

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سنگ شناسی آذرین

تألیف:

دکتر غلامرضا فتوحی راد

مرتضی حسین آبادی

۱۳۹۱

انتشارات قهستان

انتشارات قهستان

فتوحی‌راد، غلامرضا - حسین‌آبادی، مرتضی
سنگ‌شناسی آذرین / گردآورندگان: دکتر غلامرضا فتوحی‌راد، مرتضی حسین‌آبادی - بیرجند، دانشگاه بیرجند،
مؤسسه چاپ و انتشارات قهستان، ۱۳۹۱.

۳۸۲ ص. مصور، نقشه، جدول، نمودار - (انتشارات قهستان: آدرس: خراسان جنوبی، بیرجند، خیابان شهدا،
بین شهدا ۴ و ۶، تلفن: ۰۵۶۱-۲۲۳۳۹۶۵)

ISBN 978-600-5547-39-9 ۱۳۰۰۰۰ ریال

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

Igneous Petrology

عنوان اصلی

کتابنامه: ص. ۳۶۲-۳۷۹.

۱. سنگ‌های آذرین الف. فتوحی‌راد، غلامرضا؛ ب. حسین‌آبادی، مرتضی، نویسنده همکار، ج. دانشگاه بیرجند،
انتشارات قهستان، د. عنوان

۱۳۹۱

اس ۴۶۱ / ف ۲

ISBN 978-600-5547-39-9

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۵۴۷-۳۹-۹

عنوان: سنگ‌شناسی آذرین

تألیف: دکتر غلامرضا فتوحی‌راد - مرتضی حسین‌آبادی

ناشر: انتشارات قهستان

طراح جلد: روح‌الله برزونی

لیتوگرافی، چاپخانه و صحافی: چاپخانه گلرو

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار: زمستان ۱۳۹۱ (چاپ اول)

چاپ و صحافی: انتشارات قهستان

مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفین است.

«کلیه حقوق برای انتشارات قهستان محفوظ است»

بها: ۱۳۰۰۰۰ ریال

پست الکترونیک: gfotohi@gmail.com and gfotohi@yahoo.com

فهرست مطالب

پیشگفتار الف

فصل اول: تعاریف و کلیات

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- طبقه‌بندی سنگ‌ها ۳
- ۳-۱- ترکیب و فراوانی سنگ‌های مختلف ۵
- ۴-۱- تعاریف و مشخصات سنگ‌های آذرین ۸
- ۱-۴-۱- سنگ آذرین ۸
- ۲-۴-۱- ماگما ۸
- ۳-۴-۱- گدازه ۸
- الف) سنگ‌های آذرین نفوذی ۹
- الف-۱: سنگ‌های آذرین پلوتونیک (عمیق) ۹
- الف-۲: سنگ‌های آذرین نیمه عمیق ۹
- ب) سنگ‌های آذرین خروجی (بیرونی) ۱۰

فصل دوم: شکل و وضع زمین‌شناسی توده‌های آذرین

- ۱-۲- مقدمه ۱۲
- ۲-۲- عوامل موثر بر تفریق ماگمایی ۱۲
- ۳-۲- توده‌های آذرین نفوذی (درونی) ۱۴
- ۱-۳-۲- توده‌های نفوذی هم‌شیب ۱۵
- ۱-۳-۲-۱-۱- سیل‌ها ۱۵
- ۱-۳-۲-۲-۱-۱- لاکولیت‌ها ۱۷
- ۱-۳-۲-۳-۱-۱- لوپولیت‌ها ۱۹
- ۱-۳-۲-۴-۱-۱- فاکولیت‌ها ۱۹
- ۲-۳-۲- توده‌های نفوذی متقاطع ۲۲
- ۱-۲-۳-۲-۱-۱- دایک‌ها ۲۲
- ۲-۲-۳-۲-۱-۱- دایک‌های حلقوی ۲۳
- ۳-۲-۳-۲-۱-۱- دودکش‌های آتشفشانی ۲۵

۲۵	۲-۳-۴- باتولیت‌ها
۲۶	۲-۳-۵- استوک
۲۶	۲-۳-۶- پلوتون
۲۷	۲-۴- توده‌های آذرین خروجی (بیرونی)
۲۸	۲-۴-۱- گدازه‌ها (جریان‌های گدازه‌ای منجمد شده)
۳۱	۲-۴-۲- توده‌های آتشفشانی آواری
۳۱	۲-۲-۱- توف‌ها
۳۲	۲-۲-۲- آگلومرا
۳۲	۲-۲-۳- لاهار
۳۲	۲-۲-۴- اسکوری یا اسکوریا
۳۲	۲-۱-۵- پوس
۳۲	۲-۴-۶- یوزولان
۳۳	۲-۴-۷- بمب‌های آتشفشانی
۳۳	۲-۴-۳- مخروط‌های آتشفشانی
۳۵	۲-۴-۱- ساخت مخروطی
۳۶	۲-۴-۴- سایر فرم‌های آتشفشان‌ها

فصل سوم: ساخت و بافت سنگ‌های آذرین

۳۸	۳-۱- ساخت و بافت سنگ‌های آذرین
۴۰	۳-۱-۱- درجه تبلور
۴۱	۳-۱-۲- اندازه دانه‌ها
۴۳	۳-۱-۳- شکل بلورها
۴۶	۳-۱-۴- رابطه بین بلورها
۴۶	۳-۲- ساخت سنگ‌های آذرین
۴۶	۳-۲-۱- ساخت دانه‌ای
۴۷	۳-۲-۲- ساخت پورفیروئید (Porphyroide Structure)
۴۸	۳-۲-۳- ساخت پگماتیتی
۴۸	۳-۲-۴- ساخت پگماتیت گرافیک
۴۹	۳-۲-۶- ساخت کروی (Orbiculaire Structure)

