ماگماتیسم داخل صفحات

دانشگاه شهید بهشتی

و

مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس

(آرین زمین)

دکتر منصور قربانی

ماگماتیسم داخل صفحات

یکی دیگر از مناطق تشکیل سنگ‌های آذرین، وقوع ماگماتیسم در داخل صفحات می‌باشد. در حالت کلی صفحات به دو دسته اصلی زیر تقسیم می شود:

صفحات اقیانوسی

صفحات قاره‌ای

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

بین مراحل تشکیل ماگما در پشته‌های میان اقیانوسی و فرورفتن و ورود مجدد آن در چرخه منطقه فرورانش، لیتوسفر اقیانوسی دستخوش تغییرات مهمی می‌شود که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

افزایش ضخامت لیتوسفر به‌مرور زمان (مقدار آن با ریشه دوم سن آن رابطه مستقیم دارد)،

افزایش ضخامت رسوبات که در بخش بالایی لیتوسفر تشکیل می‌شود.

و سرانجام تغییرات فیزیکی و شیمیایی احتمالی که در حین عبور از روی نقاط داغ متحمل می‌شود.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

در حالت کلی ماگماتیسم درون صفحات اقیانوسی به تشکیل دو نوع ساختمان منجر می‌شود.

- **الف) بازالتهای فلاتهای اقیانوسی:** حجم‌های عظیمی از سنگ‌های آتشفشانی را در کف اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهد.
- **ب) جزایر خطی درون اقیانوسی:** حاصل فوران‌هایی است که با نقاط داغ مرتبط می‌باشد.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

الف) خصوصیات بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB)

- ۱) فلات‌های بازالتی اقیانوسی را می‌توان عظیم‌ترین فوران‌های آتشفشانی در سطح زمین دانست که از کف اقیانوس حدود ۲۵۰۰ متر بالاتر آمده و حدود ۱۰ درصد از کف اقیانوس‌های فعلی را می‌پوشاند.
- ۲) این نوع فلات‌ها بیشتر در اقیانوس آرام و هند قرار دارند.
- ۳) به‌نظر می‌رسد که تشکیل آنها به مناطق سه‌گانه و یا مناطق گسیخته و یا نقاط داغ در ارتباط باشد.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

الف) خصوصیات بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB)

- ۴) اخیراً و با پیشرفت در زمینه اقیانوس‌شناسی، وجود ایالت‌های بزرگ ماگمایی زیردریایی معادل تراپ‌ها در فلات‌های اقیانوسی به‌اثبات رسیده است. همانند تراپ‌ها، فلات‌های اقیانوسی، بیرون‌ریزی سریع داشته و از نظر سنی همگی در کرتاسه پیشین و در فاصله زمانی ۳ تا ۴ میلیون سال انباشته عظیم بازالتی کف اقیانوس‌ها را تشکیل داده‌اند.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

الف) خصوصیات بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB)

- ۵) سرعت خروج مواد مذاب در کف اقیانوس به‌حدی زیاد است که اولاً آنها را از دگرسانی در تماس مستقیم با آب دریا محفوظ نگه داشته است. معهذا، وجود لایه‌های رسوبی از جنس رس و آهک (با ضخامت اندک) در داخل لایه‌های بازالتی، همانند تراپ‌ها، حاکی از دوره آرامش بین فورانی است.
- ۶) مساحت و حجم این نوع بازالت‌ها بسیار بیشتر از بازالت‌های طغیانی پوسته قاره‌ای می‌باشد.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

الف) خصوصیات بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB)

- ۷) فلات‌های اقیانوسی برجستگی‌هایی تشکیل می‌دهند که از دشت‌های اقیانوسی عمیق اطراف خود ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مرتفع‌تر می‌باشند و به‌همین دلیل نام فلات به آنها اتلاق می‌گردد.
- ۸) بررسی‌های لرزه‌ای نشان می‌دهد که ضخامت پوسته اقیانوسی در این مناطق کم‌تر از ۲۰ کیلومتر می‌باشد که این عدد از دو برابر ضخامت متوسط پوسته اقیانوسی نیز زیادتر است.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

الف) منشأ بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB)

