشته
 باز گویند

ف - ۱ - نیسان

فصل هفدهم

فعالیت‌های ماگماهی

۱-۱۷- آشنایی

سه پدیده، فعالیت‌های ماگماهی^۱، آتششانی و دگرگونی با یکدیگر ارتباط نزدیک دارند. مثلاً "ماکما"، به هنگام حرکت صعودی خود به طرف بالا، سنگهای اطراف خود را دگرگور می‌کند و ممکن است به صورت آتششانها در سطح زمین جریان یابد. عوامل دگرگونی نیز ممکن است باعث (ذوب سنگها) شود و درنتیجه ماکمای جدیدی را تشکیل دهد. هرچنان می‌توان ماکما را هنگامیکه گدازه در سطح زمین جریان می‌یابد، به ظور مستقیم مشاهده کر و خواص آن را مورد مطالعه قرار داد ولی این مشخصات، مربوط به شرایط فشار و دمای موجود در سطح زمین است و در حالت کلی، با مشخصات ماکما در داخل زمین، که شرایط فشار و دمای آن متفاوت است، فرق دارد.

به طور کلی، ماکما را می‌توان به صورت مخلوط درهم و مذابی از مواد مختلف که قسمت اعظم آن سلیکات‌های مختلف و ماده اولیه، جهت تشکیل سنگهای آذرین است، تعریف کرد.

^۱ Magmatism

به تدریج که ماکما سردتر می‌شود، مواد مختلف موجود در آن، بسته به درجه انجام خود به تدریج از آن متبلور می‌شوند و کانیهای مختلف را تشکیل می‌دهند.

۲-۱۷- منشاء ماکما

ماکما از ذوب سنگهای درون زمین تولید می‌شود و در این بحث مسایلی نظری محل تشکیل، درجه حرارت و موادی را که ماکما نتیجه ذوب آنهاست بررسی می‌کنیم.

۱-۲-۱۷- عمق تشکیل ماکما - همانطوریکه در مبحث حرارت زمین دیدیم، هرچقدر از سطح زمین پائین‌تر رویم، دما افزایش می‌یابد به‌طوری که در عمق ۵۵ کیلومتری، دما برای ذوب سنگها کافی است.

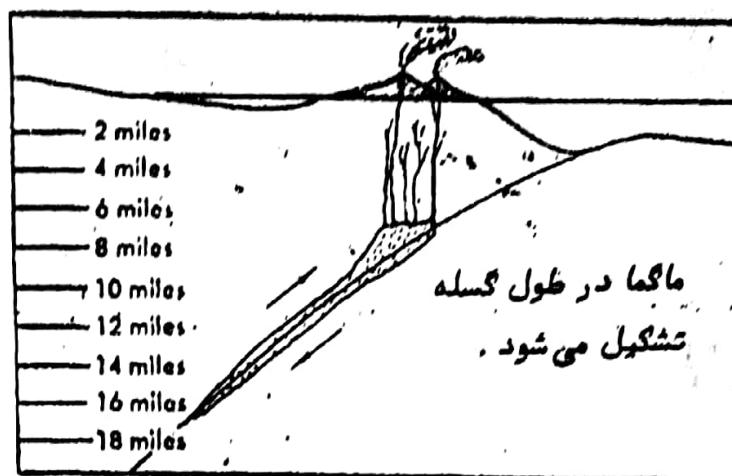
براساس آزمایش‌های انجام شده بر روی ماکماهای مختلف (که به صورت گدازه به مسطح زمین رسیده‌اند)، مشخص شده است که عمق اکثر آنها از چند صد کیلومتر تجاوز نمی‌کند و می‌دانیم که این عمق مربوط به قسمت بالائی گوشته است.

۲-۲-۱۷- دمای لازم جهت تشکیل ماکما - از آنجا که سنگها از کانیهای متفاوت تشکیل شده‌اند لذا، در یک دمای معین، تمام کانیهای آن ذوب نمی‌شود بلکه، با ازدیاد درجه حرارت ابتدا کانیهای زودگذار و سپس کانیهای متوسط و دیرگذار ذوب می‌شوند. اگردریک نقطه دما ثابت باشد، کانیهای زودگذار سنگ ذوب و از آن جدا می‌شوند و بدین ترتیب، ترکیب سنگ باقیمانده با سنگ اولیه متفاوت می‌شود.

از سوی دیگر می‌دانیم که نقطه ذوب کانیها و درنتیجه سنگها با افزایش فشار تغییر می‌کند. مثلاً "آلبیت" که یکی از کانیهای گروه فلذیات است، در سطح زمین در دمای ۱۱۰۴ درجه سانتیگراد ذوب می‌شود در صورتیکه نقطه ذوب همین کانی در عمق ۱۰۰ کیلو متری زمین (که فشار ۳۵۰۰۰ مرتبه زیادتر از سطح زمین است) به ۱۴۴۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. بدین ترتیب، گرچه با افزایش عمق، دما زیاد می‌شود ولی درنتیجه افزایش فشار نقطه ذوب سنگها نیز بالا می‌رود.

علاوه بر افزایش دمای زمین نسبت به عمق (شیب زمین گرمایی)، در بعضی موارد ممکن است حرارت لازم جهت ذوب سنگها از طریق دیگر تأمین شود. مثلاً "هنگامیک" دو

قسمت زمین در اثر حرکات مختلف پوسته بر رویهم مالبیده شوند (مثل " تشکیل گسله‌ها) ممکن است حرارت ناشی از اصطکاک این دو قسمت، جهت ذوب سنگها و درنتیجه تشکیل ماقما کافی باشد (ش ۱۷-۱) .