۵۰	 ساخت ریزبلور	۳-۲-۶
۵۰	 ساخت دانه‌ای ریزبلور	۳-۲-۷
۵۰	 ساخت میکرولیتی (microlitique s)	۳-۲-۸
۵۱	 ساخت پورفیری میکرولیتی (porphyry Microlitic s)	۳-۲-۹
۵۲	 ساخت دلریتی (doleritique s)	۳-۲-۱۰
۵۲	 ساخت دلریتی انترسرتال (Intersertal Doleritic s)	۳-۲-۱۱
۵۲	 ساخت شیشه‌ای (hyaline s)	۳-۲-۱۲
۵۳	 ساخت تمام شیشه‌ای (s.Holohyaline)	۳-۲-۱۳
۵۳	 ساخت شیشه‌ای مروریدی (s.Perlitichyaline)	۳-۲-۱۴
۵۴	 ساخت هیالواسفرولیتی (hyalospherolitique s)	۳-۲-۱۵
۵۴	 ساخت دیپلکتی (diaplectique s)	۳-۲-۱۶
۵۴	 ساخت اوتاکسینی (eutaxitiques)	۳-۲-۱۷
۵۵	 ساخت توده‌ای (مراکم)	۳-۲-۱۸
۵۵	 ساخت حفره‌دار (حفره‌ای)	۳-۲-۱۹
۵۶	 ساخت مطبق یا جهت یافته (جریانی)	۳-۲-۲۰
۵۷	 بافت سنگ‌های آذرین	۳-۳-۳
۵۷	 بافت دانه‌ای	۳-۳-۱
۵۸	 بافت لامپروفیری	۳-۳-۲
۵۸	 بافت آپلیتی	۳-۳-۳
۵۹	 بافت گرانیتی	۳-۳-۴
۶۰	 بافت پورفیری	۳-۳-۵
۶۰	 بافت ویتروفیری	۳-۳-۶
۶۰	 بافت فلسوفیری	۳-۳-۷
۶۰	 بافت اورتوفیری	۳-۳-۸
۶۰	 بافت کومولوفیری یا گلومروپورفیری	۳-۳-۹
۶۱	 بافت سری ایت	۳-۳-۱۰
۶۲	 بافت گرافیکی	۳-۳-۱۱
۶۲	 بافت میرمکتیتی	۳-۳-۱۲
۶۳	 بافت افیتیک	۳-۳-۱۳

۶۳	۱۴-۳-۳ - بافت ساب افیتیک
۶۴	۱۵-۳-۳ - بافت پویکی لیتی
۶۵	۱۶-۳-۳ - بافت حاشیه‌ای یا کرونا
۶۶	۱۷-۳-۳ - بافت اینترگرانولار
۶۶	۱۸-۳-۳ - بافت اینترسرتال
۶۷	۱۹-۳-۳ - بافت تراکیتی
۶۷	۲۰-۳-۳ - بافت آمیگدالوئیدال
۶۸	۲۱-۳-۳ - بافت دیکتی تاکسیتی
۶۸	۲۲-۳-۳ - بافت پری لیتی
۶۸	۲۳-۳-۳ - بافت استروئیتی
۶۹	۲۴-۳-۳ - بافت واریولی
۷۰	۲۵-۳-۳ - بافت بوستونی
۷۰	۲۶-۳-۳ - بافت اوسلار
۷۰	۲۷-۳-۳ - بافت غربالی
۷۱	۲۸-۳-۳ - بافت شلیرن
۷۱	۲۹-۳-۳ - بافت پیروکلاستیکی
۷۱	۳۰-۳-۳ - بافت کاتاکلاستیکی
۷۳	۳۱-۳-۳ - بافت میلونیتی
۷۳	۳۲-۳-۳ - بافت پروتوکلاستیکی

فصل چهارم: کانی‌ها، رنگ و دگرسانی سنگ‌های آذرین

۸۴	۱-۴ - کانی‌های سنگ‌های آذرین
۸۴	۲-۴ - رنگ سنگ‌های آذرین
۸۶	۳-۴ - دگرسانی سنگ‌های آذرین
۸۸	۱-۳-۴ - دگرسانی در قسمت‌های سطحی زمین
۸۹	۲-۳-۴ - دگرسانی در نتیجه محلول‌های گرمایی (گرم)
۸۹	۳-۳-۴ - دگرسانی در بخش‌های عمیق پوسته زمین

فصل پنجم: انواع رده‌بندی سنگ‌های آذرین

۹۴	۱-۵ - انواع رده‌بندی سنگ‌های آذرین
----	------------------------------------

- ۹۵ ۱-۱-۵- رده بندی کانی شناسی کیفی یا رده بندی طبیعی سنگ های آذرین
- ۹۷ ۲-۱-۵- رده بندی سنگ های آذرین از روی نوع و مقدار کانی های موجود در سنگ ها
- ۱۰۱ ۳-۱-۵- رده بندی پیشنهادی «اتحادیه ی بین المللی علوم زمین شناسی» (IUGS)
- ۱۰۴ ۲-۲-۵- رده بندی و نام گذاری سنگ های آذرین
- ۱۰۴ ۱-۲-۵- سنگ های پلوتونیکي Plutonic Rocks
- ۱۰۵ ۱-۲-۵-۱- کانی ها و گروه های مینرالی
- ۱۰۵ ۲-۲-۵-۱-۲- اول $M = 90-0$
- ۱۰۷ ۲-۲-۵-۱-۳- دوم $M = 90-100$
- ۱۰۹ ۲-۲-۵-۲- کلد راهنمای تعیین سنگ های پلوتونیکي
- ۱۰۹ ۲-۲-۵-۱-۲- اول: $M < 90$
- ۱۱۱ ۲-۲-۵-۲- دوم: $M = 90-100$
- ۱۱۲ ۳-۲-۵- سنگ های آتشفشاني Volcanic Rocks
- ۱۱۳ ۳-۲-۵-۱-۳- اول $M = 90-0$
- ۱۱۴ ۳-۲-۵-۲-۳- دوم $M = 90-100$
- ۱۱۴ ۳-۵- طبقه بندی سنگ های آذرین بر حسب طرز تشکیل
- ۱۱۵ ۴-۵- طبقه بندی نیمه شیمیایی سنگ های آذرین
- ۱۱۶ ۵-۵- رده بندی شیمیایی کانی شناسی سنگ های آذرین
- ۱۱۷ ۶-۵- رده بندی شیمیایی سنگ های آذرین

