بسم الله الرحمن الرحیم

سنگ‌شناسی آذرین

برای دریافت تصاویر رنگی، علاوه بر انتهای کتاب به پروفایل کتاب در تارنمای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد به نشانی زیر مراجعه فرمایید:

press.um.ac.ir

دکتر سیّد مسعود همام
دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

press.um.ac.ir

سرشناسه: همام، مسعود، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآور: سنگ‌شناسی آذرین/ تالیف مسعود همام.
مشخصات نشر: مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری: ۱۳۸، ۴۱ ص.: مصوّر.
فروست: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۵۴۲.
شابک: ISBN: 978-964-386-210-7
یادداشت: ص.ع. به انگلیسی: .
M. Homam. Igneous petrology
یادداشت: چاپ پنجم: ۱۴۰۲ (فیپا) .
موضوع: سنگ‌های آذرین.
Igneous rocks
موضوع: سنگ‌های آذرین -- رده‌بندی.
Igneous rocks -- Classification
شناسه افزوده: دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۱ ۹س۸هـ/۴۶۱ QE
رده‌بندی دیویی: ۵۵۲/۱
شماره کتابشناسی ملی: ۳۱۴۱۸۰۸

سنگ‌شناسی آذرین

پدیدآورنده: دکتر سیّد مسعود همام
مشخصات: وزیری، ۲۵۰ نسخه، چاپ پنجم، زمستان ۱۴۰۲ (اوّل، ۱۳۸۸)
چاپ و صحافی: چاپخانهٔ دقت
بها : ۱/۹۰۰/۰۰۰ ریال

حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶- ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)

مؤسّسهٔ کتابیران: تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، بین روانمهر و وحید نظری، بن‌بست گشتاسب، پلاک ۸ تلفن: ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)

مؤسّسهٔ دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شمارهٔ ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

http://press.um.ac.ir Email: press@um.ac.ir

انتشارات
۵۴۲

press.um.ac.ir

با یاد روح پاک پدر عزیزم

تقدیم به : همسر مهربانم

و

فرزندان دلبندم رضا و نیما

press.um.ac.ir

press.um.ac.ir

فهرست

پیشگفتار ۹

فصل اول: مقدمه وتعاریف ۱۱

۱-۱- مقدمه ۱۱

۱-۲- شکل و نحوه استقرار طبیعی سنگ های آذرین ۱۱

۱-۲-۱- توده های آذرین درونی ۱۲

۱-۲-۲- توده های آذرین خروجی ۱۷

۱-۲-۳- اشکال مربوط به دبی سنگ های آذرین ۱۹

۱-۲-۴- مخروط های آتشفشانی ۲۱

۱-۲-۵- قطعات آذرآواری ۲۴

فصل دوم: نامگذاری و طبقه بندی سنگ های آذرین ۲۹

۲-۱- مقدمه ۲۹

۲-۲- اصطلاحات مربوط به ترکیب سنگ های آذرین ۳۰

۲-۳- تقسیم بندی سنگ های آذرین بر اساس پیشنهاد اتحادیه بین المللی علوم زمین شناسی (IUGS) ۳۳

۲-۳-۱- محاسبات و تعیین نام سنگ ۳۳

۲-۳-۲- سنگ های فانریتیک ۳۶

۲-۳-۳- انجام برخی تغییرات در نام سنگ ۳۷

press.um.ac.ir

۴-۳-۲- سنگ های مافیک و اولترامافیک ۳۸
۵-۳-۲- سنگ های آفانیتیک ۳۸
۴-۲- سنگ های آذرآواری ۴۱

فصل سوم: بافت و ساخت سنگ های آذرین ۴۳
۱-۳- مقدمه ۴۳
۲-۳- درجه بلوری ۴۳
۳-۳- دانه بندی یا اندازه بلورهای سنگ ۴۴
۴-۳- شکل بلوری ۴۶
۵-۳- تقسیم بندی سنگ ها بر اساس اندازه نسبی دانه ها ۴۸
۶-۳- بافت های مربوط به تجمع شعاعی بلورها ۵۳
۷-۳- بافت های حفره ای ۵۶
۸-۳- بافت های همرشدی ۵۸
۹-۳- رشد توأم تیغه ای ۶۰
۱۰-۳- بافت های رورشدی ۶۲
۱۱-۳- بافت های مربوط به وجود لایه بندی در بلورها ۶۴
۱۲-۳- بافت های جریانی یا دارای جهت یافتگی ۶۴
۱۳-۳- سایر بافت های سنگ های آذرین ۶۶

