

منشاء گرانیت‌ها (۲)

نوشته‌ی :

Vladi Marmo

سازمان زمین‌شناسی فنلاند

ترجمه و تلخیص : فریدن سرابی

دانشیار دانشکده فنی

طبقه بندی گرانیت‌ها براساس کوهزائی :

منشاء گرانیت‌ها از نظر دیگری هم مورد گفتگو قرار گرفته است بدینمعنی که از ابتدای مطالعه‌ی گرانیت‌ها معلوم شده است که گرانیت‌ها بدودسته‌اند یکدسته آنهایی که گنیسی هستند و قدیمی‌ترند و دسته‌ی دیگر آنهایی که توده‌ای هستند و جوان‌ترند. در سال ۱۸۹۶ سدرهلم (Sederholm) گرانیت‌ها را بچهارنوع تقسیم کرد و در سال ۱۹۳۲ اسکلا (Eskola) برای اولین بار تقسیم‌بندی‌های سدرهلم را به تکنونیک مربوط کرد ولغت Magma – tectonic را بکاربرد. کیه رلف (Kjerulf) و میشل لوی در اواخر قرن نوزدهم معتقد شده بودند که جاگیری توده‌های بزرگ گرانیتی بوسیله‌ی عمل جذب صورت میگیرد و در سال ۱۸۸۴ باروآ (Barrois) موضوع دگرگونی‌ی تزریقی (Injection Metamorphism) را مطرح کرد. در سال ۱۹۰۷ سدرهلم پس از آنکه در تعبیر و تفسیر گرانیت‌های فنلاند از طریق تئوریهای معمولی ماگمایی واماند فرضیه‌های آناتکسیس (ذوب انتخابی 'Anatexis?) و پالین جنسیس (بازدویی Palingenesis) را برای توجیه سنگهای مخلوط (که آنها را Migmatite نام نهاد) بیان کرد. باینترتیب که سنگهایی که قبلاً وجود داشته‌اند دوباره ذوب میشوند و ماگمای جدیدی بوجود میآید (این عمل Palingenesis نامیده شده است) که در اثر انجماد و تبلور بعدی آن گرانیت تشکیل میشود. بنابراین مسئله‌ی منشاء گرانیت‌ها با وضع زمین شناسی آن مربوط گردید و معلوم شد که گرانیت‌ها اصولاً با کوهزائیها و دگرگونی‌ها ارتباط دارند و در منطقه‌های دیگر اگر ظاهر شوند حائز اهمیت زیادی نیستند.

اسکلام هم طبقه بندی خود را بر روی مراحل مختلف کوهزائی قرار دارد و از اینرو گرانیت‌ها را بسته همزاد (Syn – kinematic)، دیرزاد (Late – kinematic) و پس زاد Post-kinematic تقسیم بندی کرد که منظور وی از پسوند Kinematic حرکتهای کوهزائی بوده است. این تقسیم بندی مترادف با تقسیم بندی وال

۱ - لغت های بازدویی ، ذوب انتخابی ، دیرزاد و پس زاد برای اولین بار پیشنهاد میشود بدیهی است از هرگونه پیشنهادی دراین مورد استقبال میشود.