فصل ششم: شرح دسته های مهم سنگ های آذرین

- ۱۲۰ ۱-۶- شرح دسته های مهم سنگ های آذرین
- ۱۲۰ ۱-۶-۱- سنگ های قلیایی
- ۱۲۰ ۱-۶-۲- سنگ های غیر قلیایی
- ۱۲۱ ۱-۶-۳- سنگ های اولترامافیکي و اولترابازیکي
- ۱۲۴ ۱-۶-۱-۳- سرپانتینی شدن (Serpentinization)
- ۱۲۵ ۱-۶-۲-۳- محل تشکیل و منشاء سنگ های اولترامافیکي
- ۱۲۷ ۱-۶-۴- سنگ های آذرین مافیکي (بازیکي)
- ۱۲۷ ۱-۶-۴-۱- گروه گابرو
- ۱۲۸ ۱-۶-۴-۲- بافت های سنگ های خانواده گابرو

- ۱-۶-۵- سنگ‌های آذرین مافیکی نیمه عمیق ۱۲۹
- ۱-۶-۱-۵- دایاباز (Diabase) ۱۲۹
- ۱-۶-۱-۵-۲- گروه بازالت ۱۳۰
- ۱-۶-۱-۵-۳- لامپروفیرها (Lamprophyres) ۱۳۴
- ۱-۶-۱-۵-۴- محل تشکیل و منشاء سنگ‌های آذرین مافیکی ۱۳۵
- ۱-۶-۱-۵-۵- محل تشکیل گابروها و بازالت‌های فلدسپاتوئیددار ۱۴۰
- ۱-۶-۱-۶- افیولیت‌ها و ملانژهای افیولیتی ۱۴۰
- ۱-۶-۱-۶-۱- تعریف افیولیت ۱۴۰
- ۱-۶-۱-۶-۲- مجموعه اولترامافیک ۱۴۰
- ۱-۶-۱-۶-۳- مجموعه گابرویی انباشته‌ای ۱۴۰
- ۱-۶-۱-۶-۴- مجموعه دایک‌های صفحه‌ای مافیک ۱۴۱
- ۱-۶-۱-۶-۵- ملانژ افیولیتی ۱۴۱
- ۱-۶-۱-۶-۶- منشاء افیولیت‌ها از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای ۱۴۱
- ۱-۶-۱-۶-۷- دیگر گونه‌های مجموعه‌های افیولیتی ۱۴۴
- ۱-۶-۱-۶-۸- انواع افیولیت‌ها ۱۴۶
- ۱-۶-۱-۶-۹- پراکندگی افیولیت‌ها در جهان ۱۴۷
- ۱-۶-۱-۶-۱۰- پراکندگی افیولیت‌ها و ملانژهای افیولیتی (کالردملانژها) در ایران ۱۴۹
- ۱-۶-۱-۷- سنگ‌های آذرین حد واسط ۱۵۳
- ۱-۶-۱-۷-۱- انواع مهم دانه درشت سنگ‌های آذرین حد واسط
- ۱-۶-۱-۷-۱-۱- دیوریت‌ها (Diorites) ۱۵۵
- ۱-۶-۱-۷-۱-۱-۱- انواع دیوریت‌ها ۱۵۵
- ۱-۶-۱-۷-۱-۲- مونزونیت‌ها ۱۵۶
- ۱-۶-۱-۷-۱-۳- سینیت‌ها (Syenites) ۱۵۷
- ۱-۶-۱-۷-۱-۳-۱- آلکالی سینیت‌ها ۱۵۷
- ۱-۶-۱-۷-۱-۳-۲- سینیت‌های فلدسپاتوئیددار (Feldspathoidal Syenites) ... ۱۵۸
- ۱-۶-۱-۷-۲- انواع مهم دانه ریز سنگ‌های آذرین حد واسط
- ۱-۶-۱-۷-۲-۱- آندزیت‌ها (Andesite) ۱۵۹
- ۱-۶-۱-۷-۲-۱-۱- آندزیت‌های اولیوین‌دار (Olivine bearing Andesites) ۱۵۹
- ۱-۶-۱-۷-۲-۲- پیروکسن آندزیت‌ها (Pyroxene Andesites) ۱۵۹

۱۶۰	۱-۲-۷-۳-هورنبلند و بیوتیت آندزیت‌ها (Hornblende and biolite Andesites) ...
۱۶۰	۱-۲-۷-۴- پروپیلیت‌ها (Propylites)
۱۶۰	۱-۲-۷-۵- لاتیت (تراکی آندزیت) (Latite (Trachy andesite)
۱۶۱	۱-۲-۷-۲- تراکیت‌ها و سنگ‌های وابسته (Trachytes and related rocks) ...
۱۶۱	۱-۲-۷-۱- انواع تراکیت‌ها
۱۶۳	۱-۲-۷-۱-۱- فونولیت‌ها (Phonolites)
۱۶۴	۸-۱-۶- سنگ‌های وابسته به گروه حدواسط
۱۶۴	۱-۸-۱-۶- کراتوفیرها و کوارتز کراتوفیرها
۱۶۴	۱-۸-۲- شونکینیت‌ها
۱۶۵	۹-۱-۶- سنگ‌های آذرین اسیدی
	۱-۹-۱-۶- انواع دانه درشت و دانه متوسط سنگ‌های آذرین اسیدی
۱۶۶	۱-۹-۱-۱-۱- گرانودیوریت‌ها (Granodiorites)
۱۶۷	۱-۹-۱-۲- تونالیت‌ها (کوارتز دیوریت‌ها) (Quartz diorites) Tonalites
۱۶۸	۱-۹-۱-۳- ترانجمیت‌ها (Trondhjemites)
۱۶۸	۱-۹-۱-۴- آداملیت‌ها (Adamellites)
۱۶۹	۱-۹-۱-۵- گرانیت‌ها (Granites)
۱۷۱	۱-۹-۱-۵- انواع گرانیت‌ها (Varieties of Granites)
۱۷۲	۱-۹-۱-۶- پگماتیت‌ها و آپلیت‌های اسیدی (Acid Pegmatites and Aplites) ...
	۱-۹-۲- انواع دانه ریز سنگ‌های آذرین اسیدی
۱۷۵	۱-۹-۱-۲- داسیت‌ها (Dacites)
۱۷۶	۱-۹-۲-۲- ریوداسیت‌ها یا کوارتز لایت‌ها (Ryodacites)
۱۷۷	۱-۹-۲-۳- ریولیت‌ها (Rhyolites)
۱۷۸	۱-۹-۲-۳-۱- ریولیت‌های پتاسیک (Potash Rhyolites)
۱۷۹	۱-۹-۲-۳-۲- ریولیت‌های سدیک (Soda Rhyolites)
۱۷۹	۱-۹-۲-۳-۳- دگرسانی ریولیت‌ها (Alteration of Rhyolites) ...
۱۷۹	۱-۹-۲-۴- شیشه سنگ‌ها (Obsidians)
۱۸۱	۱-۹-۲-۵- ایگنیمبریت‌ها (Ignimbrites)
۱۸۲	۱-۱۰-۱-۶- محل تشکیل سنگ‌های گرانیتی
۱۸۳	۱-۱۰-۱-۶- منشاء سنگ‌های گرانیتی (Origin of the granitic rocks)