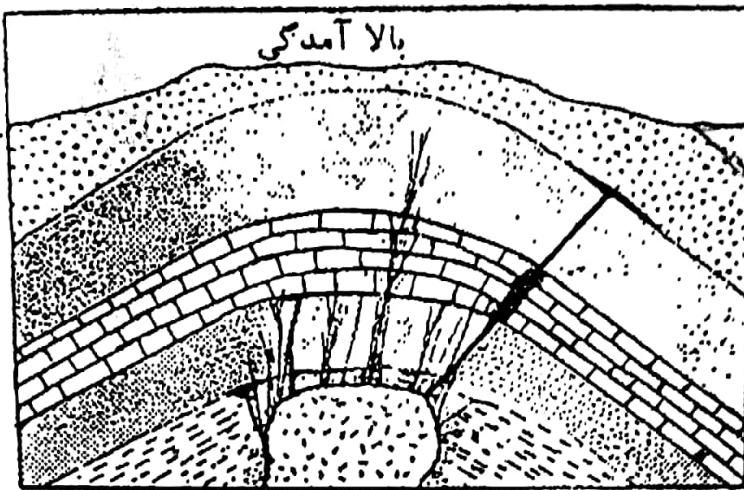


ش ۱۷-۱- تشکیل ماقما درنتیجه حرارت حاصله از اصطکاک سنگهای طرفین سطح گسله (۵۰)

باتوجه به این نکته که "در بسیاری موارد، تشکیل گسله‌ها و فعالیت‌های ماقمایی تواما" انجام می‌کیرد، صحت این نظریه تأثید می‌شود. به عنوان مثال می‌توان از کمربند حاشیه‌ای اقیانوس کبیر نام برد که در آن، زلزله، فعالیت‌های آتش‌نشانی و فعالیت‌های گسلی همزمان دیده می‌شود.

علاوه بر پدیده پاد شده، در بعضی موارد، حرکت صعودی کازهای داغ که از قسمت‌های عمیق زمین به سوی قسمت‌های بالا در حرکت است، ممکن است دما را تا حد نقطه ذوب سنگها بالا ببرد.

در بعضی موارد ممکن است در اعماق زمین در اثر تقلیل فشار، در دمای موجود، ذوب و ماقما تشکیل شود ولی، بایستی توجه داشت که در چنین مواردی، کاهش فشار به تنهایی کاری انجام نمی‌دهد بلکه بایستی حرارت لازم نیز جهت ذوب سنگها تأمین شود و این حرارت معمولاً درنتیجه گرمای طبیعی زمین وجود دارد. به عینوان مثالی در این منور می‌توان شکل ۲-۱۲ را درنظر گرفت. مطابق شکل، قسمتی از فشار ایتوستاتیک طبقات به علت شکل تاقدیسی سنگها، خنثی شده و درنتیجه، فشار کاهش یافته و در اثر آن، سنگها ذوب نشده است.



ش ۷ (۲) - تشکیل مأگما به علت گاهش فشار (۵۰)

۱۷-۲-۳- مواد تشکیل دهنده ماگما- به طوریکه دیدیم، ماکما از ذوب سنگهای موجود در قسمتهای داخلی زمین به وجود می آید و بسته به ترکیب این سنگها، ماکماهای مختلفی تشکیل می شود که آنها را در شرح انواع ماگما بررسی خواهیم کرد.

١٧-٣- مشخصات مأگما

۱۷-۳-۱- ترکیب- از آنجا که قسمت اعظم سنگهای آذرین را شش گروه کانیهای کوارتز، فلدسپاتها، میکاها، پیرکسن‌ها، آمفیبل‌ها و الیوین تشکیل می‌دهند، بنابراین با پستی انتظار داشت که عناصر تشکیل دهنده کلتیهای بمعزیزون، اجزای اصلی تشکیل دهنده ماگما باشند. این عناصر O , H , Mg , Fe , K , Na , Ca , Al , Si هستند. اگر این عناصر را به صورت ترکیب در نظر گیریم، ترکیبات SiO_2 , Al_2O_3 , CaO و H_2O مهمترین اند که در بین آنها دو ترکیب SiO_2 و H_2O از نظر خواص ماگما اهمیت بیشتری دارند.

ما پستی توجه داشت که ترکیب سنگهای آذربین درونی نمی‌تواند معرف ترکیب شیمیایی
ماکما باشد زیرا به طوریکه خواهیم دید، کانیهای مختلف، بسته به درجه انجاماد خود، در
مراحل مختلف از ماکما جدا می‌شوند و سنگهای متفاوتی را تشکیل می‌دهند. بدین ترتیب،
ترکیب این دسته سنگها نماینده قسمت خاصی از ماکما است ولی از آنجا که گدازه‌های
آتشفشاری به سرعت سرد می‌شوند، لذا ماکما در این حالت فرصت تفرق ماقمایی کامل

سازه ای از ۵۰ سلیس . بازالت
آندریتی صرود ۱۰ سلیس . آندریتی

فعالیت‌های مagmaئی ایولیت سارار . ۷ تراست و ریلت ۳۴

نیدارد و بنابراین ترکیب این دسته سنگها، به ترکیب واقعی magma نزدیکتر است. بررسی این دسته گدازه‌ها نشان داده است که سلیس، ۴۵ تا ۷۵ درصد وزنی magmaهای مختلف را تشکیل می‌دهد و همین مطالعات روشن ساخته است که، سه دسته magmaهای زیر معمولی ترین حالات magma هستند:

الف - magma بازالت^۳ - که بیش از ۵۰ درصد آن را سلیس تشکیل می‌دهد و گروه سنگهای بازالت را به وجود می‌آورد.

ب - magma آندزیتی^۴ - که حدود ۶۰ درصد آن را سلیس تشکیل می‌دهد و آندزیتها را به وجود می‌آورد.

ج - magma ریولیتی^۵ - که گرانیت‌ها و ریولیت‌ها را تشکیل می‌دهد و بیش از ۷۰ درصد آن را سلیس تشکیل می‌دهد.

گازهایی که در magma حل شده‌اند، در خواص آن نقش مهمی را اتفاق می‌کنند ولی علی‌رغم اهمیت آنها، تعیین مقدار و نوع گازهای موجود در magma بسیار مشکل است. به طور کلی می‌توان گفت که مهمترین این گازها، بخار آب است که همراه با دی‌اکسید کربن بیش از ۹۰٪ درصد گازهای خروجی آتشفشارها را تشکیل می‌دهد. از جمله گازهای دیگر موجود در magma، (ازت) کلر، گوگرد و آرگن است. علاوه بر اینها، انواع مختلف گازهای دیگر نیز در ترکیب گازهای آتشفشاری وجود دارد که "جیما" بیش از یک درصد گازهای محتوی را تشکیل نمی‌دهند.

