سری‌های ماگمایی

دانشگاه شهید بهشتی

و

مرکز پژوهشی زمین شناسی پارس
(آرین زمین)

دکتر منصور قربانی

سری‌های ماگمایی

سری تولئیتی

سری کالکوآلکالن

سری آلکالن

سری تحولی

سری شوشونیتی

سری کوماتئیتی

سری بونونیتی

سری پیکریتی

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

سری تولئیتی

- **از نظر شیمی:**
  - میزان سیلیس زیاد
  - از نظر سدیم و پتاسیم و دیگر عناصر آلکالن، همچنین عناصر خاکی نادر و به‌طورکلی عناصر لیتوفیل با شعاع یونی زیاد و مواد فرار، نسبت به سایر سری‌ها فقیرتر است.
  - شامل بازالت تولئیتی، سنگ‌های حدواسط و سنگ‌های اسیدی است.
- **از نظر محیط پیدایش:**
  - در محیطهای MORB (مناطق سازنده) رخ می دهد.
- **از نظر کانی شناسی:**
  - کوارتز در نورم محاسبه می شود و هیچ وقت فوئید ندارد بنابراین نورم حساب شده برای سری تولئیتی نشان می‌دهد که این سری، از نظر سیلیس (در ترم‌های بازیک)، نسبت به سایر سری‌ها غنی‌تر است.

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

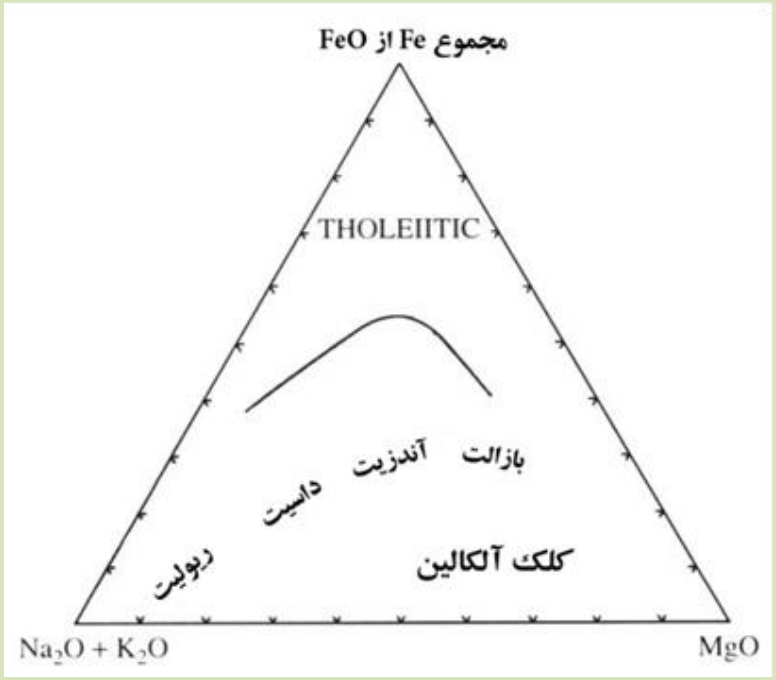
سری تولئیتی

- **از نظر کانی شناسی:**

- پیژونیت (کلینوپیروکسن فقیر از کلسیم)، یکی از کانی‌هایی است که در تولئیت‌ها دیده می‌شود. به‌همین جهت کونو (۱۹۶۸) ترجیح داد که سری تولئیتی را سری پیژونیت بنامد.
- الیوین، هرگاه در سری تولئیتی وجود داشته باشد، به‌صورت درشت‌بلور (فنوکریستال) دیده می‌شود که دارای حاشیه واکنشی است. بدین‌ترتیب که، الیوین با خمیره سنگ که غنی از سیلیس است واکنش داده و به ارتوپیروکسن تبدیل می‌شود. الیوین در ترم‌های حدواسط وجود ندارد و اگر در ترم‌های اسیدی دیده شود، ترکیب آن به فایالیت نزدیک‌تر است.
- کلینوپیروکسن و ارتوپیروکسن، تحولات کانی‌شناسی با افزایش آهن از مرکز بلور به‌طرف حاشیه صورت می‌گیرد.
- کوارتز و فلدسپات‌های آلکالن از کانی‌های مهم ترم‌های اسیدی سری تولئیتی هستند.