۱۸۵	 ۲-۱۰-۱-۶ گرانیت‌های دسته اول یا (Deep Seated Granites)
۱۸۶	 ۳-۱۰-۱-۶ گرانیت‌های دسته دوم یا (High level Granites)
۱۸۶	 ۴-۱۰-۱-۶ گرانیتی شدن (Granitization)
۱۸۷	 ۱۱-۱-۶ منشأ سنگ‌های ولکانیکی اسیدی (Origin of Acid Volcanic Rocks)
۱۸۸	 ۱۲-۱-۶ سنگ‌های آذرآواری (Pyroclastic Rocks)
۱۹۰	 ۱۳-۱-۶ انواع اجکتا (Varieties of Ejecta)
۱۹۰	 الف. اجکتای بازیکی (Basic Ejecta)
۱۹۰	 ب: اجکتاهای حدواسط و اسیدی (Intermediate and Acid Ejecta)
۱۹۲	 ۱۴-۱-۶ دگرسانی سنگ‌های آذرآواری (Alteration of Pyroclastic rocks)

فصل هفتم: مطالعات تجربی روی محلول‌های سیلیکاته

۱۹۶	 ۱-۷ مطالعات تجربی روی محلول‌های سیلیکاته
۱۹۶	 ۲-۷ سیستم
۱۹۷	 ۱-۲-۷ سیستم‌های با یک سازنده (One Component)
۱۹۸	 ۲-۲-۷ سیستم‌های با دو سازنده
۱۹۸	 ۳-۲-۷ سیستم چندتایی
۱۹۸	 ۳-۷ فاز
۱۹۹	 ۴-۷ تعادل
۲۰۰	 ۵-۷ شرایط غیرتعادلی
۲۰۰	 ۶-۷ نمودار فاز (فاز دیاگرام)
۲۰۰	 ۷-۷ قانون فازها
۲۰۳	 ۸-۷ ذوب متناقض
۲۰۴	 ۹-۷ سیستم‌های تکی
۲۰۴	 ۱۰-۷ سیستم اکسید سیلیس (SiO_2)
۲۰۶	 ۱۱-۷ سیستم پتاسیم فلدسپات (KAlSi_3O_8)
۲۰۷	 ۱۲-۷ بررسی ذوب
۲۰۸	 ۱۳-۷ سیستم‌های دوتایی (دو تشکیل دهنده)
۲۰۹	 ۱-۱۳-۷ سیستم‌های دوتایی ساده
۲۱۱	 ۲-۱۳-۷ سیستم‌های دوتایی با یک ترکیب واکنشی (پریکتیک)
۲۱۴	 ۳-۱۳-۷ سیستم‌های دوتایی محلول جامد کامل

۲۱۴	۷-۱۳-۴- سیستم آلپیت - آنورتیت
۲۱۶	۷-۱۳-۵- تفریق پلاژیوکلازها (تبلور تفریقی)
۲۱۷	۷-۱۳-۶- بررسی ذوب در سیستم آلپیت - آنورتیت
۲۱۸	۷-۱۳-۷- بررسی پدیده زونینگ در پلاژیوکلازها
۲۱۹	۷-۱۳-۸- سیستم‌های دوتایی با محلول جامد محدود
۲۱۹	۷-۱۳-۹- سیستم پتاسیم فلدسپات و سدیم فلدسپات (اورتوز - آلپیت)
۲۲۲	۷-۱۴-۱- سیستم‌های سه‌تایی (سه تشکیل دهنده)
۲۲۳	۷-۱۴-۱- سیستم‌های ساده سه‌تایی
۲۲۵	۷-۱۴-۱-۱- تبلور در سیستم‌های سه‌تایی ساده
۲۲۶	۷-۱۴-۱-۲- ذوب در سیستم‌های سه‌تایی ساده
۲۲۷	۷-۱۴-۲- سیستم‌های سه‌تایی با ترکیب واکنشی
۲۲۷	۷-۱۴-۲-۱- سیستم سه‌تایی آنورتیت، کریستوبالیت و فورستریت
۲۲۹	۷-۱۴-۲-۲- سیستم‌های سه‌تایی نوع محلول جامد
۲۳۰	۷-۱۴-۲-۳- سیستم آلپیت - آنورتیت - دیوپسید
۲۳۲	۷-۱۴-۳- سیستم سه‌تایی سیلیس - کالین - کالینیت (KAlSiO_3 - NaAlSiO_3 - SiO_2)

فصل هشتم: ماگما و تحولات ماگمایی

۲۳۸	۸-۱- ماگما و تحولات ماگمایی
۲۳۸	۸-۲- ماهیت ماگماها
۲۴۳	۸-۳- ویسکوزیته
۲۴۵	۸-۴- سازندگان فرار
۲۴۷	۸-۵- تولید ماگما
۲۵۰	۸-۶- فرآیندهای ذوب
۲۵۱	۸-۷- ذوب منطقه‌ای
۲۵۳	۸-۸- ذوب نامتعادل
۲۵۳	۸-۹- حرکت و ذخیره ماگما
۲۵۴	۸-۱۰- شناوری
۲۵۵	۸-۱۱- دیاپیرها
۲۵۸	۸-۱۲- مخازن ماگمایی