فصل چهارم: سنگ های اولترامافیک و اولترابازیک ۶۷
۱-۴- مقدمه ۶۷
۲-۴- کانی های اصلی و بافت تشکیل دهنده سنگ های اولترامافیک ۶۷
۳-۴- انواع سنگ های اولترامافیک ۶۸
۱-۳-۴- پریدوتیت ها ۶۸
۲-۳-۴- پیروکسینیت ها ۷۰
۳-۳-۴- کیمبرلیت ۷۰

press.um.ac.ir

۴-۳-۴- میمکیت ۷۲
۵-۳-۴- پیکریت ها ۷۲
۶-۳-۴- کوماتی ایت ۷۴

فصل پنجم: سنگ های مافیك، بازیك و مجموعه های افیولیتی ۷۵
۱-۵- مقدمه ۷۵
۲-۵- سنگ های مافیک درونی (خانواده گابرو) ۷۵
۳-۵- سنگ های مافیک نیمه عمیق ۷۹
۴-۵- سنگ های مافیک خروجی ۸۰
۵-۵- اسپیلیت ها ۸۵
۶-۵- افیولیت ها ۸۶
۱-۶-۵- مقدمه ۸۶
۲-۶-۵- ارتباط بین پوسته اقیانوسی و افیولیت ها ۸۷
۳-۶-۵- نحوه جایگزینی افیولیت ها ۹۱

فصل ششم: سنگ های حدواسط ۹۳
۱-۶- مقدمه ۹۳
۲-۶- سنگ های حدواسط درونی ۹۴
۱-۲-۶- دیوریت ها ۹۴
۲-۲-۶- مونزونیت ها ۹۶
۳-۲-۶- سینیت ها ۹۷
۳-۶- سنگ های حدواسط بیرونی ۹۹
۱-۳-۶- آندزیت ها ۹۹
۲-۳-۶- لاتیت ها ۱۰۴
۳-۳-۶- تراکیت ها ۱۰۴
۴-۶- سنگ های وابسته به گروه سنگ های حدواسط ۱۰۶

press.um.ac.ir

۱-۴-۶- کراتوفیرها ۱۰۶
شونکنیت ها ۱۰۷

فصل هفتم: سنگ های اسیدی ۱۰۹
۱-۷- مقدمه ۱۰۹
۲-۷- سنگ های اسیدی درونی ۱۰۹
۱-۲-۷- تونالیت ها ۱۰۹
۲-۲-۷- گرانودیوریت ها ۱۱۰
۳-۲-۷- آداملیت ها ۱۱۱
۴-۲-۷- گرانیت ها ۱۱۱
۵-۲-۷- پگماتیت ها و آپلیت ها ۱۱۷
۳-۷- سنگ های اسیدی بیرونی ۱۱۹
۱-۳-۷- داسیت ها ۱۱۹
۲-۳-۷- ریوداسیت ها ۱۲۰
۳-۳-۷- ریولیت ها ۱۲۱
۴-۳-۷- شیشه سنگ ها یا گروه ابسیدین ۱۲۱

فصل هشتم: سایر سنگ های آذرین ۱۲۵
۱-۸- مقدمه ۱۲۵
۲-۸- لامپروفیرها ۱۲۵
۳-۸- لامپروئیت ها ۱۲۸
۴-۸- کربناتیت ها ۱۲۹
۵-۸- سنگ های آذرین ملیلیت دار ۱۳۲
منابع و مآخذ ۱۳۵

