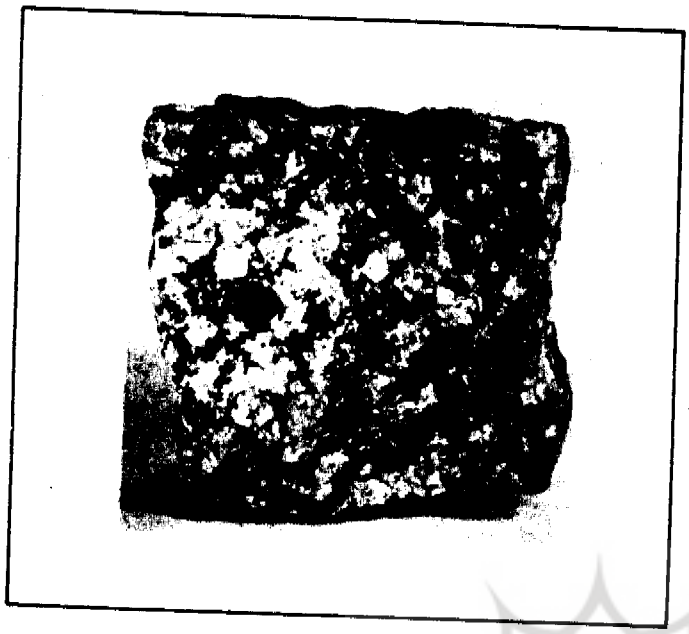
دکتر علی درویش‌زاده

آیا گرانیت را یک سنگ آذرین بشماریم یا یک سنگ دگرگون شده؟



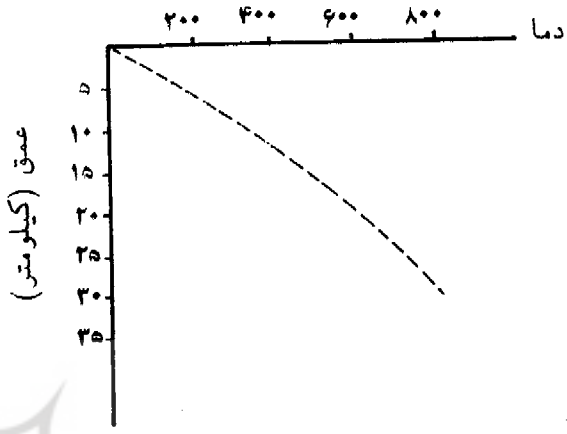
بخش مهمی از پوسته قاره‌ای زمین از گرانیت تشکیل یافته و علاوه بر آن، می‌توان گفت که گرانیت از فراوان‌ترین سنگهای آذرین درونی است و در حدود ۹۵٪ از بیرون زدگیهای آذرین درونی سطح زمین را تشکیل می‌دهد. وزن مخصوص گرانیت ۲/۶ تا ۲/۷ (معادل وزن‌مخصوص‌سنگهای‌سازنده پوستهٔ قاره‌ای‌زمین) است. در ترکیب شیمیایی آن سیلیسیوم و آلومینیوم عناصر اصلی‌اند (در حدود ۸۵ درصد) و ۱۵ درصد بقیهٔ را عناصری مانند سدیوم، پتاسیوم، کلسیوم، آهن ومنیزیوم و تیتان ... شامل می‌شود. این عناصر عموماً به‌صورت سیلیکاتهای مختلف در ساختمان‌کانی‌های آن شرکت دارند. کانی‌های اصلی گرانیت کوارتز، فلدسپات آلکالن (ارتوکلاز)، پلاژیوکلازهای سدیوم داروتا اندازه‌ای میکا (میکای سیاه) بوده و عموماً با بافت دانه‌ای (گرونو) در آن دیده می‌شوند. یافت شدن میکاها در گرانیت وجود عناصر شیمیایی دیگری را لازم می‌آورد که لیتیوم و بور از آنجمله‌اند و هیدروژن (به صورت OH) از اهم آنها است. از شرایط تبلور میکاها یکی وجود آب در محیط است، بنابراین، گرانیت‌های میکادار در محیطی انجماد می‌یابند که آب (فشار آب) در محیط وجود داشته باشد. به‌طور کلی ترکیب شیمیایی گرانیت معادل ترکیب شیمیایی رسوبات پلیتی است (Pelite از ریشه لاتین Pelos به معنی لجن گرفته شده است). در واقع پلیت را می‌توان، معادل گل، لجن وسیلت به‌کاربرد و عبارت از سنگهای رسوبی بسیار دانه ریزو کوچکتر از ۴۰ میکرون است که در کف ژئوسنکلینال‌ها ته‌نشین می‌شوند. یک درصد وزن گرانیت‌ها را هم آب تشکیل می‌دهد.