- به‌نظر می‌رسد در تشکیل فلات‌های اقیانوسی، عملکرد توأم پشته‌های میان اقیانوسی و نقاط داغ برهم منطبق شده و سنگ‌های ماگمایی این مناطق را ایجاد می‌کند (مانند حالتی که امروزه در ایسلند دیده می‌شود). اعتقاد بر این است که عملکرد نقاط داغ در مجاورت با پشته‌ها، موجب تشدید بیرون ریزی مواد آتشفشانی خواهد شد.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

تفاوتهای بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB) با بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی (MORB)

۱) وفور ماگمای غنی از منیزیم (مانند پیکریت‌ها و حتی کوماتئیت‌ها) در فلات‌های اقیانوسی

۲) غنی‌شدگی بازالت‌های فلات اقیانوسی از Rb،Ba،K،Th و عناصر خاکی سبک مانند Nb، To،Ti

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

تفاوتهای بازالت‌های فلات‌های اقیانوسی (OPB) با بازالت‌های پشته‌های میان اقیانوسی (MORB)

۳) بازالت‌های فلات اقیانوسی دارای نسبت ایزوتوپی Sr^{87}/Sr^{86} بسیار بالا و نسبت Nd^{143}/Nd^{144} بسیار پایین می‌باشند و از این لحاظ بسیار شبیه بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB) می‌باشند.

۴) بازالت‌های فلات اقیانوسی بسیار ناهمگن‌تر از مورب‌ها می‌باشند.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

ب) خصوصیات بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)

- ۱) اغلب جزایری که برروی صفحات اقیانوسی قرار دارند، از نوع آتشفشانی بوده و برروی بازالت کف اقیانوسی تکیه دارند.
- ۲) ترکیب آنها بسیار متفاوت بوده و از نظر شکل و نحوه ایجاد نیز بسیار متغیر می‌باشند.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

ب) خصوصیات بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)

- ۳) برخی از آتشفشان‌های جزایر اقیانوسی، کوه‌های مرتفعی در زیر آب دریا تشکیل می‌دهند که گاهی ارتفاع آنها به ۱۰۰۰۰ متر می‌رسد و از این نظر حتی از بلندترین قله‌های قاره‌ای نیز، مرتفع‌تر می‌باشند. شکل و وسعت آنها به‌صورتی است که به آنها آتشفشان سپری گفته می‌شود.

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

ب) خصوصیات بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)

- جزایر آتشفشانی درون صفحات اقیانوسی به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:
- گروه اول: در اقیانوس اطلس که سرعت حرکت صفحه اقیانوسی بسیار کم است. جزایر آتشفشانی از نوع منفرد تشکیل می‌شوند. گاهی ممکن است چندین واحد آتشفشانی، جزایر کوچکی را تشکیل داده و گاه نیز ممکن است برجستگی‌های خطی زیرآبی به‌وجود آورند که به آنها پشته‌های بی‌زلزله می‌گویند (مانند پشته والویس یا پشته ریوگراند در اقیانوس اطلس).

ماگماتیسم داخل صفحات

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

ب) خصوصیات بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)

- جزایر آتشفشانی درون صفحات اقیانوسی به دو گروه تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:
- گروه دوم: در اقیانوس آرام که سرعت حرکت صفحه اقیانوسی زیاد است، جزایر آتشفشانی به‌صورت خطی به‌دنبال هم قرار می‌گیرند و یک زنجیر را تشکیل می‌دهند که برخی از آتشفشان‌های آنها از نوع سپری (هاوایی و یا نوکوهیوا در مجمع‌الجزایر خطی مارکیزها) می‌باشند.

ماگماتیسم داخل صفحات اقیانوسی

ب) خصوصیات بازالت‌های جزایر اقیانوسی (OIB)

به‌طورکلی می‌توان ادعا کرد که تمامی جزایر آتشفشانی درون اقیانوسی وابسته به فعالیت نقاط داغ بوده و این نقاط داغ، بعضاً در داخل اقیانوس و برخی مواقع نیز در داخل قاره‌ها قرار دارند.

نقاط داغ در واقع تظاهرات سطحی تنوره‌های داغی است که خود از حد فاصل بین گوشته و هسته (لایه D) سرچشمه می‌گیرند. سپس از ضخامت گوشته عبور کرده و در زیر لیتوسفر مستقر می‌شوند و ایجاد انواع سنگ‌های آتشفشانی مرتبط را می‌نمایند.

