



مبانی پترولوژی آذرین و دگرگونی

www.ketab.ir

تألیف: بی. رونالد فروست، کارول دی. فروست

ترجمه:

عبدالله یزدی

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کهنوج)



مبانی پترولوژی آذرین و دگرگونی

تألیف: بی. رونالد فروست، کارول دی. فروست

ترجمه: عبدالله یزدی

ویراستار: مریم نوربخش

نسخه پرداز: نادیا فرهادتوسکی

حروفچین و صفحه‌آرا: داود ربیعی، حامد غفاری

طراح جلد: سمیه عابدینی

ناظر چاپ: حمیدرضا دمیرچی

مرکز نشر دانشگاهی

چاپ اول ۱۴۰۰

تعداد ۱۰۰

چاپ و صحافی: توس

۱۱۰۰۰۰ تومان

نشانی فروشگاه مرکزی: خیابان انقلاب، روبه‌روی سینما

سپیده، پاساژ خبری، تلفن: ۶۶۴۰۸۸۹۱، ۶۶۴۱۰۶۸۶

فروش اینترنتی: www.iup.ac.ir

حق چاپ برای مرکز نشر دانشگاهی محفوظ است

فهرست‌نویسی پیش از انتشار کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

سرشناسه: فروست، برایس. رونالد، ۱۹۴۷-م. Frost, Bryce Ronald, 1947
عنوان و نام پدیدآور: مبانی پترولوژی آذرین و دگرگونی / تألیف: بی. رونالد فروست، کارول دی. فروست؛ ترجمه: عبدالله یزدی.
مشخصات نشر: تهران مرکز نشر دانشگاهی، ۱۴۰۰.

مشخصات ظاهری: هجده، ۲۴۰ ص.؛ مصور؛ ۲۲×۲۹ س. م.
فروست: مرکز نشر دانشگاهی؛ ۱۶۱۲. علوم پایه (علوم زمین و محیط زیست)؛ ۳۵.
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۱-۱۶۱۲-۸

وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا
یادداشت: عنوان اصلی: Essentials of igneous and metamorphic petrology, 2014
یادداشت: سنگ‌های آذرین.

موضوع: Igneous rocks

موضوع: سنگ‌های دگرگونی

موضوع: Metamorphic rocks

شناسه افزوده: فروست، کارول دنیسون

شناسه افزوده: Frost, Carol D. (Carol Denison)

شناسه افزوده: یزدی، عبدالله، ۱۳۵۵-، مترجم

شناسه افزوده: مرکز نشر دانشگاهی

شناسه افزوده: Iran University Press

رده‌بندی کنگره: OE ۴۶۱

رده‌بندی دیویی: ۵۵۲/۱

شماره کتابشناسی ملی: ۸۵۱۵۷۵۴



بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

صفحه	عنوان
پانزده	سپاسگزاری
هفده	پیشگفتار مترجم
۱	۱. مقدمه‌ای بر پترولوژی آذرین
۱	۱.۱ مقدمه
۲	۲.۱ حوزه پترولوژی آذرین
۲	۳.۱ طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین
۳	۱.۳.۱ طبقه‌بندی مقدماتی
۳	۲.۳.۱ طبقه‌بندی IUGS برای سنگ‌های پلوتونیک
۶	۳.۳.۱ طبقه‌بندی IUGS سنگ‌های ولکانیک و نیمه‌عمیق
۷	۴.۱ بافت‌های آذرین
۷	۱.۴.۱ اندازه بلور
۸	۲.۴.۱ شکل بلور
۹	۵.۱ ساخت‌های آذرین
۱۰	۱.۵.۱ ساخت در جریان‌های ولکانیک
۱۲	۲.۵.۱ ساخت در نهشته‌های پروکلاستیک
۱۵	۳.۵.۱ ساخت در سنگ‌های نیمه‌عمیق
۱۷	۴.۵.۱ ساخت در سنگ‌های پلوتونیک (عمیق)
۱۸	خلاصه
۱۸	مسائل
۲۰	مطالعه بیشتر