سری‌های ماگمایی

سری تولئیتی



در نمودار AFM ترم‌های حدواسط سری تولئیتی، از لحاظ آهن، بسیار غنی‌تر از ترم‌های حدواسط سایر سری‌ها است. به‌نظر کونو در ترم‌های حدواسط سری تولئیتی، درصد زیاد آهن به‌علت تفریق ماگمای تولئیتی تحت فشار بخشی کم اکسیژن بوده است.

میاشیرو (۱۹۷۴) از نمودار تغییرات SiO2 در مقابل FeOt/(FeOt +MgO)، برای تشخیص سری تولئیتی از کالکوآلکالن استفاده کرده است. بعدها نمودارهای مختلفی جهت تفکیک سری تولئیتی از دیگر سری‌ها توسط پترولوژیست‌ها ایجاد و به‌کارگرفته شد.

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

سری کالک آلکالن

- **از نظر شیمی:**
  - سنگ‌های سری کالکوآلکالن که کونو آن را سری هیپرستن نامیده است، نیز مانند سنگ‌های سری تولئیتی، دارای ترم‌های غنی از سیلیس هستند (میزان SiO_2 بین سری آلکالن و تولئیتی).
  - میزان Al_2O_3 زیاد و بیش از ۱۷ درصد می باشد.
  - مقدار عناصر آلکالن و نیز عناصر کمیاب و مواد فرار آنها از سری تولئیتی بیشتر است و عناصر ناسازگار بین آلکالن و تولئیتی است.
- **از نظر محیط پیدایش:**
  - در محیطهای فرورانش و بیشتر در حاشیه فعال قاره‌ای دیده می‌شوند.
  - نقاط معرف سنگ در نمودار K_2O+Na_2O/SiO_2 در حدفاصل محدوده سنگ‌های آلکالن و تولئیتی قرار می‌گیرند، اما همیشه مقدار سدیم از پتاسیم بیشتر است.

سری‌های ماگمایی

سری کالکوآلکالن از نظر کانی شناسی

- از ویژگی‌های این سری فراوانی سنگ‌های ترم‌های حدواسط است. از نظر کانی شناسی مشابه آندزیت است.
- در ترم بازیک هیپرستن است.
- ارتوپیروکسن‌ها، شاخص سری کالکوآلکالن هستند که به‌صورت فنوکریست و میکروکریستالین دیده می‌شوند.
- پیژونیت، در این سنگ‌ها، وجود ندارد یا نادر است.
- در ترم‌های بازیک و حدواسط، الیوین به‌صورت فنوکریست دارای حاشیه واکنشی دیده می‌شود.
- آمفیبول و بیوتیت نیز از جمله کانی‌های ترم‌های حدواسط این سری می‌باشند.