ماگماتیسم داخل صفحات

تنوره‌های گوشته‌ای

تنوره‌ها را باید مسیر عبور جریان حرارت و مواد داغی دانست که از مرز بین گوشته و هسته بالا آمده و به‌شکل یک قارچ بوده و شامل یک ساقه و یک سر برآمده می‌باشد.

شکل کلی ساقه آن استوانه‌ای و باریک است و قطر آن به ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتر نیز می‌رسد. این اعداد کاملاً منطبق‌بر شکل و ابعاد مناطق آتشفشانی فعال در سطح زمین است.

مثلاً منطقه‌ای که در اقیانوس آرام تحت‌عنوان نقطه داغ تلقی می‌شود، شکلی دایره‌ای داشته و قطری حدود ۱۵۰ کیلومتر دارد و در سطح زمین تظاهرات آتشفشانی (فوران‌های زیر دریایی امروزی) آن حدود فعالیت واقعی نقاط داغ را مشخص می‌کند. این محدوده نیز با منطقه ذوب بخشی واقع در قله آستنوسفر مطابقت می‌نماید.

ماگماتیسم داخل صفحات

تنوره‌های گوشته‌ای

به‌اعتقاد دیوید و ریچاردز (۱۹۹۲) سر برآمده تنوره، در تولید فلات‌های بازالتی اقیانوسی، و ساقه یا دم تنوره‌های مزبور نیز در تشکیل جزایر آتشفشانی درون اقیانوسی نقش اساسی دارند.

- ذوب در نتیجه صعود آدیاباتیکی مواد سازنده تنوره، ذوب انجام شده و طی آن فشار کاهش می‌یابد و مسیر فشار- حرارت گوشته در حال صعود، به منحنی سالیدوس پریدوتیت نزدیک شده و سرانجام آن را قطع می‌کند. اگر در گوشته، آب (کم‌تر از ۱ درصد) بوده و کمی CO_2 نیز وجود داشته باشد، این آب در عمق ۳۰۰ کیلومتری به‌صورت بخار درآمده که این امر نیز سبب کاهش دمای ذوب کانی می‌شود.

ماگماتیسم داخل صفحات

تنوره‌های گوشته‌ای

ذوب بخشی در همین عمق (حدود ۳۰۰ کیلومتری) و در بخش مرکزی تنوره (داغ‌ترین محل) صورت می‌پذیرد. عمل ذوب، ضمن صعود تنوره نیز ادامه می‌یابد. نرخ ذوب ابتدا بسیار کند است ولی به‌تدریج افزایش می‌یابد (ذوب دینامیکی). ماگمای حاصل از چنین ذوبی، فقط پس از خاتمه ذوب از منبع پریدوتیت جدا شده (ذوب منطقه‌ای) و بنابراین فرایند ذوب در شرایط متعادل صورت می‌پذیرد.

- نرخ ذوب در مرکز تنوره و به‌واسطه دمای بسیار زیاد، نیز بالاتر بوده و تولید ماگمای تولئیتی می‌کند. اما در حاشیه تنوره نرخ ذوب به‌تدریج کم و کم‌تر می‌شود و تولید بازالت آلکالن و نفلینیت می‌کند.
- خاطرنشان می‌گردد که ماگمای آغازی که به‌ترتیب فوق تولید می‌شود، غنی از منیزیم (پیکریتی) بوده و در حد فاصل بین لیتوسفر و آستنوسفر ذخیره می‌گردد.

ماگماتیسم داخل صفحات

تنوره‌های گوشته‌ای

ماگما در این محل و قبل از رسیدن به سطح زمین، تفریق اولیه را آغاز می‌کند. بدین‌صورت که ماگمای تولئیتی در مرکز تنوره و بازالت آلکالن در حاشیه آن تولید می‌شود. در این مدل پتروژنتیکی ویژگی‌های زیر را باید یادآور شویم:

- ۱) حجم عمده ماگمای حاصل از تنوره، در بخش مرکزی قله تنوره جمع شده و مواد حاصل از آن در تشکیل آتشفشان سپری به‌کار می‌رود.
- ۲) سولیدوس پریدوتیت تا بخش قاعده‌ای گوشته لیتوسفری بالا می‌آید، بنابراین این بخش از گوشته نیز دراثر صعود تنوره ذوب می‌شود.

