پیدایش انواع سنگ‌های آذرین در محیط کافت‌های قاره‌ای

دانشگاه شهید بهشتی

و

مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس
(آرین زمین)

دکتر منصور قربانی

پیدایش انواع سنگ‌های آذرین در محیط کافت‌های قاره‌ای

در حالت کلی، از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای می‌توان چهار محیط مختلف را برای سنگ‌های آذرین در نظر گرفت که عبارت اند از:	**کافت‌های قاره‌ای**
	کافت‌های اقیانوسی
	مناطق برخوردی (فرورانش)
	سنگ‌های آذرین تشکیل شده در داخل صفحات قاره‌ای و اقیانوسی

تعریف کافت

کافت، فرورفتگی‌های طویلی هستند که کل ضخامت لیتوسفر در آن به‌علت تأثیر نیروهای کششی تغییر کرده است (اینوین و رامبرگ ۱۹۷۸).

به‌عبارت دیگر کافت شامل بخش‌های ضعیفی از لیتوسفر می‌باشد که تحت‌تأثیر کشش‌های وارده، شکسته می‌شوند.

خصوصیات کافت‌ها

اغلب دربرگیرنده سنگ‌های آتشفشانی در مقیاس وسیعی هستند. اگرچه در برخی از حالات هم فعالیت آتشفشانی کم مشاهده شده است.

این سنگ‌ها آلکالن بوده و آلکالن بودن‌شان با گذشت زمان کاهش یافته و با فاصله گرفتن از محور کافت افزایش می‌یابد.

معمولاً با بالاآمدگی‌های گنبدی همراه می‌باشند.

ممکن است یک کشیدگی تک‌محوری را نشان بدهند و یا این‌که فاقد محور واضحی باشند.

ممکن است تشکیل یک شبکه را بدهند که به طور ظاهری در حال جداکردن و تقسیم صفحه قاره‌ای باشد و یا این‌که جدا و منفرد و دور از حاشیه صفحه قرار گرفته باشد.

لیتوسفری که در زیر کافت قرار دارد، معمولاً به‌طور غیرطبیعی نازک می‌باشد و از نواری با دمای بالا و چگالی کم تشکیل یافته که از این نظر شبیه پوسته اقیانوسی می‌باشد.

موقعیت کافت‌ها اغلب توسط نقاط ضعیف پوسته‌ای کنترل می‌شود. در مناطق کافتی، یک سیستم تنش کششی موجود می‌باشد.

انواع کافت‌ها

کافت‌های قاره‌ای

کافت‌های اقیانوسی

کافت‌های قاره‌ای

- کافت‌های قاره‌ای به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند.
- دو دسته از آنها با **شکستگی‌های قاره‌ای** همراه است:
- در محل شکافتگی قاره‌ای، قبل از تشکیل اقیانوس جدید یک سیستم کافتی که مشخص کننده مکان گسیختگی است، به‌وجود می‌آید.
- بهترین و شناخته شده‌ترین مثال در این مورد کافت شرق آفریقا می‌باشد.
- شکافتگی قاره‌ای توسط بهم پیوستن یک‌سری کافت به نام پیوستگاه سه‌گانه کافت به وجود می‌آید. در این رابطه کافتی که از فعالیت می‌افتد، در داخل قاره باقی مانده و آن را کافت از کار افتاده یا اولاکوژن می‌نامند. بعد از شکافتگی، رسوب‌گذاری در اولاکوژن ادامه می‌یابد و این اولاکوژن ممکن است در مرحله بعد دوباره فعال شود