۲۶۲	۱۳-۸- ترکیب شیمیایی و مواد فرار ماگماها
۲۶۴	۱-۱۳-۸- تبلور ماگماها
۲۶۴	۲-۱۳-۸- واکنش زنجیری در ماگمای غنی از سیلیس
۲۶۷	۳-۱۳-۸- واکنش زنجیری در ماگماهای فقیر از سیلیس
۲۶۷	۱۴-۸- مراحل مختلف انجماد ماگماها
۲۶۷	۱-۱۴-۸- مراحل مختلف انجماد ماگما در سنگهای آذرین درونی
۲۶۸	۱-۱-۱۴-۸- مرحله اورتوماگماتیک
۲۶۸	۲-۱-۱۴-۸- مرحله پگماتیتیک
۲۶۸	۳-۱-۱۴-۸- مرحله پنوماتولیتیک یا دوتریک
۲۶۹	۴-۱-۱۴-۸- مرحله گرمایی یا هیدروترمال
۲۷۰	۱۵-۸- مراحل مختلف انجماد ماگما در سنگهای آتشفشانی
۲۷۱	۱-۱۵-۸- مرحله ایتراکتوریک
۲۷۲	۲-۱۵-۸- مرحله افوزیف (افوسیمو)
۲۷۳	۱۶-۸- تحولات ماگمایی
۲۷۴	۱۷-۸- منشاء ماگماهای بازالتی
۲۷۷	۱۸-۸- منشاء ماگماهای گرانیتی
۲۷۷	۱-۱۸-۸- ذوب رسوبات دگرگون شده پوسته زمین
۲۸۰	۲-۱۸-۸- ذوب بازالتها یا آندزیتها
۲۸۰	۳-۱۸-۸- تفریق ماگماهای بازالتی یا آندزیتی
۲۸۲	۱-۳-۱۸-۸- تفریق ماگمایی
۲۸۲	۱-۱-۳-۱۸-۸- تفریق به طریق جدایش بلورها
۲۸۳	۲-۱-۳-۱۸-۸- تفریق به طریق انتشار حرارتی
۲۸۴	۳-۱-۳-۱۸-۸- تفریق در اثر انتشار ثقلی
۲۸۴	۴-۱-۳-۱۸-۸- تفریق در اثر جریان
۲۸۴	۵-۱-۳-۱۸-۸- تفریق در اثر پدیده پالایش فشاری
۲۸۵	۶-۱-۳-۱۸-۸- تفریق به روش هسته‌بندی انتخابی
۲۸۵	۷-۱-۳-۱۸-۸- تفریق به علت ناآمیختگی مایعات
۲۸۵	۴-۱۸-۸- ناآمیختگی سیلیکات-سیلیکات
۲۹۰	۵-۱۸-۸- ناآمیختگی سیلیکات-اکسید و سیلیکات-فسفات

۲۹۲	۸-۱۸-۶- ناآمیختگی سیلیکات- کربنات
۲۹۲	۸-۱۸-۷- ناآمیختگی سیلیکات- سولفید
۲۹۴	۸-۱۸-۸- ناآمیختگی سیلیکات- آب
۲۹۷	۸-۱۹- اختلاط ماگمایی
۲۹۸	۸-۲۰- آرایش ماگمایی
۳۰۰	۸-۲۰-۱- آرایش ماگما توسط سنگ‌های درون گیر
۳۰۱	۸-۲۰-۱-۱- آرایش با هضم گزنولیت
۳۰۴	۸-۲۰-۱-۲- آرایش ماگما بدون هضم گزنولیت
۳۰۵	۸-۲۰-۱-۳- متعادل شدن گزنولیت‌ها با ماگما
۳۰۷	۸-۲۰-۱-۴- اختلاط ماگما با گزنولیت‌های متعادل شده
۳۰۹	۸-۲۰-۱-۴- آرایش ناشی از اختلاط ماگما با ماگما
۳۰۹	۸-۲۱- اختلاط ماگماهای مشابه
۳۱۰	۸-۲۲- اختلاط ماگماهای نامشابه

فصل نهم: سری‌های ماگمایی و رابطه بین نوع سنگ‌ها و شرایط تشکیل آن‌ها

۳۱۶	۹-۱- سری‌های ماگمایی
۳۱۹	۹-۱-۱- سری تولیتی
۳۲۰	۹-۱-۲- سری کالکوآلکان
۳۲۰	۹-۱-۳- سری آلکان
۳۲۱	۹-۱-۴- سری تحولی
۳۲۲	۹-۱-۵- سری شوشونیتی
۳۲۳	۹-۲- رابطه سری‌های ماگمایی با تکنیک صفحه‌ای
۳۲۵	۹-۳- حاشیه‌های مخرب
۳۲۵	۹-۳-۱- زون فروران‌ش حاشیه قاره‌ها
۳۲۵	۹-۳-۲- زون فروران‌ش جزایر قوسی
۳۲۵	۹-۳-۳- تصادم دو قاره
۳۲۶	۹-۴- حاشیه‌های سازنده
۳۲۶	۹-۴-۱- ریفتهای داخل قاره‌ها
۳۲۶	۹-۴-۱-۱- مرحله گنبدی شدن

۳۲۶	 ۹-۴-۱-۲- مرحله تشکیل ریفت
۳۲۶	 ۹-۴-۱-۳- مرحله رسوبگذاری
۳۲۶	 ۹-۴-۲- زون گسترش کف اقیانوس‌ها
۳۲۸	 ۹-۵- نتیجه

پیوست‌ها

۳۳۰	 پیوست ۱: ترکیب شیمیایی متوسط تعدادی از سنگ‌های آذرین
۳۳۱	 پیوست ۲: ترکیب گانی متوسط تعدادی از سنگ‌های آذرین
۳۳۲	 پیوست ۳: جدول ضوابط تمیز آندزیت-دیوریت از بازالت-گابرو
۳۳۳	 پیوست ۴: جدول نمایش عامل‌های متداول برای رسم دیاگرام‌های تغییر ترکیب
۳۳۴	 پیوست ۵: جدول رده‌بندی IUGS برای لمپروفیرها (Lamprophyres)
۳۳۵	 پیوست ۶: شمای درصد مختلف گانی‌های تیره‌رنگ در یک سطح مشخص
۳۳۸	 واژه‌نامه