دمای ذوب گرانیت در آزمایشگاه کمی بیش از ۹۵۰ درجهٔ سانتیگراد است. ولی ثابت شده است که هرگاه آب در محیط وجود داشته باشد (فشار آب یعنی در سیستم های بسته) دمای ذوب کاهش می‌یابد. این مسئله در شکل ۳ به وضوح دیده می‌شود. ولی در محیط خشک، ازدیاد فشار باعث بالارفتن دمای ذوب می‌شود و چون همانطور که در بالا اشاره شد در محیط طبیعی تشکیل گرانیت آب

وجود دارد، لذا بحث [illegible] را کنار می‌گذاریم.

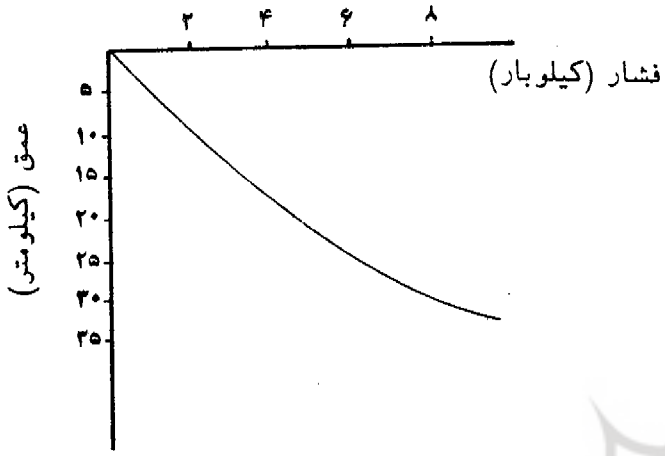
عوامل گرانیت‌ساز

۱ـ ازدیاد دما ـ خروج مواد مذاب آتشفشانی، وجود چشمه‌های آبگرم و ازدیاد دما به هنگام حفر چاهها، نشان دهنده این واقعیت‌اند که درون زمین گرم است. مقدار این گرما در معادن الماس افریقای جنوبی به‌حدی است که اگر دستگاههای خنک‌کننده در کار نباشد در آن



شکل ۱ـ تغییرات گرمای درون زمین بر حسب عمق. این شکل براساس میزان تشعشع حرارت در سطح زمین و اندازه‌گیریهای دما در چاه‌های عمیق ترسیم شده است.

معادل ۲۷ اتمسفر بر آن وارد می‌آید و در عمق ۱۰۰۰ متری، ۲۷۰ اتمسفر (تقریباً مساوی ۲۷۰ بار) و به‌همین ترتیب در اعماق بیشتر، در معرض فشار زیادتر است. این فشار را فشار لیتواستاتیک می‌نامیند که شکل ۴ـالف گویای آن است، یعنی از هر طرف فشاری مساوی بر آن وارد می‌آید. این فشار همان فشاری است که به طور عادی بر تمام سنگ‌های اعماق وارد می‌شود. با حضور آب، بخشی از این فشار به فشار هیدروستاتیک تبدیل می‌شود و آن را فشار آب یا فشار مرطوب می‌گویند. همین



شکل ۲ـ منحنی تغییرات فشار بر حسب عمق. این شکل براساس وزن حجمی سنگهای پوسته (۲/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب) ترسیم شده (فشار لیتواستاتیک) و فقط در بخشهای سطحی لیتوسفر قابل قبول است.

محیط آدمی زنده زنده کباب می‌شود. این مسئلهٔ مربوط به ازدیاد دما، متناسب با افزایش عمق است که مقدار آن به‌طور متوسط به ازای هر ۳۳ متر یك درجه محاسبه‌شده است و آن را درجه زمین گرمایی می‌نامند. تغییرات گرمای درونی زمین در شکل ۱ و ۳ نشان داده شده است. عامل عمده ازدیاد این گرما، تخریب و تجزیه عناصر رادیوآکتیو (اورانیوم؛ توریوم، روبیدیوم ۸۷، پتاسیوم ۴۰ و ...) است که در سنگهای آذرین اسید (پوستهٔ سطحی قاره‌ای) بیش از سنگهای بازیك است. به همین دلیل شیب منحنی در اعماق، از امتداد اولیه خود منحرف شده و نشان‌دهنده آن است که در اعماق زیاد، حرارت به‌کندی زیاد می‌شود.

با وجود این، دما در عمق ۲۵ـ۳۰ کیلومتر، آنچنان است که مواد سازنده گرانیت می‌تواند ذوب شود (شکل۳).