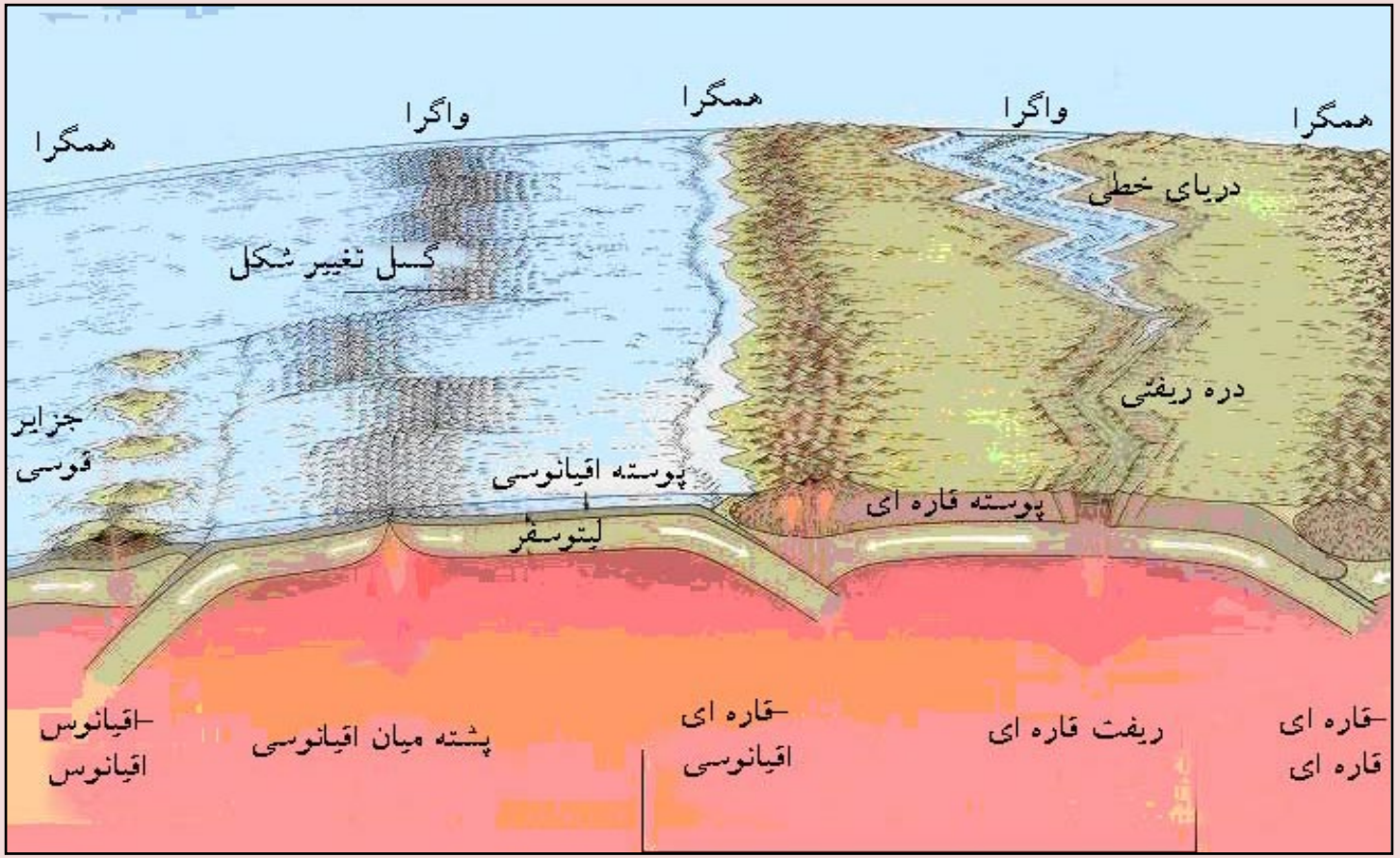
کافت‌های قاره‌ای

- دسته سوم با **تصادم قاره‌ای** در ارتباط می‌باشد.

- کافت‌های برخوردی دراثر برخورد قاره‌ای در یک رژیم فشارشی بزرگ مقیاس با قاره‌های مجاور ایجاد می‌شود. در هر صورت در مناطق دور از خط درز، رژیم کششی در پاسخ به تکتونیک حاشیه می‌تواند به‌وجود بیاید. بدین طریق دره‌های کافتی نسبتاً کوچک می‌تواند تشکیل شوند. فشارش محلی حاصل از برخورد، سبب به‌وجود آمدن تنش‌های کششی به‌موازات برخورد در گوشته می‌شود. این استرس‌های کششی سبب به‌وجود آمدن آثار کششی شده و این آثار شامل گرابنی است که امتداد آن عمود بر کوه‌زایی می‌باشد.
- همچنین دایک‌هایی به‌وجود می‌آید که امتداد این دایک‌ها نیز عمود بر کوه‌زایی است. با گذر زمان هم‌گرایی دو قاره سبب طولانی شدن خط درز می‌شود.

کافت‌های قاره‌ای

- دسته سوم با **تصادم قاره‌ای** در ارتباط می‌باشد.



ترکیب شیمیایی کافت‌های قاره‌ای

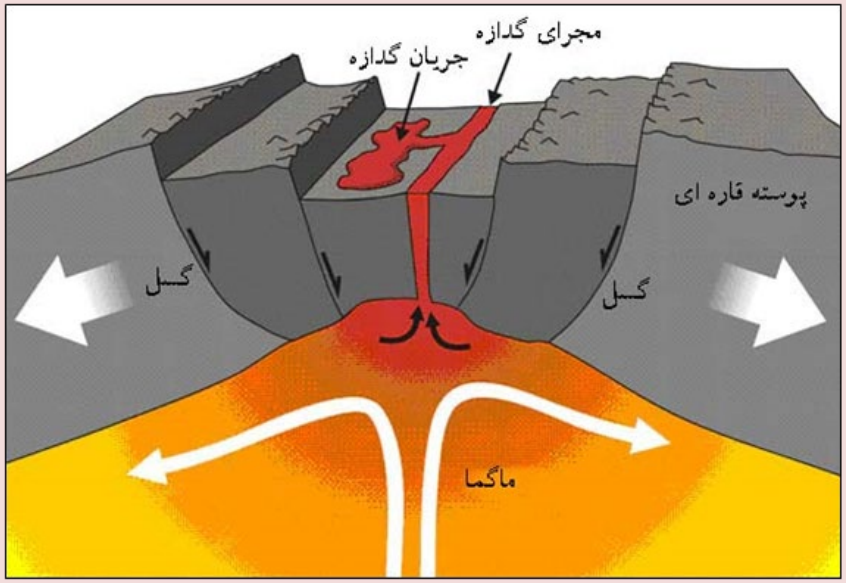
- سنگ‌های آتشفشانی که از کافت‌های قاره‌ای خارج می‌شوند، از نظر ترکیب شیمیایی غنی از :
  - مواد آلکالن،
  - عناصر لیتوفیل بزرگ یون مانند پتاسیم، باریم و روبیدیم
  - عناصر نادر سبک
  - مواد فرار به‌ویژه دی‌اکسید کربن و هالوژن‌ها می‌باشد.

ماهیت سنگ‌های کافت‌های قاره‌ای

- بیلی (۱۹۸۳) معتقد است که ماهیت سنگ‌های کافت‌های قاره‌ای ناشی از تشکیل آنها توسط فرایندهای متاسوماتیکی است که در آن محتویات مواد فرار در حجم بزرگی از مواد گوشته مجتمع و متمرکز می‌شوند.
- احتمالاً مواد فرار و سبک با حرکت از اعماق گوشته به‌سمت بالا، عناصر لیتوفیل بزرگ یون را نیز با خود حمل می‌کنند. این موضوع سبب می‌شود که متاسوماتیسم در اعماق کم‌تر، یعنی جایی‌که کانی‌های بیوتیت، آمفیبول و کربنات‌ها پایدار هستند، صورت بگیرد.
- بیلی معتقد است که مواد فرار موجود، از یک مخزن بزرگ در گوشته منشأ گرفته و از میان زون کافتی به‌سمت بالا مهاجرت می‌کنند و سرانجام از طریق یک منطقه کافتی خود را به سطح زمین می‌رسانند.