ماگماتیسم داخل صفحات

تنوره‌های گوشته‌ای

- ۳) به‌علت جابه‌جایی لیتوسفر اقیانوسی، قله تنوره خم می‌شود. بنابراین گرچه در آغاز، ماگمایی که به سطح می‌رسد از مرکز تنوره منشأ می‌گیرد و از نوع تولئیتی است، اما در عوض ولکانیسم تأخیری از نوع آلکالن خواهد بود. چنان‌چه بعداً و زمانی که جزیره آتشفشانی از محل عمودی نقطه داغ دور می‌شود، ممکن است مواد مذاب نفلینیتی نیز آشکار شود.

ماگماتیسم داخل صفحات

ترکیب مایعات مذاب

- در حوضه‌های اقیانوسی، ترکیب مذاب‌های آتشفشانی بسیار متفاوت است. برای مثال در کف اقیانوس، بازالت‌ها از نوع مورب می‌باشند، ولی در جزایر اقیانوسی دو نوع تولئیتی و آلکالن دیده می‌شوند.
- در بسیاری از سپرهای آتشفشانی درون اقیانوسی، سنگ‌های اولیه از نوع مورب می‌باشند. ولی پس از یک مرحله آرامش، فعالیت نوع آلکالی نمایان می‌شود. برای مثال در هاوایی، گدازه‌های سازنده سپر، اساساً تولئیتی بوده و با گذشت زمان به انواع تحولی تا آلکالن تغییر ماهیت داده و در پایان فوران از نوع آلکالی شدید نظیر بازانیت، نفلینیت و ملیلیت خواهد بود.

ماگماتیسم داخل صفحات

ترکیب مایعات مذاب

- به‌طور کلی در ترکیب گدازه‌های جزایر درون اقیانوسی، با دو نوع تغییر و تحول سروکار داریم:
- نوع اول: تغییراتی که در سری آلکالن دیده می‌شود و شامل سیر تحول از بازالت آلکالن به هاوایی‌ایت، موژه‌آریت، بنموریت و تراکیت است که در آن وقفه دیلی (کمبود موژه‌آریت) در غالب جزایر به‌چشم می‌خورد.
- نوع دوم: تغییراتی است که طی تحول یک جزیره در طول زمان دیده می‌شود و آن تبدیل بازالت‌های تولئیتی به بازالت‌های انتقالی بوده و سپس در بخش قله‌ای، به بازالت آلکالن و حتی بازانیت است.

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

- الف) بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)
- ب) ماگمای تشکیل شده در مناطق کافتی درون صفحات قاره‌ای (CRZ)
- ج) ولکانیسم التراپتاسیک

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

- الف) خصوصیات بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)
- ضخامت متوسط انباشته‌های بازالت طغیانی تقریباً به یک کیلومتر می‌رسد.
- مساحت بعضی از بیرون‌زدگی‌های آن تا حدود ۲ میلیون کیلومتر مربع (کمی بیشتر از مساحت ایران) برآورد شده است.
- این انباشته‌ها حالت لایه‌لایه داشته و به آن تراپ یعنی گسترش پلکانی می‌گویند. ضخامت هر لایه از ۱ تا ۶ متر متفاوت است.
- هر لایه مربوط به یک موج فورانی است.
- از ویژگی‌های گدازه‌های بازالت طغیانی گرانروی زیاد آن است.