press.um.ac.ir

پیشگفتار

به نام خداوند جان و خرد کزین برتر اندیشه برنگذرد

با عنایت پروردگار متعال در طول سالیان گذشته تعداد قابل ملاحظه ای کتاب در ارتباط با علوم زمین شناسی به طور اعم و علم پترولوژی به صورت اخص توسط اساتید با تجربه و محققین جوان کشور عزیزمان به نشر و طبع رسیده است. اما دانشجویان و دانش پژوهان عزیز رشته زمین شناسی همواره نشان داده اند که تشنه کسب معرفت و شناخت بیشتر از این علم جذاب بوده و هستند. به همین دلیل بر آن شدم تا به عنوان عضو کوچکی از جامعه بزرگ زمین شناسی ایران قدمی هر چند کوچک در این راه بردارم. بسی خرسندم که پس از ماهها تلاش اینک مفتخرم که کتاب سنگ شناسی آذرین را تقدیم دوستداران این علم نمایم. بدون شک شناخت سنگ ها همراه با اشکال و تصاویر اعم از نمونه های دستی و یا مقاطع میکروسکوپی می تواند به یادگیری و درك هر چه بهتر آنها کمکی شایان توجه نماید. به همین دلیل در کتاب حاضر ضمن قرار دادن تصاویر در متن، کلیه نمودارها و شکلها به صورت تصاویر رنگی در آخر کتاب آورده شده است.

لازم به ذکر است این کتاب صرفاً جهت استفاده دانشجویان دوره کارشناسی و آن هم جهت درس سنگ شناسی آذرین تهیه گردیده است بنابراین تأکید نویسنده عموماً بر پتروگرافی یا سنگ شناسی توصیفی بوده و سعی گردیده تا از طرح مسائل مربوط به پتروژنز سنگ های آذرین پرهیز شده یا به شکل بسیار موجز مورد بحث قرار گیرد. طبیعی است که موضوع پتروژنز سنگ های آذرین در جای خود بسیار حائز اهمیت بوده و علاقمندان به این موضوع می توانند از منابع غنی خارجی و داخلی استفاده نمایند.

press.um.ac.ir

علیرغم تمام تلاشهایی که برای ارائه و چاپ هر چه بی نقص تر کتاب حاضر نموده ام اطمینان دارم که این مجموعه خالی از عیب نیست . بنابراین امیدوارم اساتید عزیز و بزرگوار و همچنین دانشجویان گرامی با رهنمودها و تذکرات مفیدشان مرا در هر چه پر بار تر شدن محتویات این کتاب یاری نمایند .

در خاتمه بر خود لازم می دانم که از کلیه اساتید بزرگواری که داشته های علمی خود را مدیون آنها هستم به ویژه اساتید عزیزم جناب آقای دکتر سید احمد مظاهری ، دکتر محمد حسن کریم پور ، دکتر موسی نقره ئیان ، دکتر محمدولی ولی زاده ، مرحوم دکتر منصور گورنگ و مهندس محمد علی یازرلو تشکر نمایم . همچنین وظیفه خود می دانم تا از حمایت های ریاست محترم دانشگاه علوم پایه دامغان جناب آقای دکتر عبدالرحیم نوه ابراهیم ، معاونت محترم تحقیقات و فناوری ، جناب آقای دکتر عظیم ملک زاده و رییس محترم امور پژوهش ، مهندس حسن خطیب زاده تشکر نمایم . همکاران عزیزم آقایان دکتر فرزین قائمی ، دکتر بهنام رحیمی ، دکتر حسین مصدق و مهندس رضا اهری پور همواره مشوق و یار من بوده اند که به این وسیله از کلیه آنها قدردانی می نمایم . همسر عزیزم و پسران نازنینم رضا و نیما در مدتی که مشغول نگارش کتاب حاضر بودم رنج بسیاری را متحمل شدند اما هیچگاه مهر و تشویقشان را از من دریغ ننمودند . از صمیم قلب و از اعماق وجود از آنها سپاسگزارم .

سید مسعود همام

press.um.ac.ir

فصل اول
مقدمه و تعاریف

۱ - ۱ - مقدمه

سنگ عبارت از توده ای از مواد بیجان و سخت است که به طور طبیعی تشکیل شده و مواد سازندهٔ آن از نظر ترکیب شیمیایی و کانی شناسی تا اندازه ای همگن باشد. سنگ ها توده های جامدی هستند که سیارات، اقمار طبیعی و سایر اجرام آسمانی از آنها تشکیل گردیده اند.