با این‌توجه داشت که، هرچند تعیین ترکیب و درصد گازهایی که از آتشفشارها خارج می‌شود به دقت انجام می‌گیرد ولی از روی آنها نمی‌توان گازهای واقعی موجود در magma را تعیین کرد. مثلاً "در فعالیت آتشفشار پاریکوتین"^۶ واقع در مکزیکو، در ماه مه ۱۹۴۵، روزانه در حدود ۱۱۶۰۰۰ تن مواد مختلف از دهانه آتشفشار خارج می‌شد که از این آتشفشار مزبور، در همان شرایط، فقط قادر به حل ۱۰ درصد بخار آب است. بنابراین با این‌توجه تصور کرد که تمام بخار آب خارج شده از آتشفشار به صورت محلول در magma نبوده بلکه مقداری از آن، از تبخیر آبهای زیرزمینی، درنتیجه حرارت ناشی از magma حاصل شده است:

3. Basalitic

4. Andesitic

5. Rhyolitic

6. Paricutin

بدین ترتیب هیچگاه نمی‌توان به ترکیب و درصد واقعی گازهای موجود در ماگما پی برد ولی از آنجا که قسمتی از گازهای موجود در گدازه آتشفسانی شبیه‌ای، به خاطر انجماد سریع در آنها محبوس می‌شود، لذا ترکیب این گازها تا حدودی می‌تواند نمایشگر گازهای موجود در ماگما باشد.

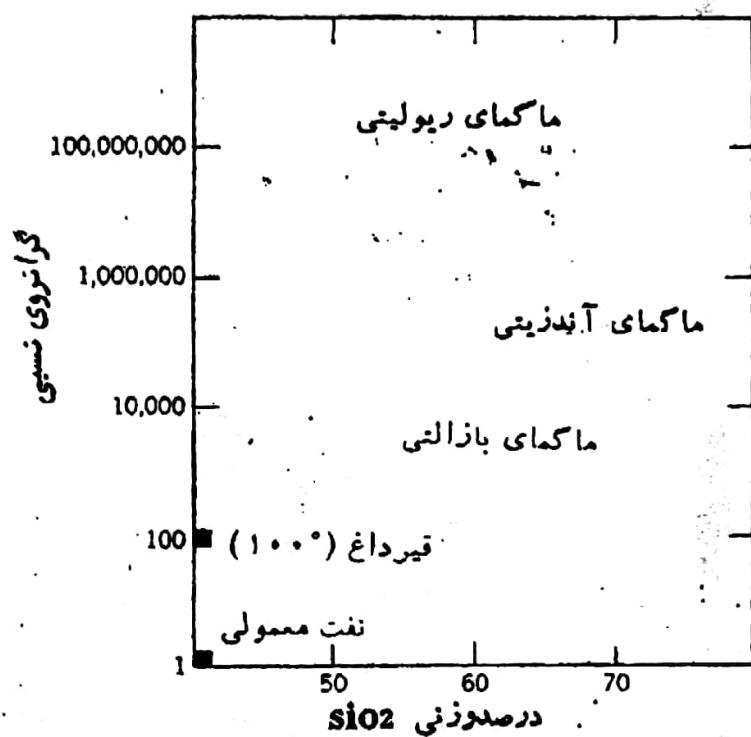
براساس مطالعات انجام شده می‌توان گفت که مجموع گازهای محلول در ماگما زیاد نیست و غالباً "از ۵ درصد کمتر است.

۱۷-۲-۳- دما - اندازه‌گیری دما گدازه‌هایی که از آتشفسانها خارج می‌شود از نزدیک‌کاری شکل و اغلب با مخاطراتی همراه است و بنا بر این بایستی دما را از فواصل دور اندازه‌گرفت که این کار معمولاً "به مسیله پیرومتر^۲" انجام می‌گیرد. اندازه‌گیری‌های انجام شده، دمای گدازه‌ها را در حدود ۱۵۴۰ تا ۱۲۵۵ درجه سانتیگراد نشان داده است. در بعضی موارد استثنایی دمای گدازه‌هایی که هنوز جریان داشته‌اند در حدود ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شده است.

۱۷-۳-۳- گرانزوی^۱ - به جز در بعضی موارد استثنایی، ماگما به کندی و به اشکال جریان می‌یابد. گرانزوی ماگماهای مختلف متفاوت است و طبیعتاً هرچقدر گرانزوی آنها زیاد‌تر باشد سیالیت آنها کمتر است. گرانزوی ماگما به ترکیب شیمیائی و بخصوص درصد سیلیس و نیز به دمای آن بستگی دارد. گرانزوی ماگما با دمای آن نسبت معکوس دارد بدین معنی که هرچقدر دما زیاد‌تر باشد گرانزوی آن کمتر و جریان پذیری آن بیشتر است. هنگامیکه ماگما از دهانه آتشفسان خارج می‌شود، در اثر دمای بالا، به سرعت به جریان می‌افتد ولی کمی بعد، به علت سردشدن، گرانزوی‌اش افزایش می‌یابد و بدین ترتیب حرکت آن آهسته می‌شود.

ترکیب شیمیائی ماگما نیز در گرانزوی آن موثر است ولی تأثیر آن به سادگی دما نیست. به طوریکه گفته‌یم، چهار وجهی^۹‌های سیلیس که در کانیهای سیلیکاته وجود دارند، در ماگما نیز به چشم می‌خورد ولی برخلاف کانیها، چهار وجهی‌های موجود در ماگما، اشکال درهمی را تشکیل می‌دهند و هرچقدر تعداد چهار وجهی‌ها در ماگما زیاد‌تر شود، خواص ماگما به سمت جامدات تمایل می‌یابد و مقاومت آن در برابر جریان و یا به عبارت دیگر

گرانروی آن اضافه می‌شود. اما مقدار چهار وجهی‌ها به درصد سیلیس محتوی بستگی دارد و بدین ترتیب، هرچقدر درصد سیلیس موجود در ماقما زیادتر باشد، گرانروی آن زیادتر است (ش. ۱۷-۲).