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

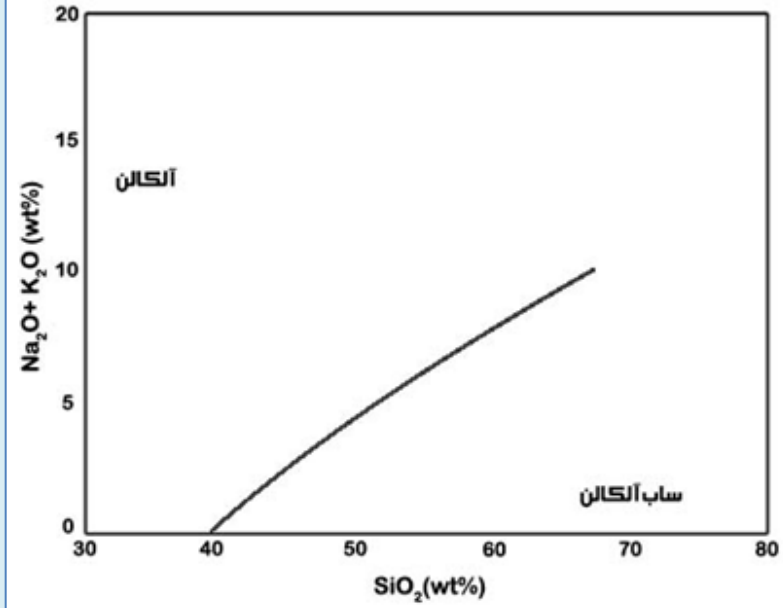
سری آلکالن

- **از نظر شیمی:**
  - فقیر از SiO_2
  - غنی از عناصر آلکالن
  - از عناصر آلکالن و عناصر خاکی نادر و مواد فرار (به‌ویژه CO_2 و هالوژن‌ها) غنی می‌باشند.
- **از نظر محیط پیدایش:**
  - در محیطهای درون قاره ای رخ می دهد.
- **از نظر کانی شناسی:**
  - وجود الیوین پایدار و بدون حاشیه واکنشی (به‌صورت فنوکریست و میکروکریستالین).
  - پیروکسن از نوع اژرین دارد.
  - آمفیبول از نوع ربکیت است.
  - وجود فلدسپاتوئید (نفلین، آنالسیم، لوسیت).
  - عدم وجود ارتوپیروکسن و پیژونیت.
  - در محاسبه نورم آنها همیشه مقداری الیوین و فلدسپاتوئید به‌دست می‌آید.

سری‌های ماگمایی

سری آلکالن

- در نمودار Na2O+K2Oدر مقابل SiO2، سری آلکالن بالای سری کالکوآلکالن (ساب‌آلکالن) قرار می‌گیرد.



سری‌های ماگمایی

سری آلکالن

- سری آلکالن شامل بازالت آلکالن، بازانیت و نفلینیت است.
- از تفریق بازالت آلکالن، تراکیتی به‌دست می‌آید که از نظر سیلیس، فقیر و یا خیلی‌کم غنی است.
- از تفریق بازالت آلکالن، به‌ندرت ریولیت حاصل می‌شود. بازانیت‌ها و نفلینیت‌ها به‌طرف فنولیت تحول می‌یابند.
- ساگرسون و ویلیامز(۱۹۶۴) سری آلکالن را به دو دسته تقسیم کرده‌اند:
  - آلکالن قوی:
    - ترم‌های بازیک دسته آلکالن قوی شامل نفلینیت می‌باشند که بدون فلدسپات و از نظر سیلیس به‌شدت فقیر هستند.
  - آلکالن متوسط:
    - ترم‌های بازیک دسته آلکالن متوسط، شامل بازالت‌های آلکالن بدون فلدسپاتوئید هستند که فقط در نورم آنها فلدسپاتوئید مشاهده می‌گردد (کم‌تر از ۵ درصد).

سری‌های ماگمایی

سری تحولی

وجود سری‌های ماگمایی حدواسط بین ماگماهای تولئیتی و آلکالن نشان می‌دهد که از نظر کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، نمی‌توان برخی سری‌های ماگمایی را، واحدهای مستقل از یکدیگر دانست. به‌طوری‌که می‌توان یک ماگمای حدواسط بین این دوسری (آلکالن و تولئیتی) در نظر گرفت که ماگمای تحولی نامیده می‌شود.

این ماگمای حدواسط در برخی از اختصاصات با دوسری فوق مشابه است.

ناگفته نماند که چنین ماگمایی هیچ‌گاه اولیه نبوده، بلکه یک ماگمای تفریق یافته است.

سری ماگمایی تحولی، شامل بازالت‌های محتوی الیوین و هیپرستن نورماتیو، گدازه‌های حدواسط غنی از آهن (شبیه به سری تولئیتی) و گدازه‌های اسیدی هیپرآلکالن است.

سری‌های ماگمایی

سری شوشونیتی

در سال‌های ۱۹۶۵ و ۱۹۶۸، جوپلاین درباره یک مجموعه آتشفشانی خاص که غنی از پتاسیم بود، تحقیقاتی به‌عمل آورد. وی این مجموعه را سری شوشونیتی نامید.