صفحه	عنوان
۲۱	۲. مقدمه‌ای بر فاز دیاگرام‌های آذرین
۲۱	۱.۲ مقدمه
۲۲	۲.۲ قانون فاز
۲۳	۳.۲ قانون اهرم
۲۴	۴.۲ سیستم‌های دو سازنده به همراه مذاب
۲۵	۱.۴.۲ سیستم‌های دوتایی با یک یونکتیک
۲۷	۲.۴.۲ سیستم‌های دوتایی با یک پری‌تکتیک
۳۰	۳.۴.۲ سیستم‌های دوتایی با یک سد دمایی
۳۱	۴.۴.۲ سیستم‌های دوتایی با محلول جامد
۳۳	۵.۴.۲ سیستم‌های دوتایی با محلول جامد ناقص
۳۴	۵.۲ فاز دیاگرام‌های سیستم‌های سه‌تایی
۳۵	۱.۵.۲ سیستم سه‌تایی $Mg_2SiO_4 - CaAl_2Si_2O_8 - CaMgSi_2O_6$
۳۶	۶.۲ مفاهیم برای پترولوژی
۳۷	خلاصه
۳۷	مسائل
۴۰	مطالعه بیشتر
۴۱	۳. مقدمه‌ای بر مذاب‌ها و ماگماهای سیلیکاته
۴۱	۱.۳ مقدمه
۴۲	۲.۳ نقش مواد فرآر
۴۲	۱.۲.۳ نقش H_2O
۴۳	۲.۲.۳ نقش CO_2
۴۴	۳.۳ خصوصیات فیزیکی ماگما
۴۴	۱.۳.۳ دما
۴۵	۲.۳.۳ ظرفیت گرمایی و گرمای گدازش
۴۵	۳.۳.۳ ویسکوزیته
۴۶	۴.۳.۳ چگالی
۴۷	۴.۳ صعود ماگماها
۴۸	۵.۳ تفریق ماگمایی
۴۸	۱.۵.۳ ذوب‌بخشی
۴۹	۲.۵.۳ فرایندهای تبلور
۴۹	۳.۵.۳ تفکیک مایع - مایع
۵۰	۴.۵.۳ هضم

۵۱	۵.۵.۳ اختلاط ماگمایی
۵۱	خلاصه
۵۲	مسائل
۵۳	مطالعه بیشتر
۵۴	۴. شیمی سنگ‌های آذرین
۵۴	۱.۴ مقدمه
۵۵	۲.۴ کانی‌شناسی مدال در مقابل نورماتیو
۵۵	۳.۴ دیاگرام‌های تغییر براساس عناصر اصلی
۵۹	۴.۴ شاخص‌های عنصر اصلی در تفریق
۵۹	۱.۴.۴ شاخص اصلاح (شده) آلکالی - آهک
۶۲	۲.۴.۴ شاخص غنی‌شدگی آهن
۶۳	۳.۴.۴ شاخص اشباع از آلومینیم
۶۵	۴.۴.۴ شاخص آلکالینیت
۶۶	۵.۴ شناسایی فرایندهای تفریق با استفاده از عناصر نادر خاکی
۶۶	۱.۵.۴ استفاده از عناصر نادر خاکی برای مدل‌سازی فرایندهای ذوب و تبلور
۶۷	۲.۵.۴ نمایش گرافیکی ترکیبات عناصر نادر خاکی
۶۹	۶.۴ کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار و رادیواکتیو در پترولوژی آذرین
۷۰	۱.۶.۴ سن‌سنجی
۷۰	۲.۶.۴ ردیابی ایزوتوپی منابع ماگمایی
۷۱	خلاصه
۷۲	مسائل
۷۴	مطالعه بیشتر
۷۵	۵. بازالت‌ها و ساختار گوشته
۷۵	۱.۵ مقدمه
۷۶	۲.۵ پترولوژی بازالت‌ها
۷۶	۱.۲.۵ رده‌بندی
۷۶	۲.۲.۵ شیمی و پتروگرافی
۷۷	۳.۵ تولید مذاب از گوشته
۷۷	۱.۳.۵ ترکیب گوشته
۷۸	۲.۳.۵ ساختار پوسته و گوشته
۷۸	۳.۳.۵ مکانیسم‌هایی برای ذوب بخشی در گوشته
۷۹	۴.۳.۵ فرایند ذوب گوشته