"در این شکل گرانروی نفت در ۲۵ درجه سانتیگراد واحد و گرانروی قیرداغ در ۱۰۰ درجه سانتیگراد معادل ۱۰۰ فرض شده است"

ش. ۱۷-۳-تأثیر درصد سیلیس در گرانروی ماقما (۴)

مطابق شکل، گرانروی ماقمای بازالتی کم است و به آسانی به جریان می‌افتد. مثلاً کدازه‌هایی که در سال ۱۸۵۰ از آتششان مونالوا^{۲۵} واقع در هوای خارج می‌شد، با سرعت ۱۶ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کرد ولی البته این حالت استثناء است و سرعت گدازه‌ها معمولاً از چند متر در ساعت و پا/چند متر در روز تجاوز نمی‌کند. گرانروی ماقماهای با ترکیب ریولیتی به قدری زیاد است که حرکت آن را به دشواری می‌توان حس کرد.

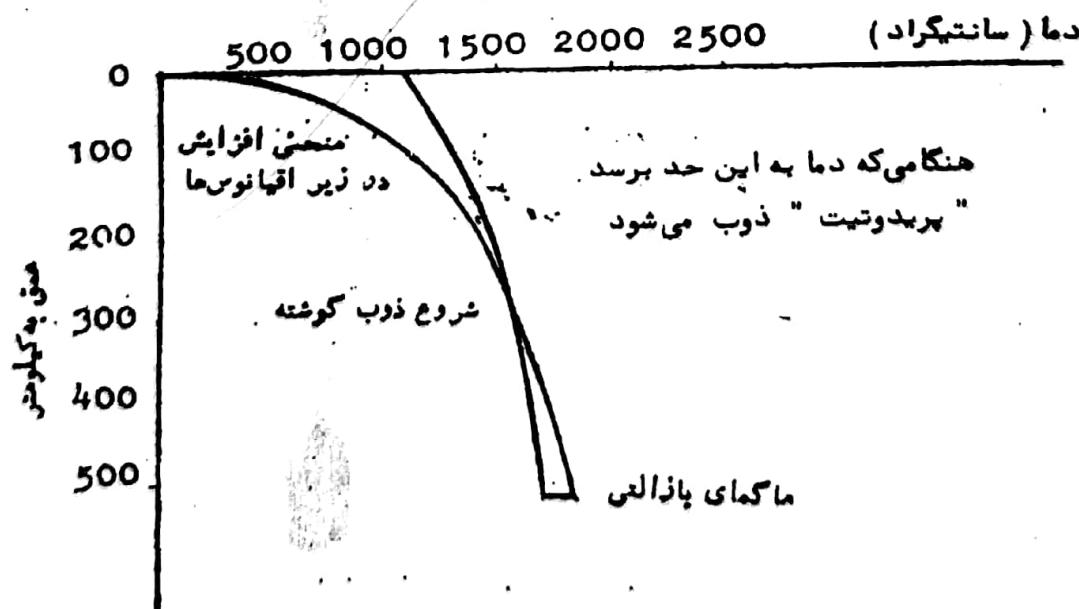
گرانروی ماقمای ریولیتی در آسامی ۳۰۰-۳۲۰ مم اند
10. Mauna Loa

گرانروی ریولیتی هم قدری نمی‌باشد. از این که حرکت آن مراقبه می‌نماید

۴-۱۷- انواع ماگما

قبل از "گفتیم که، ماگماها را از نظر ترکیب به سه دسته ماگمای بازالتی، آندزیتی و ریولیتی تقسیم می‌کنند که در زیر آنها را شرح می‌دهیم:

۱-۴-۱۲- ماگمای بازالتی- بازالت، سنگ آذرین مشخصه پوسته نازک اقیانوسهاست. به طوریکه در مباحثت گذشته دیدیم، پوسته زمین در زیر اقیانوسها نازک است و بلافاصله در زیر آن گوشته بالائی قرار دارد که این قسمت، مواد اولیه لازم را جهت تشکیل ماگمای بازالتی نمی‌میند. مطالعه ماگماهای بازالتی نشان داده است که این ماگما، مقدار کمی بخار آب دارد به طوریکه ندرتاً "مقدار آن به ۱/۰ درصد می‌رسد و بدین ترتیب بایستی انتظار داشت که ماگمای بازالتی، طی فرآیند "ذوب خشک" بوجود آمد باشد. اطلاعاتی که در مورد ترکیب گوشته زمین در دست است نشان می‌دهد که گوشته از نظر ترکیب با ماگمای بازالتی متفاوت است و بنابراین ماگمای بازالتی بایستی از ذوب قسمتهای خاصی از گوشته، تحت شرایط ذوب خشک، حاصل شده باشد. برای تعیین قسمتهای از گوشته که ماگمای بازالتی تولید می‌کند، مطالعات فراوانی انجام گرفته است. می‌دانیم که قسمت بالائی گوشته، از سنگهایی با ترکیب پریدوتیت تشکیل شده است. در عمقی ۳۵۰ کیلومتری، دمای ناشی از "شبب زمین گرمایی" به حدی می‌رسد که در تحت شرایط فشاری موجود، قادر به ذوب خشک سنگهای مذبور است (ش ۱۲-۳).



ش ۱۲-۳- منحنی عمق - دما برای شروع ذوب هریدوتیت و تشکیل ماگمای بازالتی (۶)

با اینستی توجه داشت که دمای موجود در عمق یاد شده، فقط قادر به ذوب قسمتهایی از پریدوتیت با ترکیب شبیه بازالت است. وجود بخار آب، ولو به مقدار خیلی کم، سبب می‌شود که عمل ذوب در دمای پائین‌تر و اعمق کمتر شروع شود. بنابراین عمق ۳۵۰ کیلو متر حد اکثر عمقی است که در آن ممکن بازالتی تشکیل می‌شود. بطالعات نشان داده است که در بعضی موارد، حتی در اعمق ۱۵۰ کیلومتری نیز این نوع ممکن تشکیل می‌شود. هر چند ترکیب دقیق گوشه و نحوه ذوب انتخابی آن هنوز مورد توافق تمام دانشمندان نیست ولی امروزه این مسئله که، "مولو" ممکنای بازالتی از ذوب قسمتهایی از سنگهای گوشه به وجود می‌آید، مورد تأثیر اکثر دانشمندان است.