(Wahl) است که در سال ۱۹۳۶، گرانیتهای را به دسته‌های Syn-Orogenic و Ser-Orogenic و Post-Orogenic تقسیم‌بندی کرد و در تقسیم‌بندی فرانسوی لغت تکتونیک برای پسوندها بکاررفته است. گرانیتهای همزاد در مرحله‌ی اولیه‌ی کوهزائی تشکیل شده‌اند و بیشتر دارای ساخت گنیسی هستند و با طبقه‌های مجاور خود اکثراً هم شیب بوده و دارای انکوزین‌های بازیک فراوان هستند که بنا به عقیده‌ی Eskola (۱۹۳۲) همان گرانیتهای ماگمائی هستند. گرانیتهای دیرزاد که طبقه‌های مجاور خودشان را قطع میکنند اکثراً دارای بافت آپلیتی هستند، بندرت ساخت گنیسی دارند، و در مرحله‌های آخری جنبش‌های کوهزائی تشکیل شده‌اند و بنا بر عقیده اسکلا اکثراً از ماگمائی جدید بطریق باز ذوبی (Palingenesis) بوجود آمده‌اند. گرانیتهای پس‌زاد (Post-Kinematic) پس از خاتمه‌ی جنبش‌های کوهزائی تشکیل شده‌اند و بالطبع فاقد ساخت گنیسی هستند. اسکلا معتقد است که این گرانیتهای نیز ماگمائی هستند.

اسکلا در سال ۱۹۵۵ در نظریه‌ی پیشین خود تغییرهائی داد و معتقد شد که در گرانیتهای همزاد فلدسپاتهای پتاسیم احتمالاً در نتیجه‌ی گرانیتهای شدن بوجود آمده‌اند و علاوه اظهار داشته است «که شاید هیچ سنگ گرانیتهای در مرحله‌ی همزادی وجود ندارد» و سنگهائی که دارای این ترکیب هستند و در این مرحله از کوهزائی بوجود آمده‌اند در نتیجه‌ی تغییرهائی حاصل از دگرگونی باینصورت درآمده‌اند.

اسکلا بعلاوه معتقد شد که گرانیتهای دیرزاد از نوع جانشینى Matasomatic هستند و گرچه ممکن است قسمت عمده آن‌ها در نتیجه باز ذوبی (Palingenesis) بوجود آمده باشد ولی ممکن است سیال اولیه نیز وجود داشته است.

گرانیتهای شدن (Granitisation):

چنانکه ذکر شد برای اولین بار کیلهو (Keilhau) در سال ۱۸۳۸ کلمه‌ی گرانیتهای شدن را بکاربرد از نیمه‌ی قرن نوزدهم در نتیجه بررسیهای دورشه (Durocher) (۱۸۴۶) دلسی (Delesse) (۱۸۵۸) و دوبره (Daubrée) (۱۸۶۰) دو پدیده‌ی دگرگونی‌ی همبری و دگرگونی‌ی عمومی از یکدیگر تمیز داده شد.

دگرگونی همبری بخصوص پس از بررسیهای روزنبوش در ناحیه‌ی الزاس (سال ۱۸۷۵) روشن شد. وی نشان داد که شدت دگرگونی شیبتهای دگرگونی مرتباً بسمت توده‌ی نفوذی بیشتر میشود و این سنگها در مرحله‌ی نهائی به گنیس و گرانیتهای دانه‌بندی‌ی یکنواختی دارند تبدیل میگردد و معتقد بود که این دگرگونی در نتیجه‌ی نفوذ توده‌ی گرانیتهای صورت گرفته است.

توجیه پدیده‌ی گرانیتهای شدن بخصوص در نواحی‌ای که فاقد توده‌های بزرگ گرانیتهای هستند مسئله‌ی نسبتاً مهمی را بوجود آورده بود. اصولاً در مورد گرانیتهای شدن دو نوع پدیده مشاهده میشود از یکطرف در نواحی گرانیتهای شده دلیل‌هائی در دست است که گرانیتهای تبدیل به میگماتیت (Migmatite) و سپس تبدیل بگرانیتهای گردیده‌اند و توده‌های گرانیتهای کوچکی که در این منطقه‌ها یافت میشود در حقیقت محصول نهائی و کامل گرانیتهای شدن هستند از طرف دیگر وجود هاله (Aureol) های گرانیتهای شده در دور توده‌های گرانیتهای نشان میدهد که خود گرانیتهای سبب گرانیتهای شدن دورا دور توده گشته‌اند.