بعد از جوپلاین محققین دیگری نیز وجود سری شوشونیتی را در فعالیت‌های آتشفشانی حاشیه قاره‌ها و جزایر کمانی (قوسی) تشخیص دادند.

سری شوشونیتی در نمودار Na_2O+K_2O در مقابل SiO_2 در محدوده سری آلکالن قرار می‌گیرد.

سری‌های ماگمایی

سری شوشونیتی از نظر کانی شناسی	درصد پتاسیم این سری زیاد است و نسبت $K_2O/Na_2O \geq 1$ می‌باشد. این نسبت در بازالت‌های آلکالن برابر ۰/۵ است.
	درصد تیتانیم کم است.
	درجه اشباع از سیلیس در شوشونیت‌ها متفاوت است. در نورم بعضی از سنگ‌های شوشونیتی کوارتز و در بعضی دیگر نفلین دیده می‌شود.

سری‌های ماگمایی

سری شوشونیتی

چاپل و مکنزی (۱۹۷۲) سری شوشونیتی را به‌ترتیب زیر تقسیم‌بندی و نام‌گذاری کرده‌اند:

گدازه‌های بازیک (SiO2<٪۵۰) به‌نام آبساروکیت یا بازالت‌های شوشونیتی

گدازه‌های حدواسط (٪۵۰ < SiO2>٪۵۷) به نام شوشونیت‌ها

گدازه‌های اسیدی (SiO2>٪۵۷) به‌نام لاتیت‌ها

سری‌های ماگمایی

سری شوشونیتی از نظر کانی‌شناسی	وجود فنوکریست‌های دارای ساختمان منطقه‌ای (الیوین، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و گاهی ارتوپیروکسن)
	فراوانی فلدسپات‌های پتاسیم‌دار در خمیره و اطراف فلدسپات‌های پلاژیوکلاز، حتی در ترم‌های بازیک و حدواسط
	وجود الیوین غنی از فایالیت در خمیره سنگ
	همچنین، در سری شوشونیتی ممکن است، کانی‌های دیگری نظیر فلوگوپیت، آنالسیم (در آتشفشان استرومبولی)، لوسیت (در آتشفشان فیجی) و کرسوتیت (در کشور پرو) دیده شوند.

سری‌های ماگمایی

ماگماهای مافیک- الترامافیک

- سری کوماتئیتی
- سری بونونیتی
- سری پیکریتی

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

سری کوماتوئیتی

- **از نظر شیمی:**
  - میزان منیزیم بیش از ۱۸ است
  - عناصر آلکالن و ناسازگار کم (خیلی کم) است
- **از نظر محیط پیدایش:**
  - شاخص آرکئن است
- **از نظر کانی شناسی:**
  - بافت اسپینیفیکس دارد

سری‌های ماگمایی

سری کوماتئیتی

- با توجه به بافت اسپینیفکس که حاصل سرد شدن سریع است و دیگر اطلاعات ژئوشیمیایی و آزمایشگاهی معلوم می‌شود که ماگمای اولیه کوماتئیتی با حرارت بسیار بالا (>۱۵۰۰˚C) بوده و فاصله تبلور بین کانی‌ها زیاد است (۴۰۰-۵۰۰˚C).
- منشأ سری کوماتئیتی به‌عنوان ذوب مکرر گوشته پریدوتیتی فرض شده است. گوشته پریدوتیتی ابتدا مذاب بازالتی تولید می‌کند و سپس باقی‌مانده تهی شده گوشته، طی ذوب بعدی ماگمای کوماتئیتی ایجاد می‌کند و گرادیان حرارتی زیاد آرکئن به این مسئله کمک می‌کرده است.
- در حالی‌که برخی از محققین نقش گارنت را در تولید و تفریق سری کوماتئیتی مهم می‌دانند (گرین، ۱۹۷۵ و سان‌وینست، ۱۹۷۹)، اما به‌نظر دوبرتسوف و همکاران (۱۹۸۱) کوماتئیت‌ها از ماگمای آب‌دار با حرارت بالا مشتق شده‌اند. همچنین به‌نظر آنها، سری کوماتئیتی در طی زمان به سری بونونیت تبدیل شده است.