۲ـ ازدیاد فشار ـ اگر سنگی در سطح زمین قرار گیرد تنها فشار هوا بر آن وارد می‌شود، ولی اگر این سنگ در عمق ۱۰۰ متری درون خاك مدفون شود، فشاری فشار است که در شرایط پوستهٔ زمین، سبب پایین آمدن نقطهٔ ذوب سنگها می‌شود.

به‌طور کلی، چون در اعماق، عناصر آهن ومنیزیوم در سنگها بیشتر است لذا وزن حجمی سنگهای عمقی بیشتر بوده[۲] و در نتیجه، تغییرات فشار بر حسب عمق، به صورت منحنی خطی نخواهد بود، بلکه مطابق شکل (۲) از امتداد اولیهٔ خود منحرف می‌شود، ولی این انحراف مانند انحراف ازدیاد دما نخواهد بود.

اگر مطابق شکل ۴ـب، فشار در جهتی بیشتر شود، آن فشار را جهت دار می‌گوییم که در چین‌خوردگیها، گسلها و دگرگونی‌های دینامیکی نقش عمده‌ای بازی می‌کند.

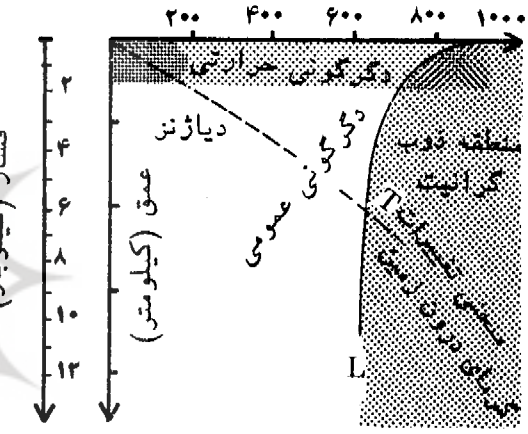
منشاء گرانیت

در سال ۱۹۲۸ ن، ل باون (N.L. Bowen) بر اساس کارهای آزمایشگاهی در کتابی تحت عنوان «تکامل سنگهای آذرین» خاطرنشان کرد که تمام سنگهای آذرین از

یك ماگمای بازالتی مشتق می‌شوند که وی آن‌را ماگمای اصلی وپدر ماگماهای دیگر می‌دانست. به‌موجب‌این مدل، عامل اختلاف سنگهای آذرین تبلور بخشی (Fractional Crystallization) ماگمای اصلی است (به‌شکل ۵ مراجعه شود).

این مدل در ممالك آنگلوساکسن، طرفداران بسیار به دست آورد. با وجود این‌زمین‌شناسان متعددی، مخصوصاً در اروپا، با توجه به بررسی‌های صحرایی و مطالعاتی که در مورد میگماتیت‌ها[۳] (Migmatite) به عمل آوردند، مسئله تشکیل ماگماها را از یك ماده مذاب مردود دانسته و مخصوصاً دربارهٔ گرانیت، عقیده داشتند که این سنگ محصول دگرگونی نهایی است.

با این ترتیب، دوگانگی منشأ گرانیت، مبارزهٔ علمی میان طرفداران مکتب باون که خود یك ژئوفیزیك‌



شکل ۳ـ به کمك این شکل می‌توان:

۱ـ فشار حاکم در اعماق مختلف پوستهٔ زمین را تعیین کرد.

۲ـ شرایط ایجاد دگرگونی حرارتی، دگرگونی عمومی، دیاژنزو رابطهٔ آنها را بر حسب تغییر فشار و درجهٔ حرارت ملاحظه کرد.

۳ـ تغییرات گرمای درون زمین را بر حسب عمق (درجات زمین گرمایی) و شرایطی که گرانیت به حالت مذاب است مشخص کرد.

۴ـ شروع ذوب ترکیبات گرانیتی را با منحنی L نشان داد (این منحنی در شرایط آبدار ترسیم شده است).

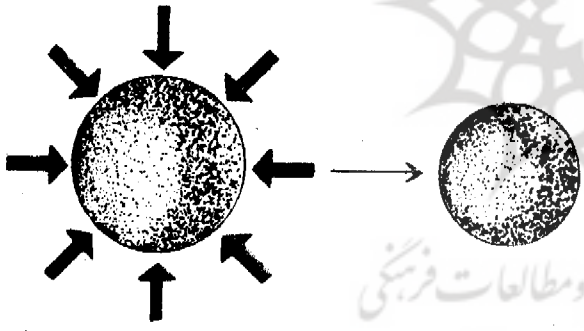
۵ـ مایع مذاب گرانیتی را که در حد نهایی درجات دگرگونی پدید می‌آید مشاهده کرد.