ماهیت سنگ‌های کافت‌های قاره‌ای

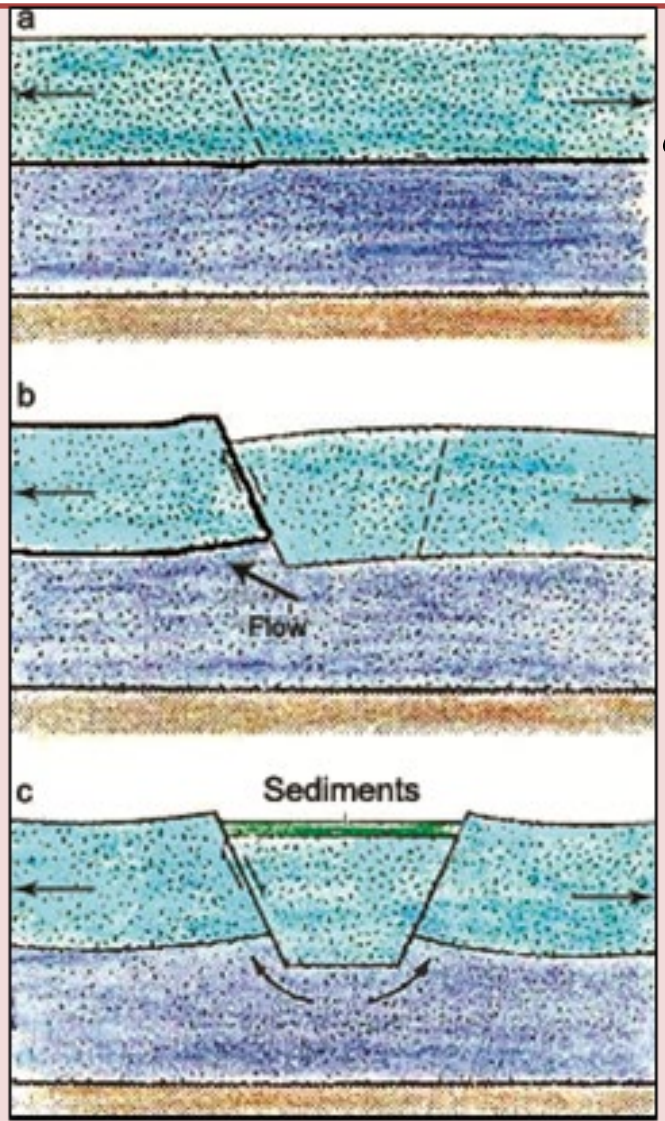
- مقدار عناصر لیتوفیل بزرگ یون در مجاری موجود در پوسته و گوشته، دراثر فرایند متاسوماتیسم بیشتر می‌شود. این مواد و عناصر فرار رفتار ماگمای اطراف خود را تغییر داده و در نهایت سبب نزول سولیدوس و در نتیجه دمای ذوب می‌شوند. بنابراین ماگما از مواد فرار و عناصر لیتوفیل بزرگ یون غنی تولید می‌شود. ماگمای آلکالن در اعماق ۱۰۰ تا ۶۰ کیلومتری تشکیل می‌شود. همچنین سنگ‌های آتشفشانی مناطق کافتی غنی از عناصر ناسازگار هستند. در حالی‌که سنگ‌های بستر اقیانوس نسبتاً فقیر از این مواد می‌باشند. این مطلب نشان‌دهنده هتروژن بودن گوشته است



ساختمان کافت‌های قاره‌ای

- مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی نشان می‌دهد که گسله‌های اطراف دره‌های کافتی از نوع نرمال می‌باشند. بنابراین کافت‌ها در پاسخ به تنش‌های کششی تشکیل می‌شوند.
- روش‌های لرزه‌نگاری انعکاسی نشان داده است که پوسته در زیر بسیاری از کافت‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای نازک‌تر از پوسته موجود در نواحی مجاور می‌باشد.
- همچنین آنومالی‌های ثقلی نیز نشان می‌دهد که تمام لیتوسفر در مناطق کافتی نازک می‌شود.

منشأ کافت‌های قاره‌ای



ابتدا یک گسله نرمال با شیب زیاد توسط تنش کششی تشکیل می‌شود

حرکت گسل سبب ایجاد پیچ‌خوردگی در پوسته شده و این پیچ‌خوردگی دراثر پایین رفتن پوسته در فرادیواره نسبت به فرودیواره انجام می‌پذیرد.

ماکزیمم انحنا در محلی به‌وجود می‌آید که تنش کششی در آن‌جا حداکثر باشد. این پایین رفتن پوسته سبب ایجاد جریانی در پوسته پایینی و پلاستیک (شکل‌پذیر) می‌شود که این جریان نیز سبب بالاآمدگی فرودیواره می‌شود. کشش مداوم سبب فرونشست در منطقه می‌شود که در این فرونشست، اثر وزن رسوبات بالایی نیز مؤثر است. کلیه این حرکات پاسخی است به برهم خوردن تعادل ایزوستازی. گسل دوم نیز به‌همین ترتیب به‌وجود می‌آید و سبب تشکیل یک دره ریفتی می‌شود.