سنگ های آذرین حاصل ذوب و تبلور مواد مذابی هستند که تحت عنوان ماگما(Magma) نامیده می شوند. ماگما ماده طبیعی، داغ و قابل تحرکی است که ماده سازنده سنگ ها به شمار می آید. ماگما عمدتاً از یک فاز سیلیکاته مایع تشکیل شده است اما می تواند حاوی فازهای جامد (مثلاً بلورهای معلق) و گازی (نظیر بخار آب، CO_2 و HF) نیز باشد. گدازه، ماگمایی است که از دهانه آتشفشان خارج می شود.

پترولوژی (Petrology) پیدایش، ترکیب، منشا و تکامل سنگ ها می باشد. این واژه برای نخستین بار در سال ۱۸۱۱ توسط پینکرتون به کار گرفته شد. این نام از کلمه یونانی پترو (سنگ) و لوگوس (بحث کردن) مشتق گردیده است. پترولوژی خود به دو بخش تقسیم می شود:

۱- پتروگرافی (Petrography): توصیف و طبقه بندی سیستماتیک سنگ ها

۲- پتروژنز (Petrogenesis): مطالعه منشاء و تکامل سنگ ها

۱ - ۲ - شکل و نحوه استقرار طبیعی سنگ های آذرین

توده های آذرین در طبیعت به اشکال متفاوتی دیده می شوند. این تفاوت ها از اختلاف شرایط فیزیکی

press.um.ac.ir

انجماد و ترکیب شیمیایی ماگمای مادر ناشی می شوند. به طور کلی مهمترین عوامل مؤثر در شکل توده های آذرین عبارتند از :

۱- ترکیب ماگما

۲- گرانروی ماگما

۳- عمق تزریق ماگما و یا عمق جایگزینی ماگما

۴- موقعیت تکتونیکی، ساختمان و ترکیب سنگ های در برگیرنده

به طورکلی توده های آذرین بر حسب این که در اعماق و یا در سطح زمین تشکیل شده باشند، اشکال مختلفی به خود می گیرند. این اشکال اساساً به دو گروه بزرگ تقسیم می شوند که عبارتند از :

- سنگ های آذرین درونی(Intrusive Rocks) که از انجماد ماگما در زیر سطح زمین تشکیل می گردند.

- سنگ های آذرین خروجی(Extrusive Rocks) که از انجماد ماگما درسطح زمین بوجود می آیند

سنگ های آذرین درونی خود به دو گروه سنگ های عمیق و نیمه عمیق تقسیم بندی می شوند. سنگ های عمیق در اعماق نسبتاً زیاد تشکیل شده و معمولاً بصورت توده های نسبتاً بزرگ دیده می شوند. سنگ های آذرین نیمه عمیق در عمق کم بوجود می آیند و معمولاً بصورت توده هایی هستند که لااقل یکی از ابعادشان کوچک است.

- **سنگ های همخون (Comagmatic Rocks)** : به سنگ هایی اطلاق می شود که دارای ترکیب شیمیایی مشابه بوده ولی به علت تبلور در محیط های متفاوت، بافت آنها متفاوت است. مانند گابرو (عمیق)، دولریت (نیمه عمیق) و بازالت (سطحی)

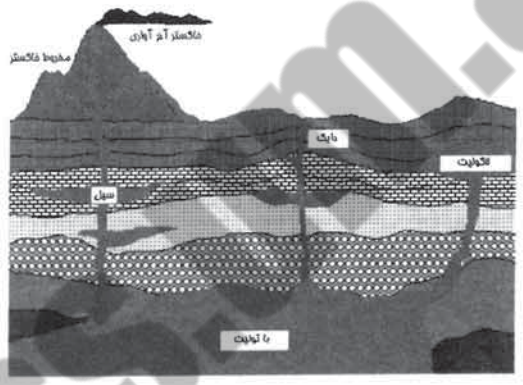
- **سنگ های درونگیر (Country Rocks)** : این اصطلاح برای سنگ هایی به کار برده می شود که نفوذی های آذرین در آنها وارد شده باشند و یا سنگ هایی که توده های نفوذی آذرین را احاطه کرده اند. واکنش ماگما با سنگ های درونگیر می تواند منجر به تشکیل ذخایر معدنی مهمی گردد. به عنوان مثال می توان به معادن با اهمیت آهن، قلع و مولیبدن در اسکارن ها اشاره کرد.