صفحه	عنوان
۸۰	۵.۳.۵ منشأ بازالت‌های تولیتی در مقابل آلکالی بازالت‌ها
۸۱	۴.۵ محیط‌هایی که ماگماها در آن تولید می‌شوند
۸۱	خلاصه
۸۲	مسائل
۸۳	مطالعه بیشتر
۸۴	۶. ماگماتیسیم اقیانوسی
۸۴	۱.۶ مقدمه
۸۵	۲.۶ پترولوژی و ساختار پوسته اقیانوسی
۸۵	۱.۲.۶ افیولیت‌ها، به مثابه مدلی از پوسته اقیانوسی
۸۶	۲.۲.۶ اصلاح مدل افیولیت
۹۱	۳.۶ پتروگرافی و ژئوشیمی ماگماتیسیم اقیانوسی
۹۱	۱.۳.۶ بازالت پشته میان اقیانوسی
۹۴	۲.۳.۶ ماگماتیسیم دور از پشته
۱۰۰	خلاصه
۱۰۱	مسائل
۱۰۱	مطالعه بیشتر
۱۰۲	۷. ماگماتیسیم حاشیه همگرا
۱۰۲	۱.۷ مقدمه
۱۰۳	۲.۷ کمان‌های اقیانوسی و قاره‌ای
۱۰۳	۱.۲.۷ ماگماتیسیم جزایر قوسی (کمان‌های جزیره‌ای)
۱۰۳	۲.۲.۷ ماگماتیسیم کمان قاره‌ای
۱۰۶	۳.۲.۷ ساختار کمان‌های جزیره‌ای و قاره‌ای
۱۰۶	۴.۲.۷ مثال‌هایی از کمان‌های جزیره‌ای و قاره‌ای
۱۱۰	۳.۷ خصوصیات پتروگرافی سنگ‌های کمان‌های جزیره‌ای و قاره‌ای
۱۱۰	۱.۳.۷ پتروگرافی سنگ‌های کمان جزیره‌ای
۱۱۴	۲.۳.۷ پتروگرافی سنگ‌های کمان قاره‌ای
۱۱۵	۴.۷ خصوصیات ژئوشیمیایی سری‌های ماگمایی در حاشیه همگرا
۱۱۵	۱.۴.۷ مقایسه روندهای تفریق اقیانوسی و کمان
۱۱۶	۲.۴.۷ مقایسه سری‌های ماگمایی کمان جزیره‌ای و کمان قاره‌ای
۱۱۸	۳.۴.۷ مقایسه کمپلکس‌های پلوتونیک (کردیلرن) کمان‌های اقیانوسی و قاره‌ای
۱۱۸	۴.۴.۷ ماهیت ژئوشیمیایی فرایندهای متفاوت تشکیل سگوآم و کوه سنت‌هلن
۱۱۹	۵.۷ تولید ماگما در حاشیه‌های همگرا

۸. ولکانیسم درون‌قاره‌ای

۱.۸ مقدمه

۲.۸ ایالت‌های بازالت سیلابی قاره‌ای

۱.۲.۸ فلات کلمبیا - ایالت دشت رودخانه اسنک

۲.۲.۸ پتروگرافی و شیمی بازالت‌های سیلابی قاره‌ای

۳.۲.۸ مدل‌هایی برای تولید بازالت‌های سیلابی قاره‌ای

۳.۸ ولکانیسم بایمدال (دوقطبی)