ماگماتیسم داخل صفحات

ویژگی‌های مهم بازالت‌های طغیانی قاره‌ای و اقیانوسی

	ایالت	مدت فعالیت (میلیون سال)	مساحت بیرون‌زدگی (کیلومترمربع)	حجم تقریبی (کیلومترمکعب)	سن (میلیون سال)
تراپ‌های قاره‌ای	کلمبی‌ریور امریکا	۱/۵	۳۰۰/۰۰۰	/۲۵× ۱۰^{۶}	۱۶-۱۴
	توله گرینلند	۳	۱× ۱۰^{۶}	>۱× ۱۰^{۶}	۶۱-۵۸
	دکن هندوستان	۲	۵۱۲۰۰۰	>۱/۵× ۱۰^{۶}	۶۵-۶۰
	رجماهال هندوستان	۲	۶۵۰۰۰۰		۱۱۶
	سیبری	۱/۵	>۲× ۱۰^{۶}	>۲× ۱۰^{۶}	۲۵۰
	پارانای برزیل	۱	۶۸۰۰۰۰		۱۲۲
	اتیوپی	۱	۱× ۱۰^{۶}	۱/۱× ۱۰^{۶}	۳۱
فلات‌های اقیانوسی	انتونگ جاوه	۳	۲× ۱۰^{۶}	۳۶× ۱۰^{۶}	۱۲۴-۱۲۲
	کرگلن	۴	>۲× ۱۰^{۶}	۲۰× ۱۰^{۶}	۱۱۴-۱۱۰
	کارائیب	۳	۸× ۱۰^{۵}	۱۲× ۱۰^{۶}	۱۱۰-۱۰۷
	نائورو	۴	۷۶۰۰۰۰	–	۱۳۱-۱۲۷
	مانی‌هیکی	۴	۶۵۰۰۰۰	–	۱۱۱-۱۰۷
جهت مقایسه: آتشفشان لاکی (ایسلند)		۱۲ ماه	۵۶۵	۱۲	در سال ۱۷۸۳

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

الف) خصوصیات بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)

- ایالت‌های مشهور وقوع بازالت‌های طغیانی قاره‌ای
  - الف) کلمبی ریورز بازالت
  - ب) ایالت توله‌گرینلند
  - ج) دکن هندوستان
  - د) تراپ‌های سیبری
  - ه) پارانا برزیل

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

الف) بافت بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)

- بافت تراکیتی (جریانی) و شیشه‌ای دارد. سنگ‌های آن ظاهراً آفیریک بوده و در آن درشت بلورهای پلاژیوکلاز، الیوین و کلینوپیروکسن هم دیده می‌شود. اغلب گدازه‌ها از یک سیستم شکاف طولی به خارج رسیده‌اند که طول آنها از ۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتر بوده و عرض آنها چند کیلومتر است.

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

الف) سن بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)

- سن این بازالت‌ها، از پروتروزوئیک پسین تا میوسن متغیر است. یکی از ویژگی‌های بعضی از بازالت‌های طغیانی قاره‌ای، وابستگی تنگاتنگ آنها با مجموعه دایک‌های متعدد است. به‌همین دلیل بعضی از محققین تصور می‌کنند که بعضی از دایک‌های پر وسعت پروتروزوئیک (مثلاً ایالت کارو)، بقایای امروزی بازالت‌های طغیانی‌اند.

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

الف) ترکیب شیمیایی و ایزوتوپی بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)

- ماگمای اولیه، بازالت پیکریتی است ولی تدریجاً به‌علت تفریق به بازالت معمولی تولئیتی تبدیل می‌شود. در ایالت کارو و توله، حجم گدازه‌های پیکریتی نسبتاً زیاد است ولی در مناطق دیگر کم‌تر است. در دو ناحیه فوق تکتونیک کششی دارای اهمیت بسیار زیاد بوده، چنان‌که در کارو دایک‌های متعدد ایجاد کرده و توله محل گسترش پوسته اقیانوس (اقیانوس اطلس) بوده است. در مناطق دیگر، در قاره‌ها بازالت تولئیتی کوارتزدار دیده شده است و شواهد ژئوشیمیایی و ایزوتوپی گاهی حکایت از آغشتگی بیش از ۵۰ درصد با مواد پوسته‌ای را آشکار کرده است.

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

الف) ژنز بازالت‌های طغیانی قاره‌ای (CFB)

- اگر ناحیه‌ای از گوشته تحت‌تأثیر یک جریان حرارت غیرعادی قرار گیرد. آستنوسفر به‌سمت بالا صعود می‌کند. لیتوسفر نازک می‌شود و کاهش فشار برروی آستنوسفر در حال صعود موجب ذوب آن می‌شود. اگر درجه حرارت ذوب بخشی حدود ۱۰ درصد باشد از ذوب یک لرزولیت مولد مایعاتی تولید می‌شود که مقدار MgO آن بین ۸ تا ۱۲ درصد است که باید آن را بازالت اولیه نامید.

ماگماتیسم داخل صفحات

آتشفشان‌های درون صفحات قاره‌ای

فرضیه ایجاد تنوره‌های گوشته‌ای در تولید و ژنز بازالت‌های طغیانی

با سپاس