۱-۲-۱- توده های آذرین درونی

اشکال مختلف توده های آذرین درونی به قرار زیر می باشند :

press.iut.ac.ir

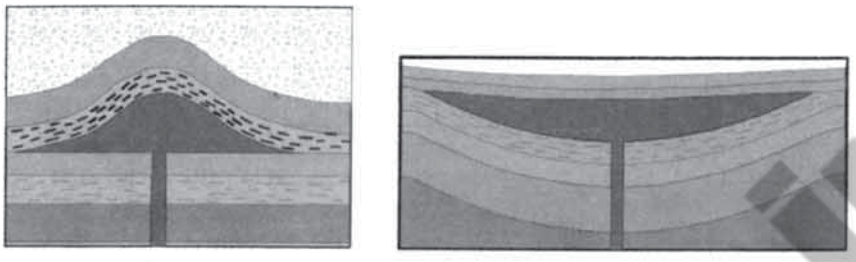
- باتولیت (Batholith) و استوك (Stock): اصطلاح باتولیت برای نخستین بار توسط سوئس در سال ۱۹۰۰ برای توصیف یک توده آذرین سپری شکل که حاصل نفوذ ماگما در سنگ میزبان بود به کار گرفته شد. ولی امروزه این اصطلاح بر اساس تعریف دیلی(۱۹۳۳) به توده های نفوذی بزرگ که سنگ های اطراف خود را قطع نموده و فاقد یک کف مشخص هستند اطلاق می شود (شکل ۱-۱). مساحت سطحی باتولیت ها بیش از ۴۰ مایل مربع یا ۱۰۰ کیلومتر مربع می باشد. به آن دسته از توده های نفوذی بزرگ که دارای مساحت سطحی کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع باشند استوك یا بس(Boss) گفته می شود. باتولیت ها و استوك ها عموماً دارای ترکیب اسیدی نظیر گرانیتی و گرانودیوریتی هستند.



شکل ۱-۱ دیاگرام شماتیک برخی از انواع توده های آذرین درونی

- لاکولیت (Lacolith): لاکولیت ها توده های آذرین قارچی شکلی هستند که دارای قاعده صاف و مسطح همراه با سقف محدب و گنبدی شکل می باشند (اشکال ۱-۱ و ۲-۱ الف). لاکولیت ها معمولاً به صورت هم شیب در بین لایه های مقاوم رسوبی تزریق گردیده و سبب انحنای رسوبات بالایی خود می شوند. قطر لاکولیت ها در حدود چند کیلومتر و ضخامت آنها در حدود یک کیلومتر است. لاکولیت ها عموماً دارای ترکیب اسیدی هستند اما برخی از آنها دارای ترکیب بازالتی نیز می باشند.

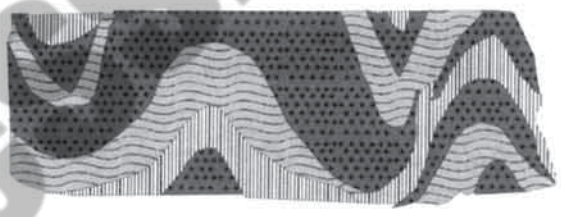
- لوپولیت (Lopolith): توده های آذرین نسبتاً بزرگ، هم شیب، معمولاً لایه ای و با شکل عدسی یا بشقابی هستند که سطوح بالا و پائین آنها به طرف بالا تقعر دارد (اشکال ۱-۱ و ۲-۱ ب). اصطلاح لوپولیت نخستین بار توسط گروت در سال ۱۹۱۸ برای توده گابرویی دولوس به کار گرفته شد. ضخامت



شکل ۲-۱ اشکال نمودارگونه و ساده شده (الف) لاکولیت و (ب) لوپولیت

این توده ها ممکن است به هزاران متر و عرضشان به بیش از ۱۵۰ کیلومتر بالغ گردد. شکل لوپولیت ها حاصل فرونشینی لایه ها و سنگ ها، همزمان با تزریق ماگما در میان آنها و تحت بار و فشار حاکم بر یک محیط در حال ضخیم شدن است.