سدرهلم (سال‌های ۱۸۹۶ و ۱۹۰۷) پدیده‌ی گرانیتهی شدن را بصورت زیر مجسم میکنند :

در عمق زیاد زمین بعلمت درجه‌ی حرارت زیاد ؛ رسوبهای مدفون شده ذوب میشوند و ماده‌ی مذاب گرانیتهی در طبقه‌های بالاتر نفوذ میکنند و در نتیجه یا دوروز خود را گرانیتهی میکنند و یا اینکه میگماتیت‌ها را تشکیل میدهند. از طرف دیگر ممکن است که قسمتی از سنگها ذوب شود و ایجاد مایع‌های گرانیتهی نماید (این مایع‌ها بنام ایگر « Ichor » نامیده میشوند) که سبب گرانیتهی شدن میگرددند.

هارمه (Härme) (۱۹۶۵) که یکی از محققین معروف میگماتیت‌ها است مانند سدرهلم معتقد است که میگماتیت‌ها در نتیجه‌ی ماگمای گرانیتهی تشکیل میشوند.

ایراد هائی که بفرضیه‌ی دگرگونی‌ی تزریقی‌ی حاصل از ماگماها وارد میشود متکی بر ساخت میگماتیت‌ها و سنگهای گرانیتهی شده و همچنین در نتیجه‌ی مشخصه‌های ماده‌ی مذاب حاصل از سنگها است. مهمترین این ایرادها عبارتند از :

- ۱ - بطور کلی میگماتیتهی شدن در منطقه هائی از دگرگونی‌ی عمومی ظاهر میشود که بندرت حرارتی بیش از ۵۰۰ درجه‌ی سانتیگراد در آنها اثر کرده است .
 - ۲ - با وجود این در این ناحیه‌ها رگچه‌های آپلیتهی بضخامت چند میلیمتر دیده میشود که ممکن است چند صد متر طول داشته باشند .
 - ۳ - همبری این رگچه‌ها با سنگهای مجاور ناگهانی است و هیچ نوع اثر حرارتی در آنها دیده نمیشود .
 - ۴ - در مجاورت این رگچه (وقتی در میکاشیست هانفوذ کرده اند) قسمت گرانیتهی شده‌ای مشاهده میشود که دارای میکروکلین هستند ولی در حالت هائی که این رگچه‌ها در آمفیبلیت‌ها دیده میشوند اثر گرانیتهی شدن ملاحظه نمیشود .
 - ۵ - هاله‌ها گرانیتهی شده بندرت در گرانیتهی‌ها و پگماتیت‌ها دیده میشوند و بهمین ترتیب پدیده‌های مشخص همبری نیز در آنها دیده نمیشود .
- بنابراین ملاحظه میشود که مشخصه‌ی عمده‌ی گرانیتهی شدن جانشینی پتاسیم است و در اینصورت میتوان گرانیتهی شدن را با فلسپاتی شدن مترادف دانست . و از اینرو انتقال عامل‌های گرانیتهی کردن مسئله مهمی را بوجود میآورد که در زیر مورد بحث قرار گرفته است .

مسئله‌ی انتقال عامل‌های گرانیتهی کردن :

شاید برای اولین بار میشل لوی در سال ۱۸۸۸ موضوع جذب را بطور دقیق و کامل بیان کرده است ماده‌ی گرانیتهی که از قسمت‌های زیرین نفوذ میکند سنگهائی را که در قسمت‌های بالاتر قرار گرفته است جذب کرده و آنها را بترتیب بگنیس گرانیتهی، گرانیتهی گنیس و بالاخره گرانیتهی تبدیل میکند .

لاکروآ (Lacroix) در سال ۱۸۹۸ این فرضیه را با موفقیت در مورد گرانیتهی‌های پیرنه بکاربرد . ولی محققین معروفی مانند روزنبوش و نیگلی از قبول این امر خودداری کرده‌اند .