خصوصیات سری‌های ماگمایی به طور خلاصه

سری بونینیتی

- **از نظر شیمی:**
  - میزان منیزیم از کوماتوئیتها کمتر است (حدود ۱۱ درصد)
- **از نظر محیط پیدایش:**
  - در محیطهای جلو قوسی (فرورانش) رخ می دهد
  - در فانروزوئیک است
- **از نظر کانی شناسی:**
  - شبیه آندزیت است

سری‌های ماگمایی

سری بونونیتی

- وجود کلینوانستاتیت (اغلب در بخش ماریانیتی) و کرومیت و پیروکسن و گاهی الیوین با مقدار زیاد Cr_2O_3 و NiO نشان‌دهنده این است که این گدازه‌ها اصالت الترابازیکی دارند. در حالی‌که مقدار زیاد MgO و SiO_2 از ویژگی‌های شاخص این سنگ‌ها است.
- ممکن است این سنگ‌ها معادل خروجی پیروکسنیت‌ها در نظر گرفته شوند. تبلور کرومیت در میان سکانس تفریقی کانی‌ها از مشخصات این گدازه‌ها است و در نمونه‌های بسیار تفریق یافته کرومیت توسط مگنتیت کروم‌دار جایگزین می‌شود. میکرولیت‌های اسکلتی اوژیت، آمفیبول سریع متبلور شده و وجود شیشه نشانگر سریع سرد شدن سیال باقی‌مانده است و به‌ندرت میکرولیت‌های کوارتز و بیوتیت نیز یافت می‌شوند.

سری‌های ماگمایی

سری بونونیتی

- براساس شواهد مذکور، بروتسوف و همکاران (۱۹۸۱) پیشنهاد کرده‌اند که ماگمای اولیه این سری توسط ذوب بخشی آب‌دار پریدوتیت حاوی آمفیبول در حرارت $T\geq ۱۴۰۰^{\circ}C$ و فشار $P=20-30\ kbar$ و فشار آب نسبتاً بالا $PH2O=12-15kbar$ تولید شده است.
- اشباع بودن ماگمای مذاب از مواد فرار، تبلور پروتو انستاتیت در فشار $P\leq 10\ kbar$ و تبدیل آن به کلینوانستاتیت و سپس فوران ماگما به سطح و تبلور سریع ماگما از ویژگی‌های این‌گونه سنگ‌ها است.

سری‌های ماگمایی

سری پیکریتی

- پیکریت‌ها دارای شرایط تشکیل و ترکیب متفاوتی هستند و حداقل ۳ نوع قابل تشخیص است.
- سری پیکریت تولئیتی (a) که شاخص حوضه‌های حاشیه‌ای یا مرحله اولیه کافت اقیانوسی و سنگ‌های قدیمی مشابه آنها است (مانند جزیره بافین، کامچاتکای شرقی)؛ این نوع تقریباً مشابه سری کوماتئیتی است اما مقدار زیاد آلکالی (به‌خصوص K2O)، Zr، TiO2، Hf و HREE مهم‌ترین موارد اختلاف است.
- سری سنگ‌های پیکریتی- میامیکت (b) تقریباً آلکالن (مثل پلاتفرم سیبری)؛ این نوع شاخص برای مناطق پلاتفرم و فازهای کراتونی شدن در سیستم‌های گسلی است.
- کیمبرلیت‌ها (c) و دیگر پیکروئیدهای آلکالن. این نوع منحصر به پلاتفرم‌های قدیمی است.

سری‌های ماگمایی

سری پیکریتی از نظر کانی شناسی

- ترتیب تبلور شامل (Ol→Pl→Cpx→Opx) است و تفریق آنها به‌طرف الیوین‌بازالت در تمام پیکریت‌ها معمولی و عادی است.
- پلاژیوکلاز و الیوین ممکن است در فاز لیکوئیدوس در بازالت‌های الیوین‌دار و سنگ‌های حدواسط وجود داشته باشد.
- روند پلاژیوکلاز- الیوین از خصوصیت ژئوشیمی و پتروشیمی مهم پیکریت‌ها است.

با سپاس