- فاکولیت (Phacolith): فاکولیت ها توده های منحنی و یا عدسی شکلی هستند که به صورت هم شیب در میان لایه های چین خورده و در طول محور طاقدیس ها(Anticlines) و یا ناودیس ها (Synclines) تزریق شده اند (شکل ۳-۱). در فاکولیت ها بر خلاف لاکولیت ها تحدب سطح فوقانی در اثر نفوذ ماگما ایجاد نشده بلکه از قبل در محیط نفوذ ماگما موجود بوده است.

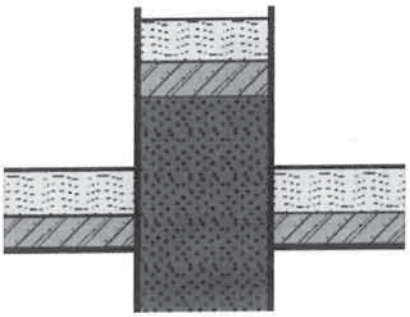


شکل ۳-۱ شکل نمودارگونه و ساده شده فاکولیت

- بیسمالیت (Bismalith): بیسمالیت تا حدودی شبیه لاکولیت و فاکولیت است با این تفاوت که در اثر ایجاد گسل های نرمال و تزریق ماگما در آنها بوجود می آید. به طوری که مقداری از مواد نفوذی از سطح گسل ها به سمت بالا حرکت می کند و شکلی جعبه مانند را بوجود می آورد (شکل ۴-۱).

-دایک (Dyke): دایک ها توده های آذرین ورقه ای هستند که نسبت به سنگ ها و لایه های اطراف خود متقاطع(Discordant) هستند و بنابراین چینه بندی، شیستوزیته یا سایر ساختمان های جهت دار

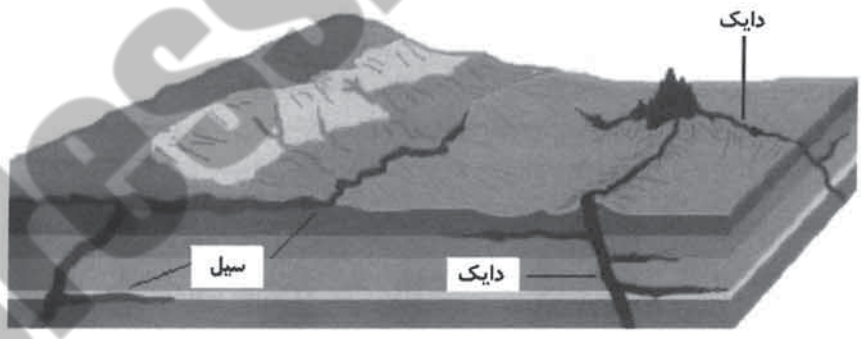
pres.um.ac.ir



شکل ۴-۱ نمایش شماتیک یک بیسمالیت

موجود در سنگ را به صورت عمود یا با شیب زیاد قطع می نمایند (اشکال ۱-۱ و ۵-۱). عرض دایک ها از یک سانتیمتر تا یک کیلومتر و بیشتر تغییر می کند.