مسلماً، در طبیعت، مایع مذاب گرانیتی در محلهایی قرار دارد که منحنی تغییرات گرمای درون زمین (T)، منحنی ذوب (L) را قطع می‌کند.

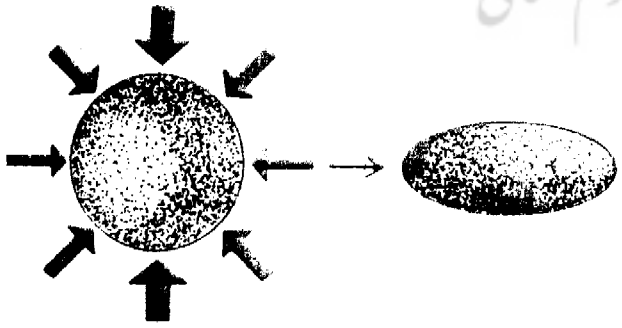
دان برجسته بود و زمین‌شناسان شروع شد و تا سال ۱۹۵۸ ادامه یافت. باون و همکارش توتل (Tuttle) (۱۹۴۱)، در کنار آزمایشهای مربوط به تبلور بخشی، امکان تولید مایع گرانیتی از ذوب بخشی رسوبات‌سیلیکو-آلومینیوم دار را قبول کردند، بدون آنکه برای تولید گرانیت از این مواد، در آزمایشگاه مجهز خود اقدام کنند. ولی در سال ۱۹۵۶ اعلام داشتند: «به‌احتمال ضعیف ماگمای گرانیتی از ذوب رسوبات سیلیکو-آلومینیوم‌دار هم بوجود می‌آید.»

در طی سالهای ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۱، ویار (Wyart) و ساباتیه (Sabatier) درفرانسه، وینکلر (Winkler) و فون-پلاتن (Von platen) در آلمان آزمایش فوق را انجام‌دادند و موفق به‌تهیهٔ مایع گرانیتی از ذوب رسوبات پلیتی‌شدند.

در اینجا یادآوری می‌کنیم که نه‌تنها ماگماهای گرانیتی، بلکه ماگماهای آندزیتی و بازالتی نیز منشاء واحدی ندارند و نظریهٔ باون در مورد منشأ تمام سنگهای آذرین از یك ماگما، امروزه قابل قبول نیست. ولی کارهای ارزشمند وی دربارهٔ تبلور بخشی و امکان‌تکامل وتفریق ماگما، اساس‌سنگ‌شناسی(پترولوژی) امروزی را تشکیل می‌دهد که در زمین‌شناسی صحرایی، برای اثبات آن، شواهد و مثالهای فراوان حتی در کشور خود داریم.



الف ـ فشار لیتوستاتیك و نتیجهٔ عملکرد این فشار برسنگها در درون زمین



ب ـ فشار جهت‌دار و نتیجهٔ عملکرد آن برسنگها

شکل ۴ـ فرق بین فشار لیتواستاتیك و فشار جهت‌دار در حالت تغییر شکل با کاهش حجم یکسان است.

امروزه برای تشکیل گرانیت، عقیده دارند که:

الف ــ گرانیت ممکن است از انجماد مواد مذاب سیلیکاتی بوجود آید، یعنی سنگ آذرینی که حالت مایع را پشت سر گذاشته است و چنانکه خواهیم دید دو حالت برای آن در نظر می‌گیرند.

ب ــ از تبلور مجدد وتغییر و تبدیل ترکیبات مساعد، بدون آنکه از مرحلهٔ مایع عبورکرده باشد. این همان حالتی است که با نام «گرانیتی شدن» معرفی شده است.

الف ــ گرانیت‌هایی که از تبلور مایع مذاب به‌وجود می‌آیند:

الف ــ ۱ــ گرانیت‌های پالین ژنتیك (PaIingenetic)ــ می‌دانیم که سنگهای رستی و پلیتی (همان آلومینیو ــ سیلیکاتها) فراوان‌ترین رسوباتند و اگر آرکوزها (ماسه سنگهای فلدسپات دار) و سنگهای دگرگون شدهٔ رستی (از اسلیت تاگنیس) را به آن اضافه کنیم، بیش از ۷۵٪ سنگهای سطح زمین را تشکیل می‌دهند. ترکیب شیمیایی این سنگها مشابه ترکیب شیمیایی گرانیت است و منظور از ترکیبات مساعد، همین انواع فوق است. وینار، ساباتیه، و وینکلر، از ذوب بخشی این مواد مایعاتی با ترکیب گرانیت بوجود آورند. خلاصه آزمایشها چنین است:

ــ سه پلیت با ترکیب متفاوت و به شرح زیر انتخاب کردند:

ترکیب کانی‌ها	الف	ب	ج
کوارتز	۱۵	۲۰	۲۴
ایلیت ۴	۳۵	۷۰	۶۰
کائولینیت	۵۰	۱۰	۱۰
کانیهای دیگر	۰	۰	۶

و آنها را در کوره‌ای که فشار ثابتی در آن حاکم بود (محیط آبدار، چون رس و پلیت‌ها آبدارند) (۶ تا ۷ کیلوبار) قرار دادند، سپس دمای کوره را تدریجاً زیاد کردند. نمونه‌های مزبور در دمای ۶۶۵ تا ۶۷۰ به مجموعه‌ای از کانیهای دگرگونی تبدیل شدند. با ازدیاد حرارت، در حدود ۶۹۵ تا ۷۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد، ترکیبات مزبور شروع به ذوب کردند و پس از آنکه در حدود ۳۰٪ ماده ذوب شد (ذوب‌بخشی) ترکیب مایع‌مذاب معادل یك گرانیت عادی بود. این آزمایشها نشان می‌دهد که ذوب رسوبات پلیتی می‌تواند مایعات گرانیتی تولید کند. با توجه به فراوانی و مدفون شدن رسوبات پلیتی در کف ژئوسنکلینالها و در طی میلیونها سال، می‌توان انتظار داشت که رسوبات مزبور در اعماق ابتدا تحت تاثیر دیاژنزو سپس تحت تاثیر دگرگونی (دگرگونی عمومی) قرار گیرند و سپس در شرایط مساعد ــ محل تقاطع منحنی L با T، ذوب شوند. شرایط مذکور درعمق ۲۰ تا ۲۵ کیلومتری پوستهٔ قاره‌ای فراهم است.«ش۳»

این وضعیت در هر مکان و در هر زمان در پوستهٔ قاره‌ای زمین رخ داده است. این قبیل گرانیت را گرانیت پالین ژنتیك می‌نامند. یعنی انواعی که از ذوب (آناتکسی، Anatexis) رسوبات بوجود می‌آیند و برای فرق آن با حالت الف ــ ۲، مادهٔ مذاب حاصل رامیگما می‌گویند. این قبیل توده‌های گرانیتی وسعت زیاد داشته و در بعضی از مشاهدات صحرایی، در آنها مراحل تبدیل سنگهای دگرگونی به گرانیت به خوبی قابل مشاهده است. در اینجا تاثیر فشار آب در پایین آوردن دمای ذوب گرانیت‌را به کمك اعداد زیر مورد توجه قرار می‌دهیم. قسمت‌اعظم این داده‌ها را از شکل ۳ بدست آورده‌ایم:

	دمای ذوب گرانیت
در سطح زمین یعنی در فشار آتمسفر	۹۶۰ درجه صدبخشی
در عمق ۵ کیلومتری یعنی در فشار ۱۴۰۰ آتمسفر	۸۰۰ درجه صدبخشی
در عمق ۱۰ کیلومتری یعنی در فشار ۲۷۰۰ آتمسفر	۷۵۵ درجه صدبخشی
در عمق ۲۰ کیلومتری یعنی در فشار ۵۵۰۰ آتمسفر	۶۳۵ درجه صدبخشی
در عمق ۲۰ کیلومتری، اگر همین فشار بدون آب باشد	۱۰۷۰ درجه صدبخشی

به همین دلیل نقش فشار آب در شرایط پوستهٔ زمین مهمترین عامل ایجاد مواد مذاب گرانیتی است و چنانکه ذکر شد، در طبیعت با ازدیاد درجات‌دگرگونی می‌توان به آن دست یافت. این گرانیت‌ها در سطح زمین نسبتاً فراوان‌اند.

الف ــ ۲ــ گرانیت‌های ماگمایی ــ از تفریق‌ماگمای بازالتی به‌شرط آنکه مراحل تفریق (Differentiation) را به‌طور کامل پشت سر گذارد (طرح‌باون)، ماگمای‌گرانیتی به‌وجود می‌آید. در اینجا بدون آنکه طرح باون را ذکر کنیم خاطرنشان می‌کنیم که یونهای اصلی تشکیل‌دهنده یك ماگمای بازالتی علاوه بر Si و Al، شامل آهن، منیزیم