۱.۳.۸ ولکانیسم بایمدال در یلواستون - ایالت دشت رودخانه اسنک

۲.۳.۸ ژئوشیمی یلواستون - مجموعه بایمدال دشت رودخانه اسنک

۳.۳.۸ مدل‌هایی برای تولید ولکانیسم بایمدال

۴.۸ ولکانیسم آکالی

۱.۴.۸ ماگماتیسم آکالین سدیک در ریفت شرق آفریقا

۲.۴.۸ ولکانیسم آکالین پتاسیک

۵.۸ منشأ تنوع شیمیایی ماگماهای بازالتی درون‌قاره‌ای

۹. پلوتونیسم درون‌قاره‌ای

۱.۹ مقدمه

۲.۹ نفوذی‌های مافیک لایه‌ای

۱.۲.۹ نفوذی بوشولد

۲.۲.۹ تغییرات کانی‌شناسی در LMIها

۳.۲.۹ سنگ‌های گرانیتی همراه با LMIها

۴.۲.۹ محیط‌های تکتونیکی LMIها

۳.۹ آنورتوزیت‌ها و سنگ‌های مرتبط

۱.۳.۹ آنورتوزیت‌های آرکن

۲.۳.۹ آنورتوزیت‌های ماسیف

۴.۹ گرانیت‌های فروزن

۱.۴.۹ باتولیت پیکس پیک

صفحه	عنوان
۱۵۶	۲.۴.۹ ترکیب گرانیت‌های فروئن
۱۶۰	۵.۹ کمپلکس‌های آلکالین
۱۶۰	۱.۵.۹ زمین‌شناسی نفوذی ایلماساک
۱۶۲	خلاصه
۱۶۳	مسائل
۱۶۳	مطالعه بیشتر
۱۶۴	۱۰. تفسیر سنگ‌های گرانیتی
۱۶۴	۱.۱۰ مقدمه
۱۶۵	۲.۱۰ طبقه‌بندی سنگ‌های گرانیتی
۱۶۵	۱.۲.۱۰ طبقه‌بندی کانی‌شناسی
۱۶۵	۲.۲.۱۰ طبقه‌بندی براساس اکسیدهای اپاک
۱۶۵	۳.۲.۱۰ طبقه‌بندی الفبایی
۱۶۶	۴.۲.۱۰ طبقه‌بندی ژئوشیمیایی
۱۶۷	۳.۱۰ لوکوگرانیت‌های پرآلومینوس
۱۶۷	۱.۳.۱۰ لوکوگرانیت‌های هیمالیا
۱۷۰	۲.۳.۱۰ ژئوشیمی لوکوگرانیت‌های پرآلومینوس
۱۷۰	۴.۱۰ گرانیت‌های کالدونین
۱۷۱	۱.۴.۱۰ گرانیت ایتوی
۱۷۲	۲.۴.۱۰ ژئوشیمی و منشأ گرانیت‌های کالدونین
۱۷۴	۵.۱۰ مروری بر چهار نوع گرانیت اصلی
۱۷۷	خلاصه
۱۷۷	مسائل
۱۷۷	مطالعه بیشتر
۱۷۸	۱۱. مقدمه‌ای بر پترولوژی دگرگونی
۱۷۸	۱.۱۱ مقدمه
۱۷۹	۲.۱۱ مقصود از دگرگونی
۱۷۹	۳.۱۱ انواع دگرگونی
۱۷۹	۱.۳.۱۱ دگرگونی ناحیه‌ای
۱۷۹	۲.۳.۱۱ دگرگونی همبری یا مجاورتی
۱۸۰	۳.۳.۱۱ دگرگونی دفنی
۱۸۰	۴.۳.۱۱ دگرگونی دینامیک (جنبشی)
۱۸۰	۵.۳.۱۱ دگرگونی هیدروترمال

پیشگفتار مترجم

در میان گرایش‌های متنوع علوم زمین، بدون شک پترولوژی از قدیم‌ترین مباحثی است که از دیرباز مورد توجه دانشمندان بوده است و به آن می‌پرداختند. جیمز هاتن از نخستین آن دانشمندان است که با انتشار کتاب *تئوری زمین ۱۷۹۵* نظریه تشکیل گرانیت‌ها و بازالت‌ها را از انجماد مواد مذاب درونی مطرح کرد. پس از آن، علم سنگ‌شناسی و پترولوژی فراز و نشیب‌هایی را پشت سر گذاشت و در دهه‌های اخیر محققانی، چون میاشیرو، وینکلر، میدل موس، بر این دانش افزودند و آن را کامل‌تر کردند. پترولوژی از لغت یونانی پترو (petra)، به معنی سنگ، و لوزی (logos)، به معنی شناخت، تشکیل شده و سنگ‌ها و شرایطی را که در آن شکل گرفته‌اند مطالعه می‌کند. پترولوژی شامل گروه سنگ‌های آذرین، دگرگونی، و رسوبی است. معمولاً پترولوژی آذرین و دگرگونی با هم و در یک گرایش تدریس می‌شوند زیرا هر دو رشته وابسته به استفاده از نمودارهای شیمی و فازی هستند. در مقابل، پترولوژی رسوبی اغلب با چینه‌شناسی ترکیب می‌شود زیرا هر دو وابسته به درک فرایندهای فیزیکی هستند که در ته‌نشینی رسوبات سهم‌اند.