در سال ۱۹۳۵ Wegmann معتقد بود که گرانیتهی‌ها محصول جابجائی عنصرها در ضمن عمل

دگرگونی هستند. وقتی رسوب هادر عمق زیاد قرار میگیرد قسمتی از ماده‌های تشکیل دهنده‌ی آنها با محیط خود بصورت جامد در حال تعادل نخواهند بود و مهاجرت ماده بسمت بالا بطریقه‌ی Diffusion (نشر) بین اجزاء سنگ‌ها بصورت یون به یون یا ملکول بملکول صورت میگیرد. بنابراین وی نیز مانند سدرهلم معتقد بوده که ماده‌های لازم برای تشکیل گرانیته‌ها از خود رسوب‌ها تأمین میشود ولی مسئله‌ی پتاسیم هنوز بصورت لاینحل باقیمانده بود. بعداً در سال ۱۹۰۴ Hietanen—Makela نشان دادند که در پوسته‌ی زمین پتاسیم همیشه بسمت بالا مهاجرت میکند و در قسمت‌های فوقانی‌ی پوسته متمرکز میگردد.

نشر یا دیفوزیون در قشر بین دانه‌ها در حقیقت دیفوزیون در یک محیط جامد است و گمان وجود فلدسپاتهای پتاسیم را در گرانیته‌ها که همیشه در فضای بین سایر کانیه‌ها قرار دارد مؤید نظر خود میدانست. پیرین (Perrin) و روبو (Roubault) در سال ۱۹۳۹ از طریق دیگری مسئله انتقال عنصرها را در گرانیته‌ی شدن مورد بحث قرار دادند. از تجربه‌هایی که در مورد فعل و انعال بین سرباره و پوشش داخل کوره‌ها صورت میگیرد باینفکر افتادند که در دگرگونی نیز جابجائی عنصرها میتواند بوسیله‌ی دیفوزیون جامد صورت گیرد. این دونفر در سال ۱۹۰۰ باین نتیجه رسیدند که اگر همه‌ی گرانیته‌ها در نتیجه‌ی گرانیته‌ی شدن تشکیل نشده باشند اکثر آنها باینصورت بوجود آمده‌اند و جابجائی‌ی عنصرهای لازم نیز بوسیله‌ی دیفوزیون جامد انجام گرفته است. در سال ۱۹۳۶ بکلاند (Backlund) نیز اظهار داشت که گرانیته‌های Rapakivi از دگرگونی‌ی ماسه سنگ بدست آمده‌اند.

در نروژ نیز این طرز فکر طرفدازان زیادی بدست آورد. رامبرگ (Ramberg) و Bugge بترتیب در سالهای ۱۹۴۴ و ۱۹۴۰ معادله‌ی ترمودینامیکی زیر را اساس بررسیهای نظری‌ی خود قرار دادند:

$$D = D_0 e^{-\frac{Q}{RT}}$$

که در آن D قابلیت نفوذ، D_0 مقدار ثابت دیفوزیون در یک فاز همگن داده شده و Q انرژی فعال شدن یا Activation Energy همه مقادیرهای معینی هستند.

بنابراین هر ذره‌ای که در فاز معلومی قرار داشته باشد دارای قابلیت نفوذ معینی خواهد بود. از این رابطه معلوم میشود که اگر حقیقتاً گرادیان (ضریب تغییر) یا پتانسیل شیمیائی وجود داشته باشد بایستی عنصرها تا حدی تغییر مکان یا مهاجرت کنند. این اصل دیفوزیون جامدات در مورد عنصرهای مختلف تشکیل دهنده‌ی پوسته‌ی زمین مورد بررسی قرار گرفت و معلوم شد که پتانسیل شیمیائی ماده‌هایی مانند قلیائی‌ها و سیلیس (که در گرانیته‌ها فراوان هستند) با افزایش حرارت و تنش (Stress) سریعتر و بیشتر از عنصرهای مانند Mg و Fe و Ca تغییر میکنند و در نتیجه مثلاً K و Na در پوسته‌ی زمین نسبت بسایر عنصرها بسمت بالا مهاجرت میکنند و یا اینکه از ناحیه‌های دگرگونی و در حال چین خوردگی مهاجرت کرده و در محل‌هایی که درجه‌ی حرارت کمتر و تنش کم‌تر است مستقر میگرددند. در محیط جدید خود این مواد در فلدسپات گرانیته‌ها یا فلدسپات میگماتیتها بجای عنصرهایی مانند Fe و Mg قرار میگیرند.