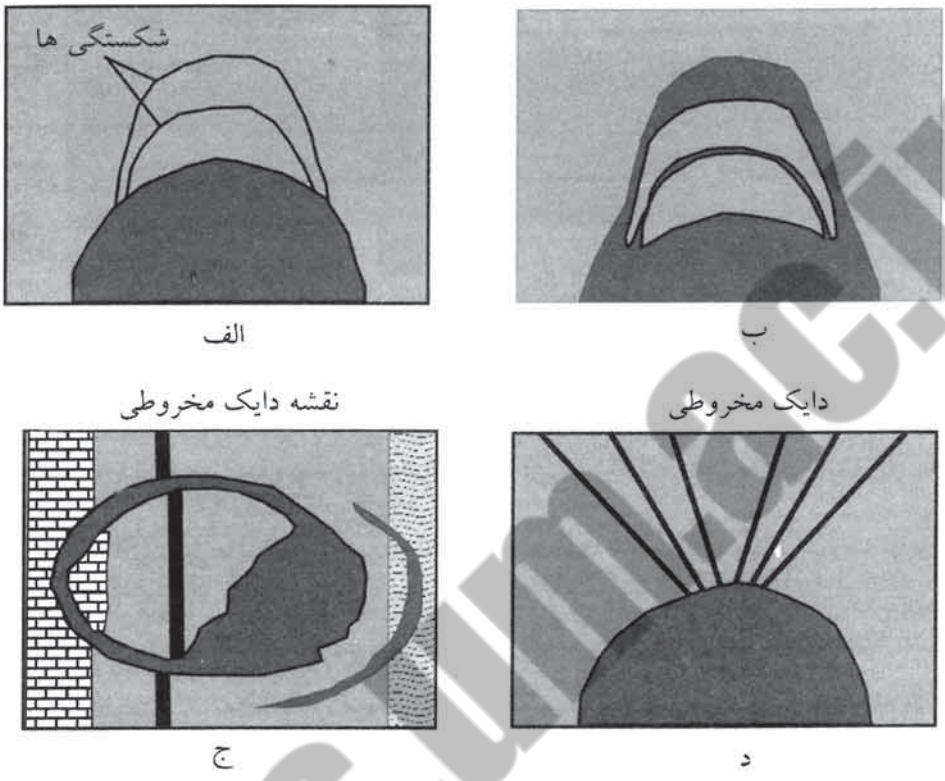
- **سیل (Sill)**: سیل ها توده های آذرین ورقه ای شکل هستند که به موازات طبقات رسوبی و یا شیستوزیته سنگ های دگرگونی تزریق شده اند (اشکال ۱-۱ و ۵-۱). ضخامت سیل ها از یک سانتیمتر تا یک کیلومتر ویا بیشتر تغییر می کند و طول آنها ممکن است به بیش از ۱۰۰ کیلومتر برسد.



شکل ۵-۱ نمایش شماتیک دایک و سیل

- **دایک حلقوی (Ring Dyke)**: دایک های حلقوی عبارت هستند از حلقه های قوسی شکلی که به طرف بیرون انحناء دارند و یا شکستگیهای گنبدی شکلی که توسط ماگما پر شده اند (شکل ۶-۱). آزاد شدن فشار و یا استقرار ماگما در نزدیکی سطح زمین می تواند سبب تشکیل چنین شکستگی هایی شود.

press.um.ac.ir



شکل ۶-۱ نحوه تشکیل دایک های حلقوی و دایک های مخروطی الف- مقطع عرضی یک توده آذرین در حال نفوذ که باعث ایجاد شکستگی در سنگ های فوقانی خود می شود. ب- بلوک های استوانه ای حاصل از این شکستگی ها به داخل ماگمای با چگالی کمتر افتاده و به این ترتیب دایک های حلقوی تشکیل می شوند. ج- نقشه فرضی از یک دایک حلقوی فرضی د- فشار رو به بالای یک توده عمیق بالا رفتگی سنگ های فوقانی خود به شکل بلوک های مخروطی را سبب می شود. تزریق ماگما به درون این شکستگی ها باعث تشکیل دایک های مخروطی می شود.

- **دایک مخروطی (Cone Sheet)**: دایک های مخروطی عبارت هستند از حلقه های قوسی شکل که به طرف داخل انحناء دارند. در حقیقت دایک های مخروطی، شکستگی های مخروطی شکلی هستند که از ماگما پر شده اند (شکل ۶-۱).

- **گنبد(Dome)**: نوعی توده آذرین ضخیم است که سنگ ها ولایه های بالای خود را به صورت محدب در می آورد. عده ای اعتقاد دارند که در اثر فرایند دگرسانی، چگالی برخی از سنگ ها کاهش یافته و در نتیجه این سنگ ها حالت پلاستیک پیدا نموده و به صورت گنبد به طرف بالا حرکت می کنند (به

press.umac.ir