منابع و مآخذ

۳۴۴	 الف- کتاب‌های فارسی
۳۴۵	 ب- کتاب‌های خارجی
۳۵۶	 ج- فهرست منابع عکس‌ها

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱: گروه‌های اصلی سنگ‌ها و سنگ‌های حد واسط آن‌ها ۴

فصل دوم

- شکل ۲-۱: سیل ۱۶
- شکل ۲-۲ الف: لاکولیت ۱۷
- شکل ۲-۲ ب: لاکولیت ۱۸
- شکل ۲-۳: لوپولیت ۱۹
- شکل ۲-۴: فاکولیت ۲۰
- شکل ۲-۵: نمودار یک لوپولیت ۲۰
- شکل ۲-۶: نمودار یک لاکولیت و دایک تغذیه‌کننده‌اش ۲۱
- شکل ۲-۷: دایک ۲۲
- شکل ۲-۸: شمای دایک‌های حلقوی و مخروطی ۲۳
- شکل ۲-۹: نمودار شمتیک نحوه‌ی تشکیل دایک‌های حلقوی ۲۴
- شکل ۲-۱۰: دایک‌های حلقوی (Ring Dike) ۲۴
- شکل ۲-۱۱: باتولیت ۲۵
- شکل ۲-۱۲: انواع مختلف توده‌های آذرین ۲۶
- شکل ۲-۱۳: پلوتون ۲۷
- شکل ۲-۱۴: گدازه‌ی بالشی (Pillow Lava) ۳۰
- شکل ۲-۱۵: بمب‌های آتشفشانی ۳۳
- شکل ۲-۱۶ a: مخروط آتشفشانی با تناوبی از گدازه و مواد آذرآواری و یک کراتر ۳۴
- شکل ۲-۱۶ b: مخروط‌های آتشفشانی ساده (۲، ۱)، متحدالمرکز (۳)، خطی (۴) و شعاعی (۶) ۳۴
- شکل ۲-۱۷: نمایی از یک نک (Neck) ۳۵
- شکل ۲-۱۸: ساخت منشوری در بازالت‌های رودخانه‌ی کلمبیا (اقتباس از مظاهری، ۱۳۶۳) ۳۶

فصل سوم

- شکل ۳-۱: شمای رابطه بین درصد سیلیس و غلظت ماگما ۳۹
- شکل ۳-۲: شمای درصدهای مختلف کانی‌های تیره در یک سنگ ۴۵
- شکل ۳-۳: ساخت دانه‌ای ۴۷
- شکل ۳-۴: ساخت پورفیروئید ۴۷

۴۸	شکل ۳-۵: ساخت پگماتیک
۴۹	شکل ۳-۶: ساخت پگماتیک گرافیک
۴۹	شکل ۳-۷: ساخت کروی
۵۰	شکل ۳-۸: ساخت فلسیتی پورفیری
۵۱	شکل ۳-۹: ساخت میکرولیتی
۵۱	شکل ۳-۱۰: ساخت پورفیری میکرولیتی
۵۲	شکل ۳-۱۱: ساخت دلریتی انترسرتال
۵۳	شکل ۳-۱۲: ساخت شیشه‌ای مرواریدی
۵۳	شکل ۳-۱۳: ساخت شیشه‌ای پورفیری یا هیالوپورفیری
۵۴	شکل ۳-۱۴: ساخت هیالواسفرولیتی
۵۵	شکل ۳-۱۵: ساخت ایتاکسیتی
۵۶	شکل ۳-۱۶: ساخت حفرة دار
۵۷	شکل ۳-۱۷: بافت گرانولار
۵۸	شکل ۳-۱۸: بافت لامپروفیری
۵۹	شکل ۳-۱۹: بافت آلوتریومورف گرانولار
۵۹	شکل ۳-۲۰: بافت هیپیديومورف گرانولار
۶۱	شکل ۳-۲۱: بافت پورفیری
۶۲	شکل ۳-۲۲: بافت گرافیکی
۶۳	شکل ۳-۲۳: بافت میرمکتی
۶۳	شکل ۳-۲۴: بافت ساب افیتیک
۶۴	شکل ۳-۲۵: بافت هیالوافیتیک
۶۴	شکل ۳-۲۶: بافت پویکی لیتی
۶۵	شکل ۳-۲۷: بافت حاشیه‌ای یا کرونا
۶۶	شکل ۳-۲۸: بافت اینترگرانولار (بین دانه‌ای)
۶۶	شکل ۳-۲۹: بافت اینترسرتال
۶۷	شکل ۳-۳۰: بافت پیلوناکسیتی
۶۸	شکل ۳-۳۱: بافت پرلیتی
۶۹	شکل ۳-۳۲: بافت اسفرولیتی
۷۰	شکل ۳-۳۳: بافت واریولیتی
۷۱	شکل ۳-۳۴: بافت غربالی
۷۲	شکل ۳-۳۵: بافت پیروکلاستی
۷۲	شکل ۳-۳۶: بافت کاناکلاستی

شکل ۳۷-۳: بافت میلونیتی ۷۳

فصل پنجم

- شکل ۱-۵: رده‌بندی و نام‌گذاری عمومی سنگ‌های آذرین پلوتونیک ۱۰۴
- شکل ۲-۵-الف: رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های اولترامافیک حوی الیوین، اورتوپیروکسن و پلاژیوکلاز ۱۰۷
- شکل ۲-۵-ب: رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های اولترامافیک که هورنبلند نیز دارند ۱۰۷
- شکل ۳-۵-الف: رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های گابروئی حاوی پلاژیوکلاز، پیروکسن و الیوین ۱۰۸
- شکل ۳-۵-ب: رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های گابروئی به گابرو، نوریت و گابرونوریت ۱۰۸
- شکل ۳-۵-ج: رده‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌های گابروئی که هورنبلند نیز دارند ۱۰۹
- شکل ۴-۵: طبقه‌بندی سنگ‌های واکانیک در دیاگرام لوزی (QAPF) بر حسب ترکیب کانی‌شناسی واقعی و یا محاسبه شده آن‌ها ۱۱۲
- شکل ۵-۵ ۱۱۷
- شکل ۶-۵ ۱۱۸
- شکل ۷-۵ ۱۱۸