مسئله بعدی که بایستی به آن توجه کرد، علت حرکت ماقمای مایع به سمت بالا است. می‌دانیم که جرم مخصوص مواد مذاب حاصله، عموماً "کمتر از جرم مخصوص سنگهای تشکیل دهنده آنهاست و بدین ترتیب، مواد ضمن ذوب، به سمت بالا حرکت می‌کنند. ضمن حرکت مایع به طرف بالا، هرچند دمای آن کاهش می‌باید ولی کم شدن فشار سبب می‌شود که جسم بتواند حالت مایع خود را حفظ کند و در بسیاری موارد، ماقماهای بازالتی به سطح زمین می‌رسند و به صورت گدازه در آن جریان می‌یابند. به همین دلیل است که بازالت، هکی از فراوان ترین سنگهای آذرین است در صورتیکه گابرو، سنگی که از نظر ترکیب شبیه آن است ولی به حالت نفوذی در زیر زمین تشکیل می‌شود، نادر است.

۱۷-۲-۴- ماقمای آندزیتی - ترکیب شیمیائی آندزیت، به ترکیب شیمیائی متوسط پوسته زمین در قاره‌ها شبیه است و آندزیت و سنگ نفوذی هم ترکیب آن یعنی دیبوریت، "معمول" در قاره‌ها یافت می‌شوند. با توجه به این دو نکته، می‌توان تصور کرد که ماقمای آندزیتی، از ذوب کامل قسمت‌هایی از پوسته در زیر قاره‌ها تولید می‌شود. هرچند قسمتی از ماقماهای آندزیتی ممکن است به این روش تشکیل شوند ولی این پدیده نمی‌تواند جوابگوی تمام ماقماهای با ترکیب آندزیت باشد. به عنوان مثال می‌توان از آن دسته از ماقماهای آندزیتی نامبرد که از دهانه آتشفشارهای زیر دریائی، که فاصله‌شان با قاره‌ها زیاد است خارج می‌شوند. مطالعاتی که ذر آزمایشکارها انجام گرفته نشان داده‌است که ذوب موضعی بازالت مرطوب در تحت شرایط خاص، می‌تواند ماقمایی با ترکیب آندزیت به وجود آورد و در تعبیر این مسئله راه حل جالبی به شرح ذیر ارائه شده است:

هنکامی که براساس نظریه تکتونیک صفحه‌ای^{۱۱۱}، یکی از صفحات لیتوسفر، به گوشت

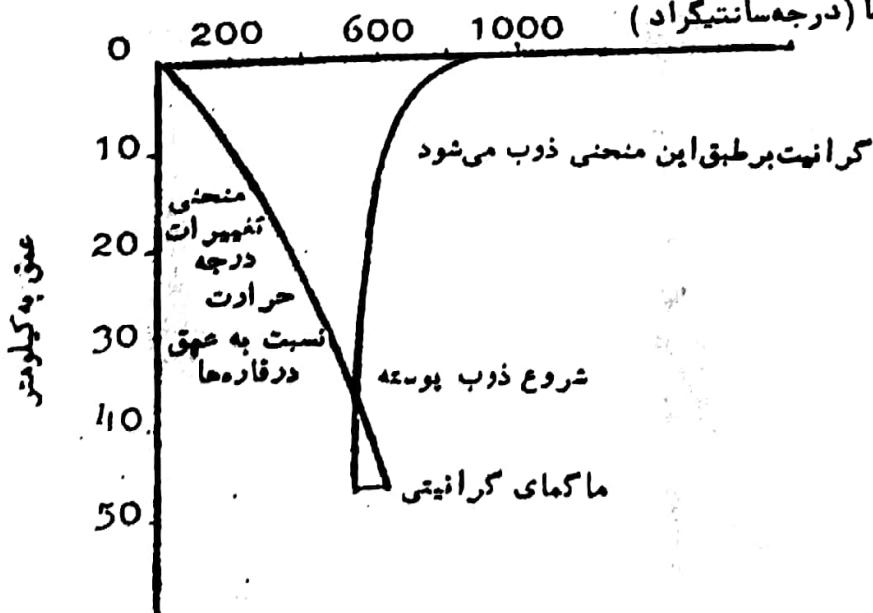
* نظریه تکتونیک صفحه‌ای که جدیدترین نظریه در مورد منشاء عوامل داخلی زمین است

در فصل بیست و یکم تشریح گردیده است.

زمین می‌رسد، در حقیقت پوسته مرطوب اقیانوسها را در مجاورت گوشه قرار می‌دهد و در نتیجه، در اثر حرارت موجود، قسمتهایی از پوسته بازالتی ذوب می‌شود و بدین ترتیب ماقمایی با ترکیب آندزیت به وجود می‌آید. هرچند هنوز صحت این نظریه جالب به اثبات نرسیده است ولی دلائلی وجود دارد که درستی آن را آشکار می‌سازد.

۱۷-۴-۳-۳- ماقمای ریولیتی - در مورد ماقمای ریولیتی، دو نکته وجود دارد که نمایشگر منشاء آنها است. اولین مطلب این است که، تمام آتشفانهای جدیدی که از آنها ماقمای ریولیتی خارج شده، در محدوده پوسته قاره‌ای وجود داشته‌اند؛ توزیع آتشفانهای قدیمی با ترکیب ریولیت و سنگهای نفوذی هم ترکیب آنها (مثل گرانیت و گرانودیوریت) ، نیز به سطح قاره‌ها محدود است. نکته دوم آن است که همیشه، با ماقمای ریولیتی که از آتشفانهای خارج می‌شود، مقداری بخار آب نیز همراه است و نیز گرانیت‌ها همواره مقدار زیادی کانیهای آب‌دار از قبیل میکاها و آمفیبل‌ها دارند. توجه به این دو نکته موئید این مطلب است که منشاء ماقمای ریولیتی پوسته قاره‌ها است. آزمایش‌های انجام شده نیز صحت این نظریه را به اثبات رسانده است زیرا در این قبیل آزمایشها، سنگهای آبدار تشکیل‌دهنده پوسته قاره‌ها، ذوب شده و ترکیب اولین قسمتهای ذوب شده این سنگها، نظیر گرانیت بوده است.