کلسیوم، سدیوم، پتاسیوم و... است. به علاوه، کانی‌های آن در یك زمان متبلور نمی‌شوند. در شرایط تعادل، ابتدا اولیوین و پس از آن پلاژیوکلازهای کلسیوم دارو پیرو- کسن (اوژیت) متبلور می‌شود. با تبلور این سه گروه از کانیها، ماگما تقریباً آهن و منیزیوم و کلسیوم و بخشی از سیلیس و آلومینیوم خود را از دست می‌دهد. باجداشدن این بلورها مثلا براثر ته‌نشینی به کف اطاق ماگمایی، مادهٔ مذاب باقیمانده اسیدتروسیلیس ـ آلکالی بیشتری در خود خواهد داشت. اگر مطابق طرح باون مراحل‌تفریق در طی چند مرحله صورت گیرد، مایع مذاب باقی مانده ترکیب گرانیتی به‌خود می‌گیرد و آن وقتی است که دمای آن تقریباً به ۷۰۰ ـ ۶۵۰ درجه رسیده باشد (یعنی در همان عمق ۲۵ـ۲۰ کیلومتری). با سردشدن تدریجی، شرایط تبلور کوارتز، فلدسپات و میکا در آن فراهم شده و گرانیت بوجود می‌آید. این‌گرانیت را ماگمایی وژوونیل (Juvenile) می‌گویند که وسعت و پراکندگی نوع قبلی را ندارند، زیرا ثابت کرده‌اند که‌از مایعات مذاب بازالتی به ضخامت ۱۰۰ کیلومتر، در شرایط متعادل و به‌کمك تفریق فقط ۲۰ کیلومتر (یعنی یك پنجم آن) به گرانیت تبدیل می‌شود.

ظاهر دو گرانیت نامبرده بسیار شبیه به هم بوده و به‌آسانی از هم قابل تشخیص نیستند. امروزه فقط با مشاهدات صحرایی و تجزیه‌های شیمیایی دقیق (تعیین عناصر اصلی و مخصوصاً فرعی و کمیاب) می‌توان این دو نوع را از هم متمایز کرد.

ب ـ گرانیتی شدن (Granitization) ـ با توجه به حجمهای بسیار زیاد باتولیت‌های گرانیتی (ابعاد ۱۰۰ کیلومتری)، در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰، گروهی از محققین مسئله جا را برای گرانیت مورد توجه قرارداده* و با توجه به اینکه چنین فضای خالی در اعماق پوسته وجود ندارد تا ماگما در آن استقرار یافته و متبلور شود، چنین می‌پنداشتند که گرانیت در جا و بدون عبور از حالت مایع و از تبلور مجدد (Recrystalliztion) مواد مساعد بوجود می‌آید. این گروه می‌دانستند که:

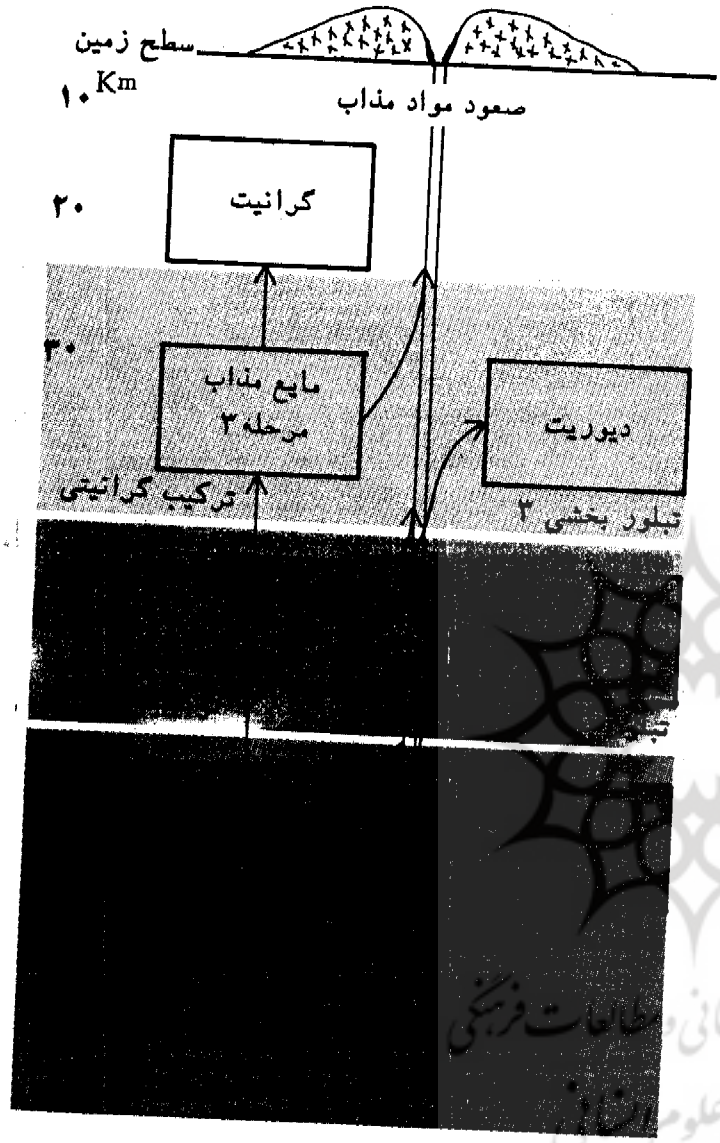
ـ اولا، کانی‌های تشکیل‌دهنده یك‌گنیس (کوارتز، فلدسپات و میکا) مانند گرانیت است.