منشأ کافت‌های قاره‌ای

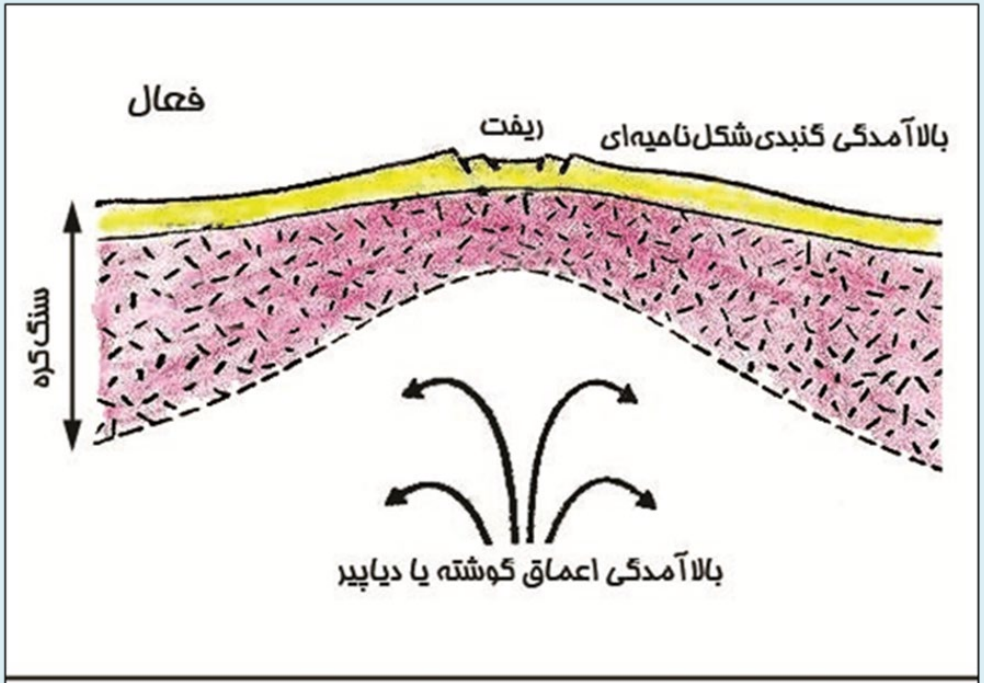
- نظریه فعال
- نظریه غیرفعال

منشأ کافت‌های قاره‌ای

- نظریه فعال

- در مدل فعال، بالاآمدگی گوشته آستنوسفری پاسخی برای گنبـدی شـدن در ترکیدگی لیتوسفر بوده و سکانس تکتونوماگمایی مشاهده شده به‌صورت:

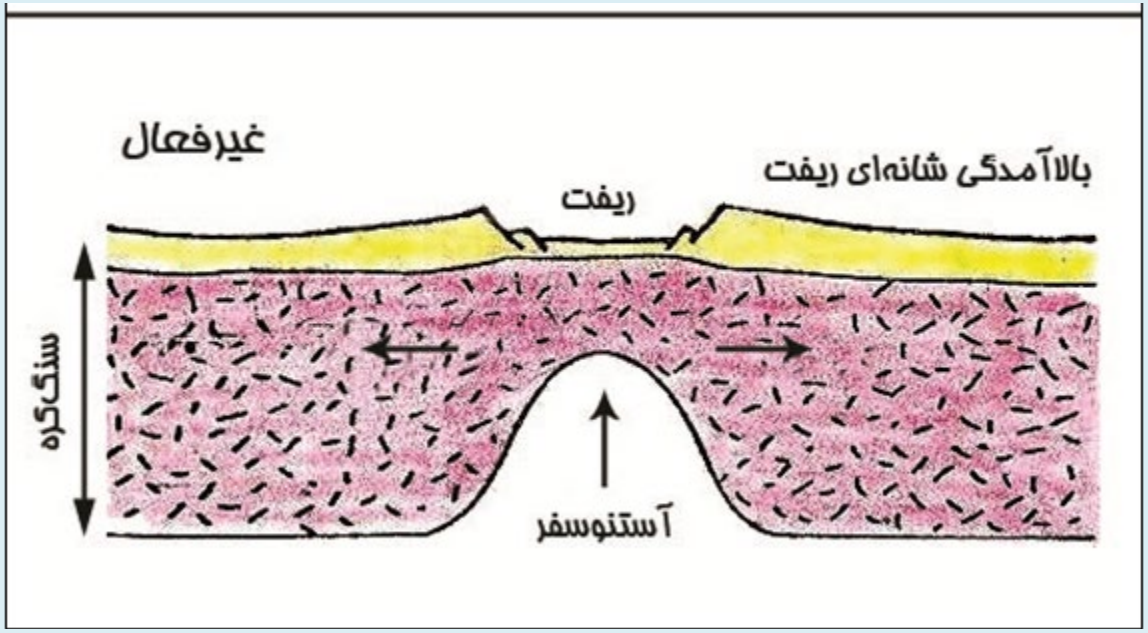
- ۱.گنبدی‌شدن ۲. ولکانیسم و ۳. کافتینگ خواهد بود.