به طوریکه در شکل ۱۷-۵ دیده می‌شود، منحنی نمایش " ذوب مرطوب " ماقمای گرانیتی، منحنی نمایش تغییرات دما نسبت به عمق را در نقطه‌ای که عمق آن ۴۵۰ کیلو دما (درجه سانتیگراد)



ش ۱۷-۵ - منحنی عمق - دما در مورد ذوب گرانیت در مجاورت آب (۶)

متراست قطع می‌کند که این عمق، نمایشگر قسمتهای پائین پوسته است. بدین ترتیب، سنگهای موجود در این عمق در اثر حرارت ذوب و درنتیجه، ماقمای ریولیتی تشکیل می‌شود. سنگهای گرانیت و کرانودیوریت فراوان‌اند ولی گسترش سنگهای ریولیتی زیاد نیست و در مقایسه با ماقمای بازالتی، متوجه می‌شوند که در این مورد به عکس حالت اول، سنگهای نفوذی فراوان و سنگهای خروجی مربوط به این نوع ماقما نادر است. توجیه این مسئله، تا مدت‌ها نظر داشتمدان را به خود مشغول داشت. توجه به شکل ۱۷-۵ تا حدودی مسئله را توضیح می‌دهد. مطابق شکل، هنگامیکه ماقمای تشکیل شده به طرف بالا حرکت می‌کند، فشار آن کاهش می‌یابد و به علت کاهش فشار بخار آب، نقطه ذوب ماقما بالا می‌رود. بنابراین، برای مایع باقیماندن ماقما، لازم است که دمای آن افزایش یابد ولی به طوریکه می‌دانیم، دما نیز در قسمتهای بالا کمتر می‌شود. بنابراین، قسمت عمده ماقمای ریولیتی در داخل زمین سرد می‌شود و سنگهای نفوذی گروه گرانیت را به وجود می‌آورد و فقط مقدار کمی از آن ممکن است به سطح زمین راه یابد و در آن جاری شود.

۱۷-۵- انجماد و تبلور ماقما

یکی از مهمترین ویژگیهای ماقما، نحوه انجماد و تبلور آن است که طی آن، کانیهای مختلف در مراحل متفاوت از آن جدا می‌شوند و سنگهای متنوعی را به وجود می‌ورند. همانطوریکه ذوب سنگها و درنتیجه تشکیل ماقما یکباره انجام نمی‌گیرد، انجماد آن نیز ناکهانی نیست و به تدریج که ماقما سرد می‌شود، آبتدًا کانیهایی که نقطه انجمادشان بالا است از آن جدا می‌شوند و در مراحل بعد، کانیهای با نقطه ذوب پائین تبلور می‌یابند. بدین ترتیب، ضمن انجماد ماقما، همیشه دو فاز جامد و مایع به‌حال تعادل است و به تدریج که دمای آن کاهش می‌یابد، بلورهایی که آبتدًا از ماقما جدا شده‌اند، از این نظر که در شرایط جدید به حال تعادل نیستند، لذا با مایع باقیمانده، فعل و اتفاعات جدیدی انجام می‌دهند و کانیهای جدیدی به وجود می‌ورند که این مسئله در کتابهای سنگ‌شناسی به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در اینجا بایستی ترتیب جدادشدن کانیها را از ماقما به طور مختصر بادآور شویم. طبق مطالعاتی که توسط بون ۱۲ انجام گرفته، ترتیب جدا شدن کانیهای مختلف از ماقما، مطابق جدولی است که به نام خود وی موسوم است (جدول ۱۷-۱).

جدول ۱-۱۷- ترتیب متابولور کانیهای مختلف از ماگما



مطابق این جدول، ابتدا کانیهایی مثل الیوین و آنوریت متابولور می‌شوند و در مراحل آخر، کوارتز و زلوئیت‌ها از ماگما جدا می‌شوند. نکته مهمی که در این مورد وجود دارد، تشابه فوق العاده این جدول با جدول دگرسانی گلدنیک است که در مبحث هوازدگی بررسی شد. به عبارت دیگر، کانیهایی که زودتر از ماگما متابولور می‌شوند، زودتر نیز تحت تأثیر عوامل هوازدگی قرار می‌گیرند. علت این مطلب، توجه به این نکته است که کانیهایی که در ابتدا متابولور می‌شوند، در دماهای بالا تشکیل شده‌اند، بنابراین وقتی که در سطح زمین قرار گیرند، اختلاف زیاد شرایط موجود در سطح زمین با شرایط تشکیل آنها، باعث ناپایداری و درنتیجه هوازدگی آنها می‌شود ولی کانیهایی که در مراحل آخر منجعده شده‌اند، چون در دمای پائین‌تری به وجود آمده‌اند، لذا در شرایط سطح زمین مقاومتراند.

۱۷-۶- تفریق ماگماتی

به طوری که در مبحث انواع ماگما دیدیم، قسمت اعظم ماگماهای موجود، در یکی از

سه دسته ماقمای گفته شده قرار می‌گیرند و حال آنکه تنوع سنگهای آذرین بسیار زیاد است. سه دسته ماقمای گفته شده قرار می‌گیرند و حال آنکه تنوع سنگهای آذرین بسیار زیاد است. تحولاتی که سبب می‌شود از یک ماقمای واحد سنگهای متعدد به وجود آید، تفریق ماقمای خوانده می‌شود.