ـ ثانیاً، کانی‌های مزبور از تبلور مجدد در رسوبات رستنی و در یك دگرگونی شدید بوجود می‌آیند.

غالباً در کارهای صحرایی نیز مثالهایی از مراحل تبدیل سنگهای دگرگونی به گرانیت‌های جهت دارو سپس به گرانیت‌های صدق بدون آنک سنگهای درونگیر (انکلاو (Enclave) در آن دیده شود دگر می‌گردند.

این محققین عقیده داشتند که در دگرگونی‌های عمیق

ایجاد آتشفشان و سنگهای آتشفشانی



شکل ۵ـ طرح کاملا فرضی از امکان مراحل‌مختلف تشریق یك ماگمای بازالتی در حین صعود و رسیدن به سطح زمین. سطل هر یك از سنگها با توجه به ترکیب شیمیایی و وزن حجمی و هم‌آهنگی آن با عمق انتخاب شده است. باید خاطر نشان کرد که تبلور مایعات مذاب ممکن است تا نزدیکی سطح زمین (سنگهای عمقی و نیم عمیق) و یا مستقیماً تا سطح زمین ادامه داشته باشد و اقسام سنگهای آتشفشانی را به وجود آورد. باید توجه داشت که فرایند تشریق پیچیده‌تر از آنست که در این شکل نشان داده شده است.

(یعنی هنگامی که مواد رسوبی مساعد به اعماق زیاد برده می‌شوند)، گرانیت از تبلور رسوبات پلیتی - رشد بلور- های کوارتز، فلدسپات ومیکای آن بدون عبور از حالت مایع یعنی فقط از تغییر شکل مواد(در اینجا باید از تغییر در سیستم تبلور صحبت کرد) بوجود می‌آیند. درست مانند حالتی که یك گنیس شکل می‌گیرد. هر قدر از داخل این قبیل توده‌ها به خارج آن پیش رویم به انواعی‌از سنگهای دگرگونی برمی‌خوریم که درجهٔ شدت دگرگون شدگی آنها کم و کمتر می‌شود. به‌علاوه، چون‌مرحله مایع در آن‌وجود ندارد سنگهای اطراف نمی‌توانند در آن وارد شده و در نتیجه فاقد سنگهای درونگیر (انکلاو) هستند، ثالثاً با توجه به‌عدم تحرك این مواد، حد خارجی آنها با سنگهای اطراف کاملا مشخص است.

شکل ۶ــ منطقه‌تغییروتحول یامنطقه‌گرانیت

اگر مسئله گرانیتی شدن فوق مورد قبول باشد می‌توان مطابق شکل (۶) مدلی ارائه داد که به موجب آن، در اعمـــاق ۲۵ــ۲۰ کیلومتـــری پوسته زمیـــن شرایطی حکمفرماست (فشار، درجهٔ حرارت، ترکیـــب شیمیایی) که وقتی مایعات مذاب از اعماق زیاد (فـلش طویل) و یا مواد جامد از بخش‌های سطحی به مرز ایـــن منطقه می‌رسند (فلش‌کوتاه)، به بلورهای سازنده گرانیت تبدیل می‌شوند. این شرایط در ادوار گذشته نیز وجود داشته و احتمالا فراوانی گرانیت معلول همیـــن عـــلت است و این مسئله‌ای است که فکر بسیاری از اندیشمندان زمین‌شناس را بخود مشغول داشته و برای حـــل آن در آزمایشگاههای مجهز پترولوژی تلاش می‌کنند.