فصل ششم

- شکل ۱-۶: ۱۲۰
- شکل ۲-۶: افیولیت‌های اصلی ایران و محل افیولیت‌های نواحی مختلف ایران ۱۴۷
- شکل ۳-۶: رخنمون‌های افیولیتی ایران و سنگ‌های آتشفشانی کلسیمی - قلیایی وابسته ۱۵۰
- شکل ۴-۶: کمربندهای افیولیتی ایران و نواحی مجاور ۱۵۱

فصل هفتم

- شکل ۱-۷: حالت‌های پایداری، ناپایداری و نیمه‌پایداری جسم A بر مبنای انرژی تانسیل و موقعیت ۱۹۹
- شکل ۲-۷: محدوده‌ی پایداری اکسیدهای سیلیس ۲۰۳
- شکل ۳-۷: محدوده‌ی پایداری پلی‌مورف‌های SiO_2 ۲۰۵
- شکل ۴-۷: چگونگی ذوب پتاسیم فلدسپات ۲۰۷
- شکل ۵-۷: نمودار سه‌بعدی سیستم‌های دوتایی و نمایش تأثیر فشار در تغییر نقطهٔ انکتیک (ایوتکتیک) در این سیستم‌ها ۲۰۸
- شکل ۶-۷: سیستم دوتایی آنورتیت و اسفن در فشار یک اتمسفر ۲۱۰
- شکل ۷-۷: سیستم دوتایی لوسیت و اکسید سیلیس که دارای ترکیب واکنشی پتاسیم فلدسپات می‌باشد ۲۱۲
- شکل ۸-۷: مطالعه و بررسی تبلور در سیستم دوتایی آلپیت و آنورتیت که دارای خاصیت محلول جامد کامل هستند ۲۱۵

- شکل ۹-۷: بررسی تأثیر تفریق کریستال‌ها در مراحل مختلف تبلور در سیستم دوتائی آل‌بیت و آنورتیت ۲۱۶
- شکل ۱۰-۷: بررسی چگونگی ذوب در سیستم دوتائی آل‌بیت و آنورتیت ۲۱۷
- شکل ۱۱-۷: بررسی علت تشکیل زونینگ در پلاژیوکلاز به کمک تغییرات در فشار بخار آب ۲۱۹
- شکل ۱۲-۷: سیستم دوتائی پتاسیم و سدیم فلدسپات با نقطه‌ی مینیمم m ۲۲۰
- شکل ۱۳-۷: سیستم اورتوز - آل‌بیت در ۵ کیلو بار فشار بخار آب ۲۲۱
- شکل ۱۴-۷: روش تعیین ترکیب دلخواه در سیستم‌های سه تایی در یک نمودار مثلثی ۲۲۲
- شکل ۱۵-۷: سیستم سه تایی اسفن (Sp)، فورستریت (Fo) و لوسیت (Lc) با نقطه‌ی اوتکتیک e ۲۲۳
- شکل ۱۶-۷: روش تعیین درصد کریستال و مایع در سیستم سه تایی ۲۲۴
- شکل ۱۷-۷: روش تعیین درصد فازهای جامد روی منحنی کوتکتیک در سیستم‌های سه تایی ۲۲۵
- شکل ۱۸-۷: بررسی تبلور و ذوب در سیستم سه تایی آنورتیت، ولاستونیت و اکسید سیلیس ۲۲۶
- شکل ۱۹-۷: سیستم سه تایی فورستریت، آنورتیت و اکسید سیلیس با ترکیب واکنشی انستاتیت ۲۲۸
- شکل ۲۰-۷: بررسی تبلور در سیستم سه تایی دیوپسید، آنورتیت و آل‌بیت به طریقه‌ی ترسیمی ۲۳۱
- شکل ۲۱-۷: بررسی تبلور مایعی که در قشر پلاژیوکلاز سیستم آل‌بیت - آنورتیت - دیوپسید واقع است ۲۳۲
- شکل ۲۲-۷: سیستم سیلیس - کالسپیت - نفلین یا سیستم باقیمانده ۲۳۴

فصل هشتم

- شکل ۱-۸: تغییرات وزن مخصوص آب متناسب با فشار و حرارت ۲۶۹
- شکل ۲-۸: تأثیر فشار بر دمای سالدوس گرانیت ۲۷۹
- شکل ۳-۸: تغییرات وزن مخصوص به تبعیت از فشار در یک مذاب بازالتی ۲۸۳
- شکل ۴-۸: سیستم لوسیت - فایالیت - سیلیس که در دو منطقه نآمیختگی مایع نشان می‌دهد ۲۸۶
- شکل ۵-۸: یک مقطع از سطح لیکیدوس سیستم لوسیت - فایالیت - سیلیس در طول ایزوپلیت دارای ۳۰٪ FeO ۲۸۹
- شکل ۶-۸: نآمیختگی مایع بر اثر تفریق در یک مایع با ترکیب توله‌ایت اقبالوسی ۲۹۰
- شکل ۷-۸: تأثیر فوگاسیته یا اکسیژن بر میزان نآمیختگی بین مایعات سیلیکاته و مذاب اکسید آهن در سیستم $(\text{FeO} - \text{Si}_2\text{AlO}_8)$ ۲۹۱
- شکل ۸-۸: نآمیختگی مایع در سیستم $(\text{Si}_2\text{AlO}_8) - \text{Na}_2\text{CO}_3$ در حضور Co_2 و در فشار یک کیلو بار ۲۹۳
- شکل ۹-۸: حلالیت آب در مذاب‌های سیلیکاته و در فشارهای مختلف (هال ۱۹۸۸) منحنی ۲۹۵
- شکل ۱۰-۸: دانسیته آب بر حسب cm^3/g در فشار و دماهای مختلف ۲۹۶
- شکل ۱۱-۸: مقایسه ایزوتروپی آبهای ماگمایی و جوی از لحاظ $\delta^{18}\text{O}$ و δD ۲۹۷
- شکل ۱۲-۸: تغییرات دماهای سولیدوس و لیکیدوس بازالت متناسب با فشار ۳۰۲
- شکل ۱۳-۸: سیستم سیلیس - نفلین - کلسی لیت ۳۰۴
- شکل ۱۴-۸: سیستم سیلیس - فورستریت ۳۰۶