یکی از اشکالات این نظریه این است که از آنجائیکه در گرانیتهای قلیائیهها همیشه بصورت ترکیب باسیلیس و اکسید آلومینیوم در فلدسپاتها یافت میشوند بایستی همه‌ی این ترکیبها دارای پارامترهای شیمیائی و بلورین مساوی باشند در صورتیکه واقعیت امر چنین نیست. مسئله‌ی دیگر این است که دیفوزیون بصورتی که بیان شده بیش از حد کند و بطئی است و بدینترتیب تشکیل توده‌های عظیم گرانیتهایش از حدقابل قبول بطول خواهد انجامید.

موضوع دیگری که در دهه پنجم قرن بیستم اهمیت زیادی پیدا کرد اهمیت آب در تشکیل گرانیتهایش و فعل و انفعالاتی است که در تشکیل سنگهای آذرین و دگرگونی صورت میگیرد.

اهمیت آب در منشاء گرانیتهایش:

ثابت شده است که اگر در حالت نشر مواد بصورت جامد (Solid Diffusion) آب وجود داشته باشد سرعت مهاجرت مواد بمراتب بیشتر خواهد شد.

والتن (Walton) در سال ۱۹۶۰ این موضوع را بصورت نظری مورد بحث قرار داده است. مقدار تقریبی ضریب نشر (Coefficient of Diffusion) یک ذره در محیط سیال بشرطی که دارای غلظت بینهایت کمی باشد بوسیله رابطه ستوکس - انشتن (Stokes-Einstein) معلوم میگردد:

$$D = \frac{RT}{4\pi N\eta r_s}$$

که در آن R مقدار ثابت گازها، T درجه حرارت مطلق، N عدد آوگادرو، r_s شعاع ذره و η غلظت (Viscosity) سیال است. از آنجائیکه $\frac{R}{4\pi N}$ مقدار ثابت و برابر 1.0×10^{-17} ارگ بر درجه است لذا میتوان نوشت:

$$D r_s = \frac{T}{\eta} \times 1.0 \times 10^{-17} \frac{\text{ارگ}}{\text{درجه}}$$

والتن سعی کرده است که مقدار $D r_s$ را برای درجه‌های حرارت مختلف نظیر شرایط دگرگونی و گرانیتهی شدن در فشارهای حدود ... ۲ اتمسفر بدست آورد و نشان داده است که جوابهای حاصله میتواند از نظر زمین شناسی مورد استفاده قرار گیرد. برای یونها و ملکولهای که گرانیتهایش را تشکیل میدهند مقدار آن در حدود $10^{-8} \times 10^{-8}$ تا $10^{-8} \times 10^{-8}$ است و بنابراین در شرایط دگرگونی سرعت نشر در حدود 10^{-3} تا 10^{-4} سانتیمتر بر ثانیه خواهد بود. بنابراین ملاحظه میشود که اگر رابطه‌ی فوق‌الذکر در مورد دگرگونی قابل قبول باشد امکان نشر مواد بوسیله دیفوزیون و تغییر وضع دادن توده‌های بزرگ وجود خواهد داشت.