پترولوژی آذرین و دگرگونی دارای اصول مشترک‌اند؛ برای مثال، هر دو از نمودارهای فازی برای درک شرایطی که تبلور کانی‌های گوناگون را کنترل کرده است استفاده می‌کنند. با این حال، اختلاف‌های مهمی بین این دو رشته وجود دارد. در پترولوژی آذرین، ترکیب کلی سنگ مهم است زیرا دارای نشان‌هایی از محیط تکنیکی تشکیل آن است. در پترولوژی دگرگونی، شیمی کلی سنگ آن‌چنان مهم نیست بلکه از تجمع کانی‌ها برای تعیین شرایطی که در آن سنگ تبلور یافته است استفاده می‌شود. چون سنگ‌های آذرین ممکن است بعداً به سنگ‌های دگرگونی تبدیل شوند.

این کتاب با پترولوژی آذرین شروع شده است و سپس به پترولوژی دگرگونی می‌پردازد و هدف آن انتقال اطلاعات ضروری پترولوژی است که برای همه زمین‌شناسان مورد نیاز است. پترولوژی آذرین شامل درک چگونگی انعکاس تعادلی است که تبلور کانی‌ها از ماگما را با توجه به کانی‌شناسی سنگ‌های آذرین کنترل می‌کند و درک چگونگی انعکاس تفریق ماگمایی با توجه به ژئوشیمی سنگ است.

در این کتاب از چند نمودار تمیز عصری، شامل شاخص آهن، شاخص اصلاح‌شده قلیایی-آهک، و شاخص اشباع آلومینیوم، برای مقایسه حجره‌های ماگمایی که در محیط‌های تکنیکی گوناگون تشکیل شده‌اند استفاده شده است. این پارامترهای ژئوشیمی ساده به‌طور مؤثر فرایندهای ماگمایی گوناگونی را نشان می‌دهند که در انواع محیط‌ها، از قبیل حجره‌های ماگمایی تشکیل شده در مرزهای صفحه واگرای اقیانوسی و قاره‌ای، قوس‌های تشکیل شده در حواشی هم‌گرای اقیانوسی و قاره‌ای، و خاستگاه‌های تکنیکی درون صفحه‌ای اقیانوسی و قاره‌ای شکل گرفته‌اند.

در پترولوژی دگرگونی، تجمع کانی‌ها در سنگ‌های دگرگونی وابسته به سنگ مادر آن سنگ و نیز واکنش‌های کانی است که در فشار و دماهای بالاتر رخ داده‌اند. این کتاب با شروع از سنگ مادر اولترامافیک، که ساده‌ترین نوع آن است، توضیح می‌دهد که چگونه فشار، دما و ترکیب سیال مجموعه کانی در سیستم‌های پیچیده‌تر، شامل سنگ مادرهای پلیتی و کلسیتی، را متأثر می‌سازد. همچنین بر تعیین مجموعه کانی‌های دگرگونی که در شرایط دگرگونی خاص با هم رخ می‌دهند تأکید شده است. به علاوه، محیط‌هایی که در آنها انواع دگرگونی یافت شده است و نیز اهمیت تکتونیکی انواع کمرندهای دگرگونی مورد بحث قرار گرفته است. در مجموع، این کتاب به دانشجویان کمک می‌کند که بین مطالعه سنگ‌های آذرین و دگرگونی و رشته‌های دیگر زمین‌شناسی ارتباط برقرار کنند و درک اساسی از پترولوژی را نشان می‌دهد.

شایان ذکر است کتابی که اکنون در اختیار دارید حاصل ترجمه‌ای امانت‌دارانه و علمی است. با وجود این، ترجمه حاضر مسلماً خالی از اشکال نیست. صمیمانه از خوانندگان نکته‌سنج تمنا دارم با تذکر نواقص و خطاهای آن بنده را رهین منت خویش قرار دهند.

در خاتمه، لازم می‌دانم از همکاری و همراهی جناب آقای دکتر دبیری و سرکار خانم دکتر شبانی در ویرایش علمی و ترجمه کتاب حاضر قدردانی کنم. همچنین از کارکنان صدیق مرکز نشر دانشگاهی به لحاظ تسهیل روند چاپ و نشر کتاب حاضر صمیمانه سپاسگزارم.

www.ketab.ir