- شکل ۱۵-۸: نمودار آل بیت - آنورتیت ۳۰۶
- شکل ۱۶-۸: ذوب در مرز دانه‌ها انجام می‌گیرد ۳۰۸
- شکل ۱۷-۸: سیل مرکب Rudh'an Eireannaich ۳۱۲

فصل نهم

- شکل ۱-۹: نمودار $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ یا نمودار آلکالی - سیلیس (SiO_2 . Alk) ۳۱۹
- شکل ۲-۹: ارتباط بین سری‌های ماگمایی و تکتونیک صفحات ۳۲۷

فهرست جداول

فصل اول

- جدول ۱-۱: ترکیب متوسط پوسته ی زمین از نظر عناصر ۶
- جدول ۱-۲: ترکیب متوسط پوسته ی زمین از نظر اکسیدها ۷

فصل چهارم

- جدول ۴-۱: ترکیب کانی شناسی متوسط سنگ های آذرین ۸۴

فصل پنجم

- جدول ۵-۱: رده بندی سنگ های آذرین درونی ۹۶
- جدول ۵-۲: رده بندی سنگ های آشفشانی ۹۶

فصل ششم

- جدول ۶-۱: ترکیب شیمیایی متوسط ماگماهای بازالت تولیتی و الیوین بازالتی ۱۳۷
- جدول ۶-۲: مراحل مختلف دگرگونی در سنگ های مجموعه های افیولیتی ۱۴۵
- جدول ۶-۳: مشخصات افیولیت های نوع تتیسی و کوردیلرایی ۱۴۸
- جدول ۶-۴: سنگ های گروه دیوریت، مونزویت و سینیت و معادل فلدسپاتوئیددار آن ها ۱۵۳
- جدول ۶-۵: تفاوت های عمده ی دیوریت ها با گابروها ۱۵۵
- جدول ۶-۶: رده بندی سنگ های آذرین اسیدی ۱۶۶

فصل هشتم

- جدول ۸-۱: مقایسه ترکیب شیمیایی ماگمای بازالتی با ماگمای گرانیتی ۲۶۲
- جدول ۸-۲: سری بوون (سری واکنشی بوون) ۲۶۶
- جدول ۸-۳: ترکیب مایعات همزیست در یک بازالت اولیوین دار آشفشان فوجی ژاپن ۲۸۸
- جدول ۸-۴: آنتالپی ذوب بعضی از کانی ها ۳۰۲
- جدول ۸-۵: ترکیب متوسط آنکلاوهای گرانیتی و گنیسی موجود در لاهای ماسیف باسترال فرانسه ۳۰۷

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار

زمین کنایه است

و ما هریک کلمه‌ای

که در کنار هم داستان زندگیمان را کامل می‌کنیم..

سپاس و شکر بیکران به درگاه خداوند متعال که ما را در سختی‌ها تنها نگذاشته و به بندگان مخلص خود، توان دو چندان عنایت می‌کند. پروردگارا قدر الطاف تو را می‌دانیم و با تلاشی بیشتر از گذشته، سعی می‌کنیم تا متشاء تحولاتی مثبت باشیم.

سال‌هاست که همکاران عزیز ما در عرصه کتب دانشگاهی، خدمت به جوانان ایران زمین را سرلوحه کار خود قرار داده‌اند. نشر و چاپ کتاب همواره با مشکلات و سختی‌های فراوان مواجه بوده و تنها اراده مستحکم و عزمی جزم آن را امکان‌پذیر می‌سازد.

این کتاب بر اساس برنامه درس سنگ‌شناسی ۱ (سنگ‌شناسی آذرین) برای استفاده دانشجویان گرایش مهندسی اکتشاف معدن تهیه و تدوین شده است، ولی در تنظیم مطالب آن سعی شده است تا موضوعات طوری عرضه و بیان شود که برای دانشجویان رشته‌های زمین‌شناسی و سایر علاقمندان به موضوع نیز قابل فهم باشد.

در نوشتن این کتاب سعی شده است که مفاهیم نظری همراه و همگام با سنگ‌شناسی توصیفی در حد مورد نیاز دانشجویان مقطع لیسانس دانشگاه عرضه شود و همچنین به مسائلی که در وضع فعلی علوم زمین‌شناسی حل نشده باقیمانده است؛ بپردازد. همچنین لازم به ذکر است که در تنظیم این کتاب، فرض شده است که خواننده تا حدی با اصول زمین‌شناسی عمومی و کانی‌شناسی، آشنایی لازم را دارد؛ باشد که عرضه این مطالب، محرکی برای تحقیق آینده علاقمندان این علم گردد.

قابل به ذکر است که در بخش انتهایی این کتب اطلاعات عمومی (پیوست‌ها)، واژه‌نامه و جدول‌های مختلفی درباره زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی داده شده است که این شاءالله بخشی از نیازهای اولیه خوانندگان را برآورده کند.

در مطالب این کتاب شاید نقایص و اشتباهاتی وجود داشته باشد که از دید نویسندگان دور مانده است؛ مایه‌ی مباحثات است که دوستان و صاحب‌نظران، نقدها، نظرات و پیشنهادهای ارزشمند خود را برای بهبود کیفیت کتاب در چاپ‌های بعد در اختیار نویسندگان قرار دهند.

در خاتمه لازم می‌دانیم از همه عزیزانی که در تهیه این کتاب ما را یاری کرده‌اند تشکر نماییم؛ به‌ویژه از جناب آقای مصطفی برزگر ویراستار این کتاب، جناب آقای روح‌الله برزنونی طراح جلد، سرکار خانم زهرا بی‌دختی مدیریت محترم انتشارات قهستان و آقایان صادق حاجیان و محمد فرازی؛ دوستان خوبمان در مجموعه‌ی فرهنگی - خدماتی پارسیان شرق صمیمانه سپاسگزاریم.

مرتضی حسین آبادی

دکتر غلامرضا فتوحی راد

زمستان ۱۳۹۱