اگر مطالب فوق را از نظر زمین شناسی بررسی کنیم باین نتیجه میرسیم که در سنگهایی که فاقد آب هستند امکان تبلور مجدد و دگرگونی وجود ندارد مگر آب بطریقی بآنها اضافه شود ولی در سنگهایی که معمولاً تحت تأثیر گرانیتهی شدن قرار میگیرند مثل شیستها و سلیت‌ها (Slates) همیشه مقداری آب وجود دارد و از این نظر اشکالی وجود نخواهد داشت.

مطالعات والتن اصولاً در مورد گرانیتهی شدن بعمل آمده است ولی اهمیت آب در مورد تحولات

ماگمائی نیز توسیله سایر پژوهندگان مورد بررسی قرار گرفته است. تاتل (Tuttle) و بوون در سال ۱۹۵۸ میلادی تجربیات خود را روی سیستم :



که درحقیقت سیستم شیمیائی مربوط بگرانیت‌ها است آغاز کردند و تجربیات خود را تافشار بخار آب . . . ۴ اتمسفر انجام دادند و نشان دادند که در فشارهای بالا میتوان در آزمایشگاه گرانیت درست کرد. یعنی در فشار بخار آب . . . ۳۶ کیلوگرم به سانتیمتر مربع کوارتز و یک فلدسپات پتاسیم و سدیم باهم متبلور میشوند و در فشارهای بالاتر آلپیت و فلدسپات پتاسیم بصورت دوفلدسپات مجزا تشکیل میگردند. و تجربیاتی که بعداً شده نشان میدهند که گرانیت در شرایط ماگمائی هم بشرط وجود آب کافی میتواند تشکیل شود.

گرچه تجربیات بوون و تاتل نشان داد که گرانیت ممکن است در شرایط ماگمائی تشکیل شود ولی میتوان از این تجربه‌ها نتیجه دیگری نیز گرفت باین معنی که وجود آب مهاجرت قلیائی‌ها را در سنگهایی که تحت تأثیر گرانیتی شدن قرار میگیرند تسهیل میکند.

در خاتمه مؤلف براساس نوع فلدسپات‌ها تقسیم بندی زیر را برای گرانیت‌ها پیشنهاد میکند :

۱ - گرانیت‌هایی که دارای میکروکلین و الیگوکلان هستند که قسمت عمده گرانیت‌های هم‌زاد را تشکیل میدهند و قسمت گرانیتی با تولیدهای گرانودیوریتی از این نوع گرانیت تشکیل شده است.

۲ - گرانیت‌هایی که دارای میکروکلین و آلپیت هستند که اکثراً آپلیتی هستند و قسمت عمده گرانیت‌های پس‌زاد از این نوعند.

۳ - گرانیت‌های پرپریت میکروکلین و الیگوکلان دار که آپلیتی هستند و قسمتی از آنها ممکن است جزء گرانیت‌های دیرزاد باشند ولی اکثراً مربوط بدوره پس‌زادی میباشند.

۴ - گرانیت‌های ارتوزدار که مشخص گرانیت‌های پس‌زاد نوع آلپ‌میباشند

۵ - گرانیت‌هایی که دارای یکنوع فلدسپات $\text{K}-\text{Na}$ هستند مثل گرانیت‌های جوان نیجریه. درخاتمه باید گفت که گرچه هر یک از تئوریهای تشکیل گرانیت‌ها ممکن است در مورد خاص تنها راه حل مسئله باشد ولی هیچیک از آنها جوابگوی کلی مسئله نیستند و مسلماً گرانیت‌هایی وجود دارد که از یک سیال متبلور شده‌اند (مثل گرانیت‌های جوان نیجریه) که دارای یکنوع فلدسپات $\text{K}-\text{Na}$ هستند و همراه با سنگهای آتشفشانی میباشند ولی از طرف دیگر گرانیت‌های حاوی آلپیت، میکروکلین و کوارتز هستند که فقط بصورت رگچه و دایک ظاهر میشوند و تئوریهای ماگمائی را نمیتوان در مورد آنها بکار برد.

پایان