عوامل مختلفی در تفریق ماقما موهمند که این عوامل در کتابهای سنگ‌شناسی بررسی می‌شوند و از جمله مهمترین آنها می‌توان تفریق ماقما در اثر تبلور، اثر نیروی نقل و اثر

آب محلول در ماقما را نام برد.
۱۵) نفوذ و اسراپ محلول

۷-۷- شکل توده‌های ماقمایی نفوذی

توده‌های ماقمایی نفوذی را از نقطه نظر وضعیت نسبت به لایه‌بندی و با شیستوزیت سنگهای مجاور، به دو دسته توده‌های نفوذی هم شیب و توده‌های نفوذی متقطع تقسیم می‌کنند:

۷-۱- توده‌های نفوذی هم شیب - در این توده‌ها، فصل مشترک توده نفوذی و سنگ همراه آن، موازی یا تقریباً موازی سطح طبقه یا شیستوزیت سنگهای اطراف است. این دسته خود به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

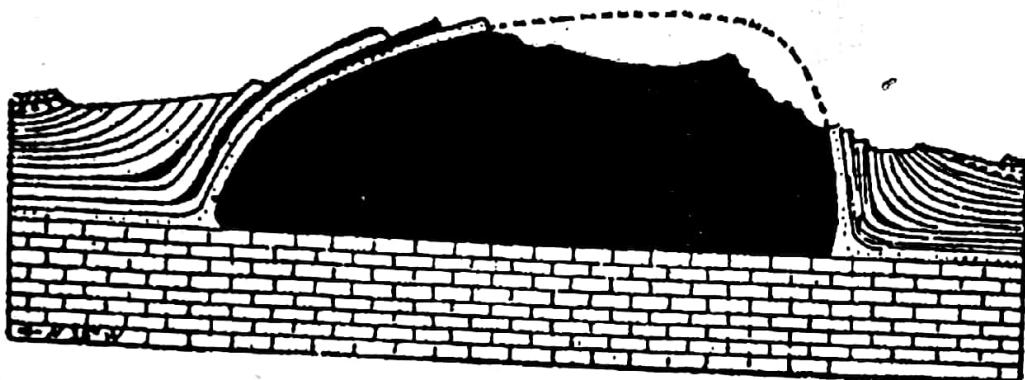
الف - سیل‌ها ۱۹- سیل‌ها، توده‌های لایه شکلی هستند، که موازی سطح طبقات، شیستوزیت سنگهای (دزون کیراند) و از جمله مشخصات آنها این است که "اولاً" ضخامت آن نسبت به سایر ابعادشان ناچیز است و در حقیقت به صورت صفحه هسته و ثانیاً "سین آن" همیشه از سنگهای درونکیرشان کمتر است و به کمک همین مشخصه، می‌توان آنها را کذاهایی که بین دو لایه رسوبی قرار گرفته‌اند تشخیص داد.

ب - لاکولیت‌ها ۱۵- لاکولیت‌ها، توده‌های نفوذی/عدسی شکلی‌اند که طبقات را خود را به صورت گندیده درآورده‌اند (ش ۶-۱۲).

قطر لاکولیت‌ها زیاد است و برای اینکه تفاوت بین لاکولیت و سیل مشخص شود، حدوداً امروزه مورد قبول قرار گرفته است:

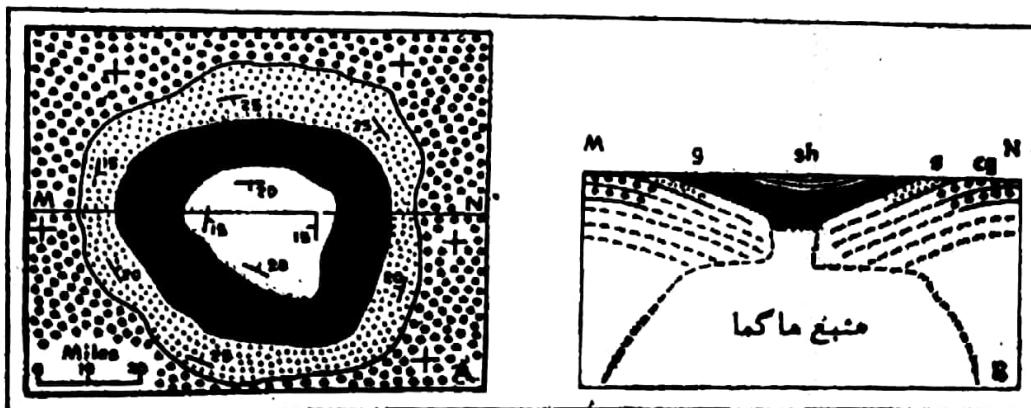
۱۰) قطر (طول) : لاکولیت‌ها
ضخامت

۱۰) قطر (طول) : سیل‌ها
ضخامت



ش ۱۷-۱۶- لاؤکولیت (۴۹)

ج - لوبولیت‌ها^{۱۶} - لوبولیت‌ها توده‌های نفوذی هم‌شیبی‌اند که در ساخته‌انهای زمین‌شناسی تشکی شکل^{۱۷} قرار گرفته‌اند (ش ۱۷-۲).



ش ۱۷-۲ - لوبولیت (۴۹)

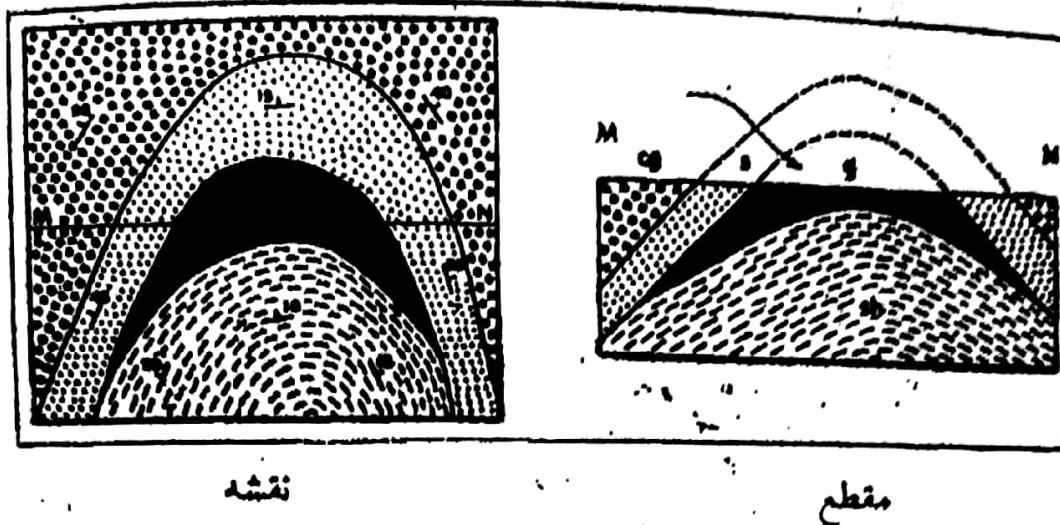
قطر لوبولیت‌ها از چندین ده کیلومتر تا چند صد کیلومتر تغییر می‌کند و ضخامت آنها معمولاً "به طور متوسط هزار متر است.