فرق بین حـــالات الف و ب ــ حمـــام مذابی از سیلیکاتهای مختلف را که تحت فشار بوده و در حدود ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجهٔ صد بخشی دما دارند، در اعماق ۳۰ــ۲۵ کیلومتری در نظر مجسم کنید. مسلماً در این حمام، بخار آب و فلزات (به صورت ترکیبات فرار) هم به حـــالت محلول و هم به حالت گاز وجود دارد که مخصوصاً دربخش سطحی آن فراوان‌ترند. اگر در سنگهای اطراف، منافذی حتی به صورت روزنه موجود باشد، چه پیش می‌آیـد؟ مطمئناً گازهای مزبور در درز و شکافها نفوذ کرده وانجماد می‌یابند (که خود منشا بسیاری از رگه‌های قابل‌استخراج فلزی است). با این توضیحات می‌توان انتظار داشت که از حمام مذاب مزبور، زوایید و رگه‌هایی خارج شود که بعدها به صورت استوك، دایك وسیل در سنگهای مجاور قابل مشاهده‌اند. چنانکه گفته شد چنین وضعیتی، خاص توده‌های مذاب است و در مراحل تبدیل جامد به جامد پیش نخواهد آمد (حالت ب). وجود انکلاو دلیل دیگری برعبور تودهٔ آذرین از حالت مذاب است و همانطور که در بالا ذکر شد، این مورد در حالت جامد قابل توجیه نیست.

یادداشتها

۱ ــ این شکل را می‌توان با شکل‌صفحهٔ ۱۰۵ کتاب زمین‌شناسی سوم دبیرستان مقایسه کرد و متوجه شد که منحنی B کتاب، مخصوص ذوب گرانیت در شرایط آبدار است.

۲ــ البته ازدیاد فشار خود سبب فشردگی وتراکم ماده می‌شود و در نتیجه از مواد یکسان و مشابه مُوادی با وزن حجمی بیشتر به‌وجود می‌آید.

۳ ــ سنگی است هم گرانیتی و هم دگرگونی.

۴ ــ کتاب زمین‌شناسی سال سوم دبیرستان ــ ص ۱۰۸.

۵ ــ ایلیت یکی از کانی‌های رسی است که به‌فراوانی یافت می‌شود. ترکیب آن سیلیکات آبدار آلومینیوم ــ پتاسیوم و در واقع مشابه میکای سفید ولی با سیلیس بیشتر و پتاسیوم کمتر است. ب

۶ــ مسئله جا به‌جایی مایعات گرانیتی را در فرصت‌های دیگر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

منابع

1- BOWEN, N.L.(1928): The evolution of igneous rocks. Princeton univ. Press. Dover. Publ. 332P. reimp.

2- LAMEYRE,J. - (1974): Roches et mineraux. Tome 1 et 2. Doin editeurs Paris. 351P.

3- LUDMAN, A-.COCH,N.K.- (1982): Physical Geology. Mc Graw-Hill Inc, 586P.

۴ ــ پورمعتمد ، ف . ــ درویش‌زاده ، ع . ــ معتمد ، ا .ــ (۱۳۵۸) ــ مبانی زمین‌شناسی ــ ازانتشارات دانشگاه‌تهران ــ ۷۱۱ صفحه

دکتر بهمن سقط‌چیان

کنجکاوی انسان در مورد زیستگاه خود به قدمت عمر خود اوست. از زمانی که آدمی فوران گدازه‌ها را از آتشفشان مشاهده کرد، با وقوع زمین‌لرزه خود و همه چیز اطراف خود را در حال تکان خوردن و فرو ریختن دید و با طغیان دریا رو به تپه‌ها پناه برد، در مورد این پدیده‌ها حیران شد و در تکاپوی حل معماهای بغرنج‌زمین برآمد، تا جائی که امروزه نیز این کوشش در حدی بسیار وسیعتر و جدی‌تر ادامه دارد. شناخت انسان از زمین تا مدتها تنها به مشاهده و توصیف ویژگی سطح آن و موادی که در روی آن یافت می‌شوند محدود بود، اما با پیشرفت علوم فیزیکی و طبیعی، مسلم شد که برای درکی ژرف از زمین تنها نباید به‌بررسی و مطالعه‌سنگها، کانیها و سنگواره‌ها یا رودها و کوهها به طور مجزا و بدون ارتباط باهم بسنده کرد. بلکه، پی‌بردن به‌چگونگی عمل فرایندهایی که در ارتباط با یکدیگر شکل زمین را به‌طور مستمر تغییر می‌دهند، از اهمیتی ویژه برخوردار است. مراد اصلی در این نوشته معرفی بسیار اجمالی و طبیعاً ناقص این فرایندهای عمده‌ای است‌که چارچوب تحقیقات و تدریس علم زمین‌شناسی امروزی را تشکیل می‌دهند و آنرا به‌عنوان بخشی از دانش بشری عرضه می‌دارند که خواننده از مجموعه‌ای از داده‌ها و مفاهیم پیچیده و