منشأ کافت‌های قاره‌ای

- نظریه غیر فعال

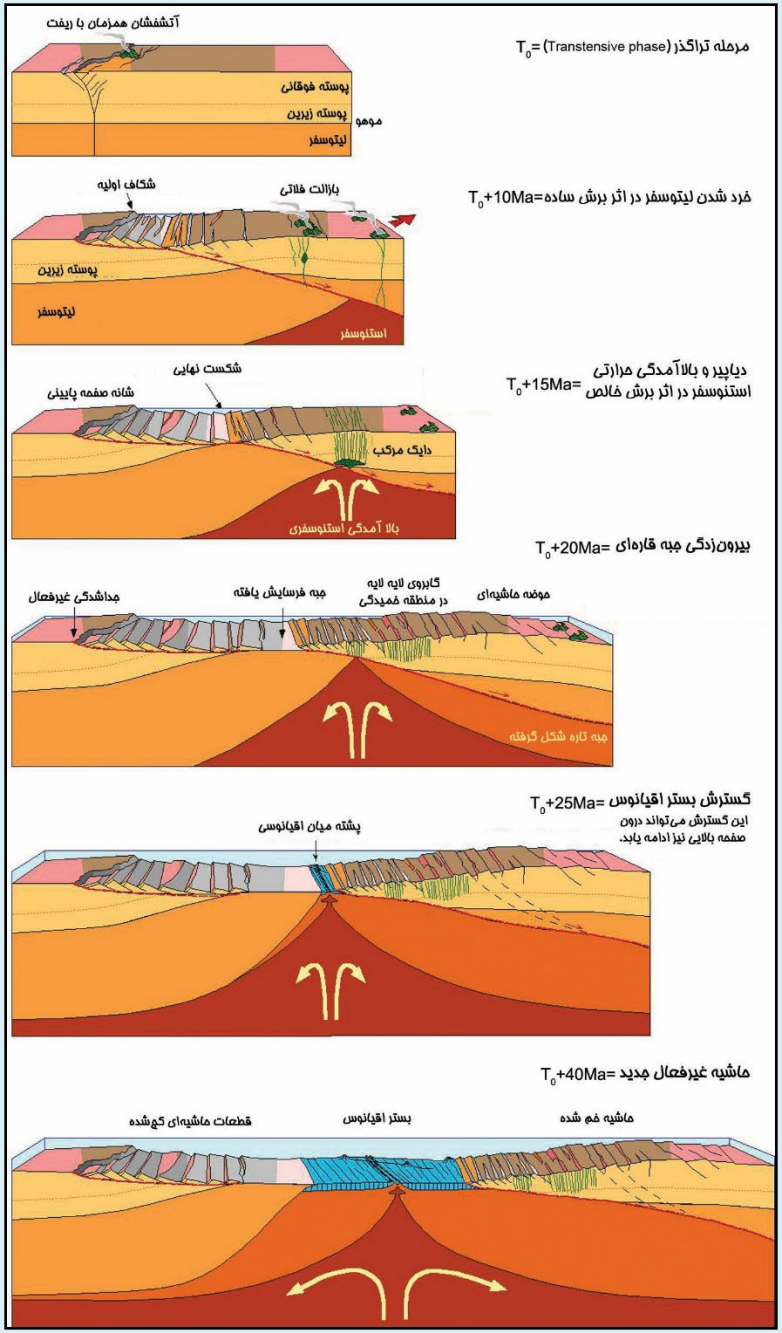
- شکافت لیتوسفر دراثر تنش‌های تفریقی داخل قاره، گوشته را وادار به دیاپیریسم آستنوسفری و ذوب بخشی می‌کند. در این مدل سکانس تکتونوماگمایی به‌صورت: ۱. کافتینگ ۲. گنبدی شدن و ۳. ولکانیسم می‌باشد.



توزیع جهانی کافت‌های قاره‌ای

1.فرایند کافت‌زایی قاره‌ای با تشکیل حوزه‌های اقیانوسی جدید دنبال می‌شود.

- دریای سرخ نوعی از این کافتزایی است. تمرکز نقاط گرم در قسمت جنوبی دریای سرخ بیشتر است و به‌همین دلیل سرعت باز شدن در بخش جنوبی بیشتر می‌شود. اگرچه در قسمت شمالی هنوز پوسته اقیانوسی واقعی تشکیل نشده و یک پوسته قاره‌ای نازک با تعداد زیادی دایک‌های بازالتی نفوذ کرده در آن وجود دارد و نیز در محور مرکزی کافت، خروج مواد مذاب سبب توسعه گسستگی‌هایی می‌شوند که بعداً در حوضه اقیانوسی باز شده جدید به گسل‌های ترانسفورم تبدیل خواهند شد.



مراحل تشکیل کافت در دریای سرخ

توزیع جهانی کافت‌های قاره‌ای

2. البته همه کافت‌های قاره‌ای به کافت اقیانوسی تبدیل نمی‌شوند و تعداد زیادی از آنها پس از چند کیلومتر گسترش از فعالیت باز مانده و تبدیل به کافت عقیم می‌شوند.

- معمولاً در محل کافت‌های سه‌گانه، دو تا از آنها گسترش یافته و به حوضه‌های جدید اقیانوسی تبدیل می‌شوند و سومی که از فعالیت باز می‌ماند، در داخل قاره امتداد یافته و به اولاکوژن تبدیل می‌شود. چنین کافت‌های عظیمی به جهت این که رسوبات پرکننده‌شان می‌تواند شامل افق‌های نفت‌دار باشد، بسیار حائز اهمیت‌اند. مثال این چنین کافت‌ها، کافت شرق افریقا است.

سریهای ماگمایی کافت‌های قاره‌ای

در کافت‌های قاره‌ای با دو اجتماع ماگمایی بارز روبه‌رو هستیم.

- اولین اجتماع شامل محدوده‌ای از بازالت‌های مادری از انواع حدواسط یا کمی آلکالن تا بازالت‌ها و بازانیت‌های خیلی آلکالن می‌باشد که براثر تفریق آنها طیف گسترده‌ای از هاوایی‌ایت‌ها، موژه‌آریت‌ها، بنموریت‌ها، تراکیت‌ها وآلکالی ریولیت‌ها تولید می‌شوند.
- دومین اجتماع شامل ماگمای اولیه تحت اشباع با آلکالیته خیلی بالا شامل نفلینیت‌ها، ملیلیت‌ها و لوسیتیت‌ها است.

عوامل مختلف در تعیین سریهای ماگمایی کافت‌های قاره‌ای

میزان کشیدگی

- کافت‌هایی با فعالیت کششی کمتر، دارای حجم کم‌تری ولکانیسم می باشد، و ماگما آلکالن‌تر و درجه اشباع کم‌تر است. مانند شاخه غربی کافت آفریقا.
- کافت‌هایی با فعالیت کششی بیشتر در پوسته، دارای حجم بالاتر سنگ‌های آتشفشانی بوده و فعالیت ماگماتیکی گسترده‌تری دارند. در این حالت بازالت‌هایی با آلکالیته کم غالب بوده و انواع ماگمای اسیدی و بازی دو منشأیی وجود دارد.