د - فاکولیت‌ها^{۱۸} - فاکولیت‌ها توده‌های نفوذی هم‌شیبی‌اند که در خط الرأس تاقدیسها قرار می‌گیرند (ش ۱۷-۳).

16. Lopolith

17. Structural basin

18. Phyacolith



ش ۱۷-۲ - فاکولیت (۳۹)

ضخامت فاکولیت‌ها معمولاً "چند صد متر است و کاهی به هزار متر نیز می‌رسد.

۲-۲-۲- توده‌های نفوذی متقاطع - در مورد این توده‌های نفوذی، فصل مشترک توده با سنگ همبر، موازی سطح طبقات یا شبستوزیته سنگهای مجاور نیست و این دسته نیز بحسب شکل به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

الف - دایک‌ها^{۱۹} - دایک‌ها توده‌های نفوذی لایه شکلی‌اند که طبقات مجاور خود را قطع می‌کنند و غالباً در اثر نفوذ ماقما در شکاف سنگها به وجود می‌آیند. ضخامت اکثر دایک‌ها بین $\frac{2}{3}$ تا ۴ متر تغییر می‌کند و طول آنها کاهی به ۱۵ کیلومتر نیز می‌رسد.

ب - باتولیت‌ها^{۲۰} - باتولیت توده نفوذی بزرگی است که معمولاً "وسعت بالغ بر ۱۰۰ کیلومترمربع را اشغال می‌کند (ش ۱۷-۹). وسعت باتولیت‌ها با عمق افزایش می‌پابد و توسط شبکه مرز باتولیت با سنگهای همبر، که معمولاً "به طرف خارج است، می‌توان به این مطلب بی‌برد. عمق باتولیت معمولاً "از ده کیلومتر بیشتر و سنگهای نفوذی تشکیل-دهنده آن غالباً "از جنس گرانیت است.

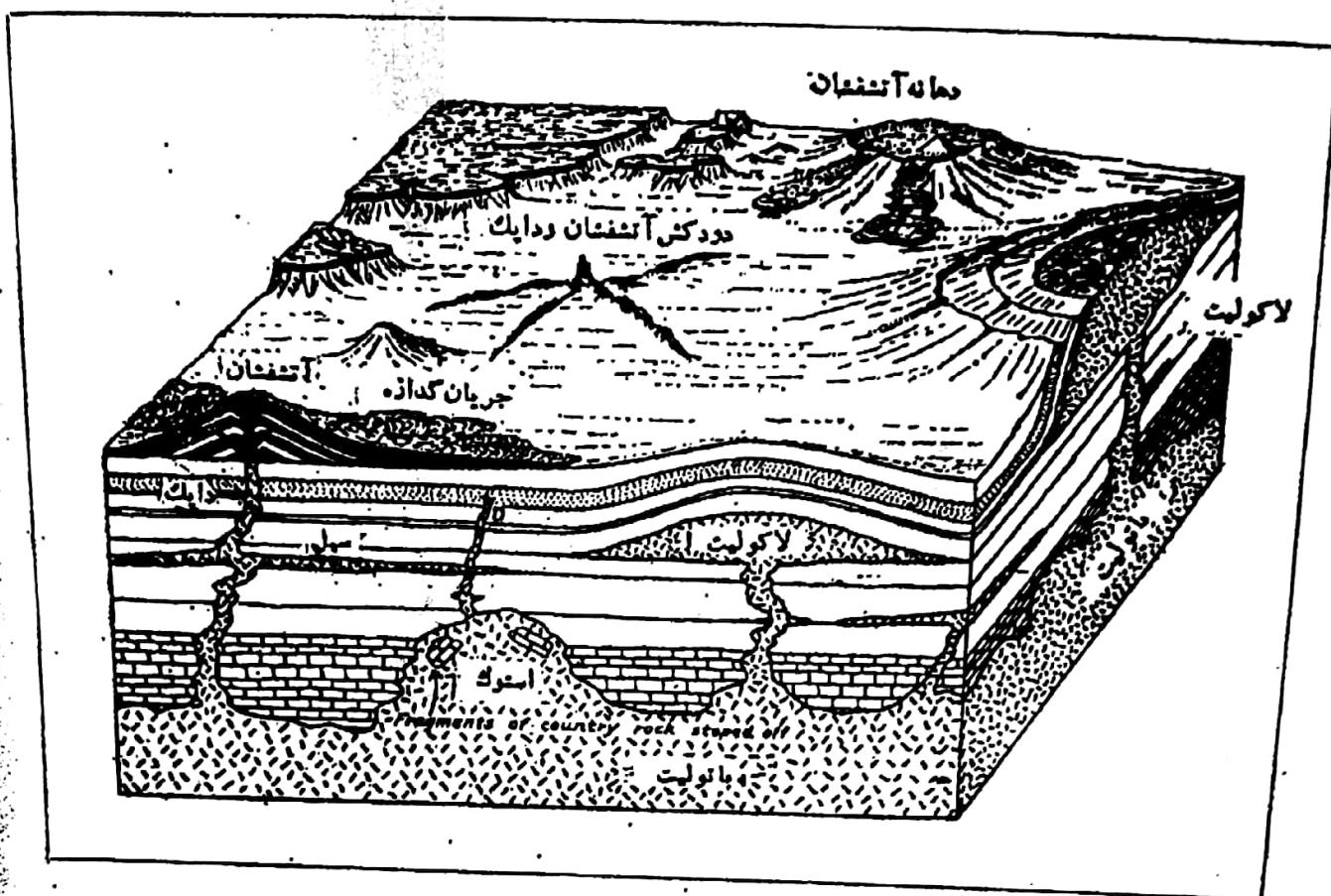
ج - استوک^{۲۱} - استوک‌ها در حقیقت باتولیت‌های کوچکی هستند که وسعتشان از حد کیلومتر مربع کمتر است (ش ۱۷-۹).

۲۰. باتولیت

19. Dike

21. Stock

20. Batholith



ش ۱۷-۹- اشکال مختلفه توده‌های آذرین (۵۰)