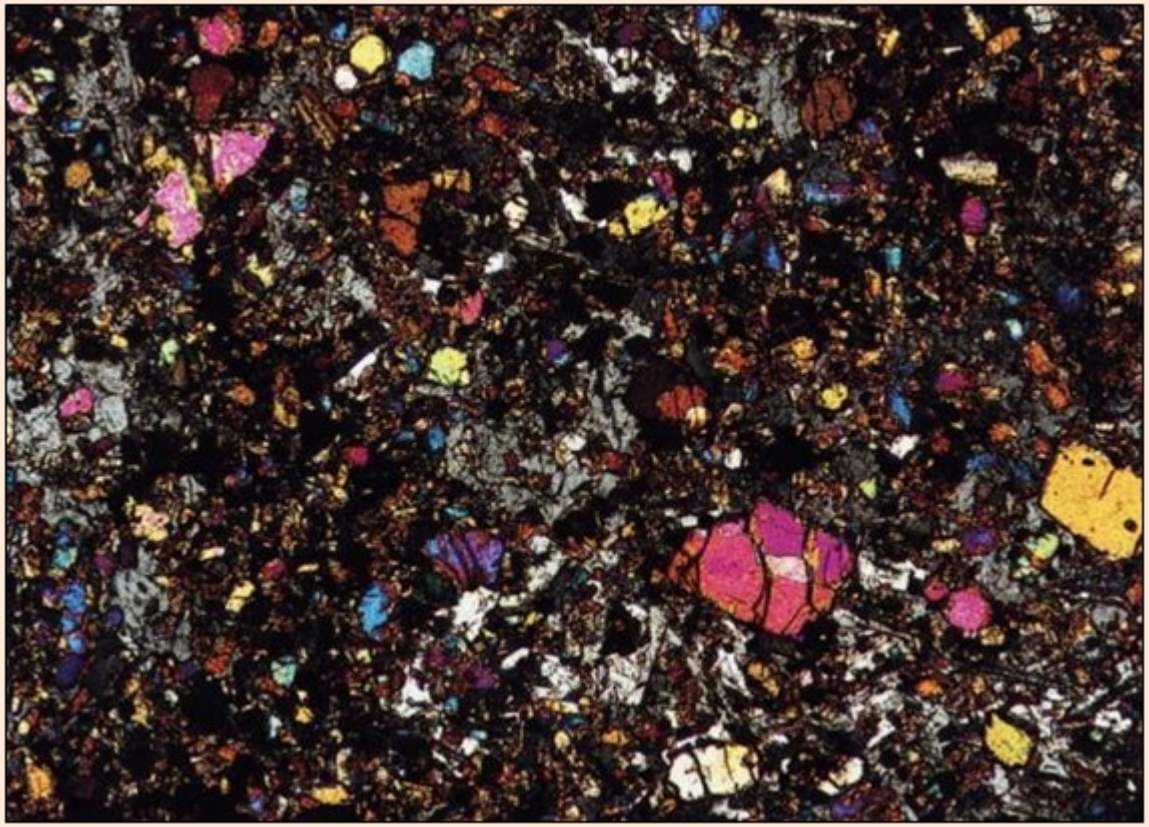
پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی کافت‌های قاره‌ای

سه گروه اصلی سنگ‌ها که آغشتگی پوسته‌ای تغییراتی در آنها ایجاد نکـرده اسـت، به‌قرار زیر هستند (در کافت آفریقا):

- الف) گروه بازانیت فنولیت از رشته‌کوه نیامیبی در شرق کنیا
- ب) گروه آلکالی‌بازالت- تراکیت از قسمت جنوبی کافت گریگوری (کنیا)
- ج) گروه بازالت حدواسط ریولیت از مرکز بونیا در اتیوپی

- آلکالیته این گروه‌ها از الف تا ج کاهش می‌یابد.
- در حالت کلی در این گروه‌ها طیف گسترده‌ای از تغییـرات بـافتی از افیریـک تـا انواع خیلی پورفیریک وجود دارد.

پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی کافت‌های قاره‌ای

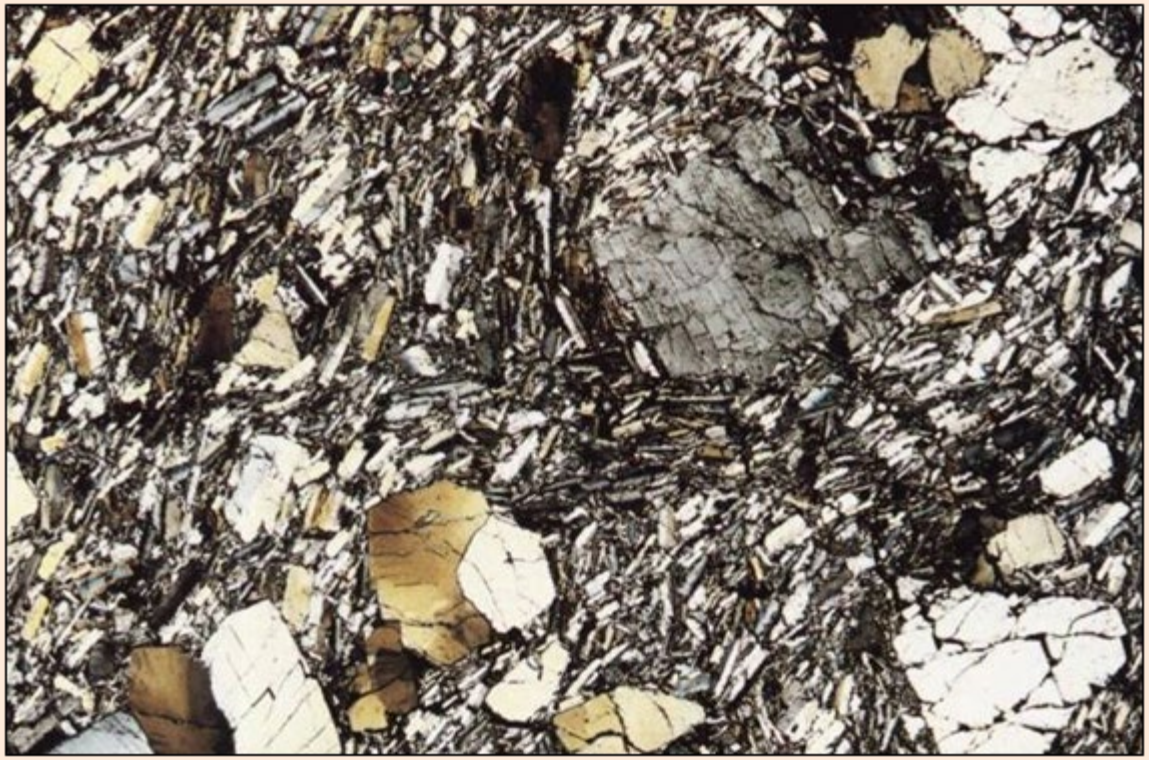


بازانیت از رشته‌کوه نیامیبی شرق کنیا شامل فنوکریست‌های پلاژیوکلاز، فوئید و الیوین.

پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی کافت‌های قاره‌ای

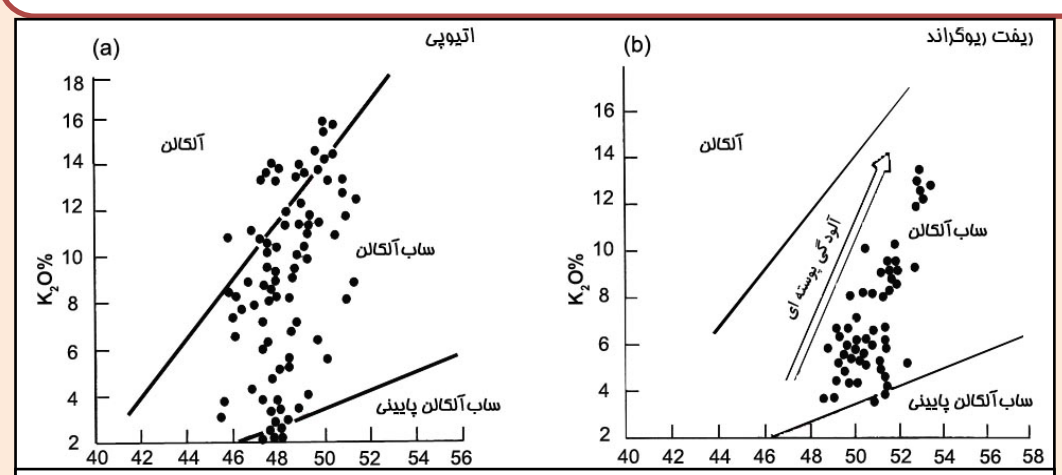
الیوین بازالت از شاخه شرقی کافت آفریقا (کمپلکس Naivasha کنیا)

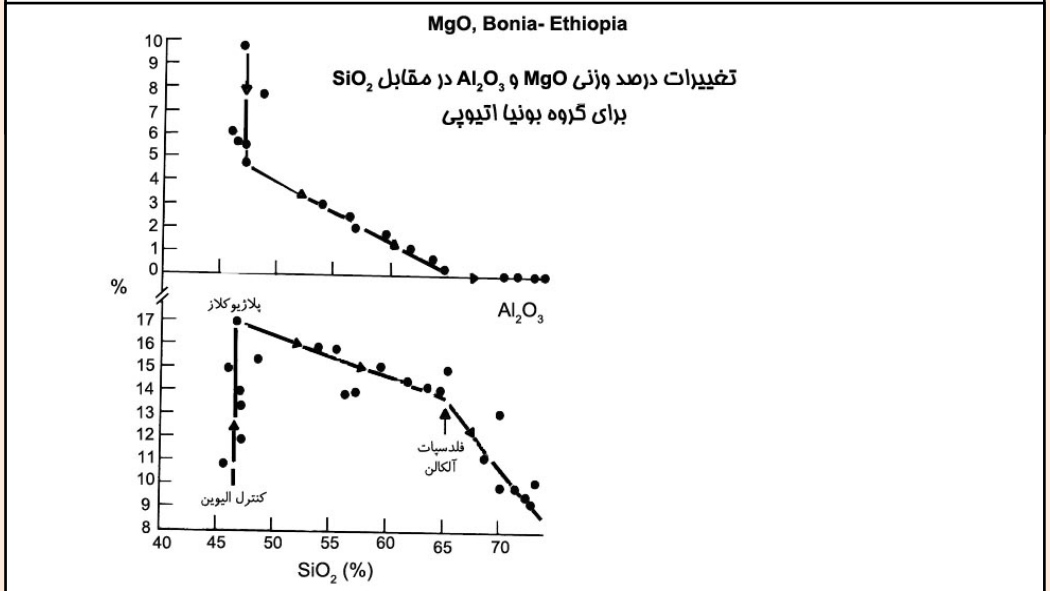
پتروگرافی سنگ‌های آتشفشانی کافت‌های قاره‌ای



تراکیت: از قسمت جنوبی کافت گریگوری شامل ارتوز، پلاژیوکلاز و کوارتز

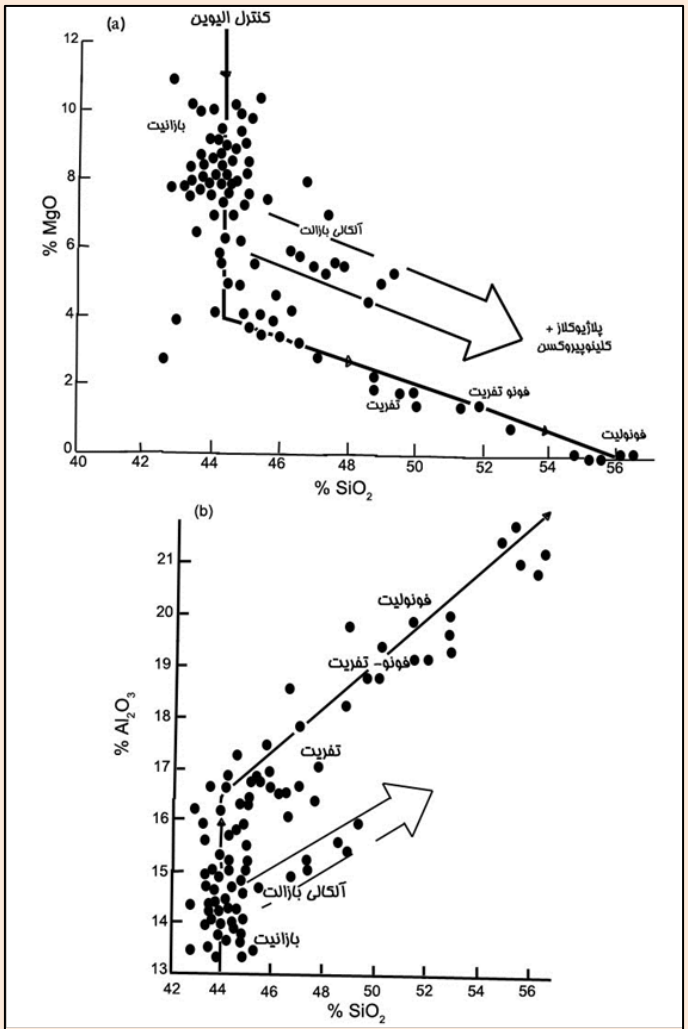
ترکیب شیمیایی ماگمای فوران‌یافته در کافت‌های قاره‌ای





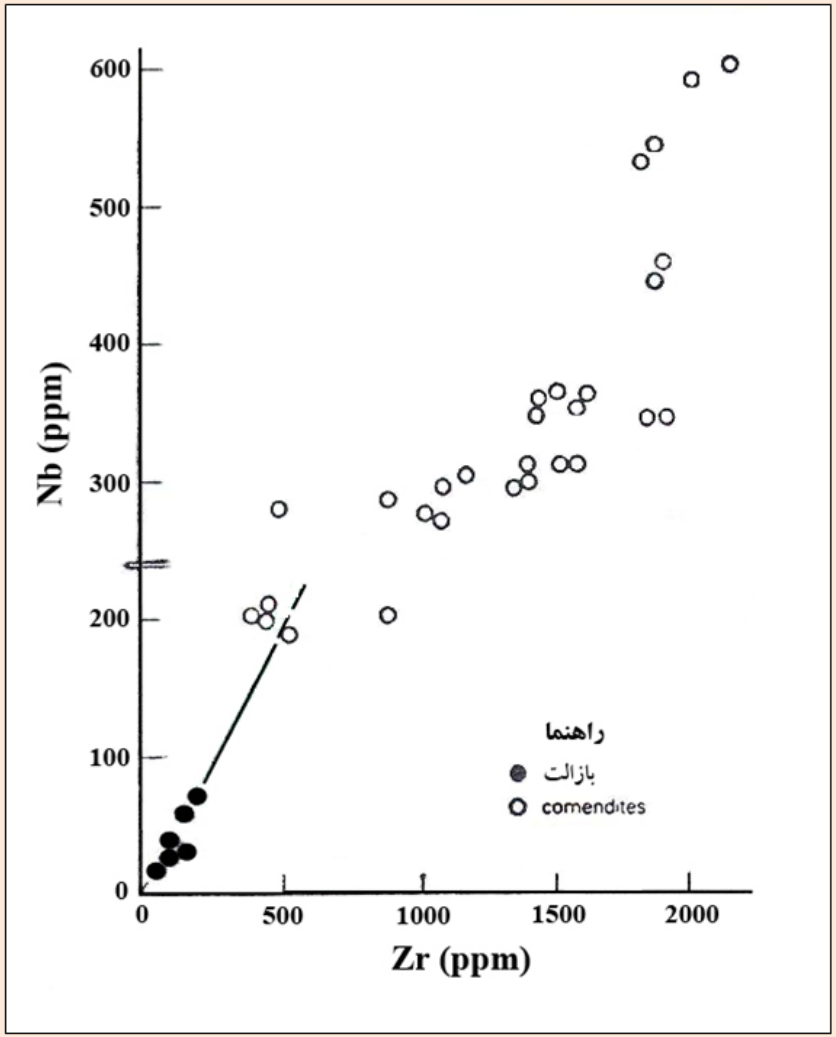
تغییرات درصد وزنی K_2O، MgO و Al_2O_3 در مقابل SiO_2

تغییرات سیلیس در برابر آلومینیوم و منیزیم کافت‌های قاره‌ای



نمایش تغییرات عناصر اصـــلی در ســـنگ‌های ولکانیکی مناطق کافتی

عناصر کمیاب کافت‌های قاره‌ای



همان‌طور که مشاهده می‌کنید نسبت Zr/Nb ثابت و حدود ۵/۳ است. این مسئله بیانگر آن است فوران‌های فنولیتی و تراکیتی می‌توانند محصول تبلور جزءبه‌جزء ماگمای بازیک همراه‌شان باشند. همچنین این اطلاعات نشان می‌دهد که بازانیت‌ها و آلکالی بازالت‌ها از منشأگوشته‌ای مشترکی مشتق شده‌اند.

با سپاس