

## بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹

## The 23rd Symposium of Geological Society of Iran

### 10-11 November, 2020

# ماگماتیسزم درون صفحات و نقش پلوم‌های گوشته‌ای

### روشنک ارغائی

## دانشجو دکتری پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

## arghaee.rk@gmail.com•

## چکیده

ماگماتیسزم درون صفحات حاصل فعالیت‌های آذرین در خارج از مرزهای صفحات تکتونیکی است، بنابراین غیرمرتبط با فرآیندهای گسترش بستر کف اقیانوس‌ها، فرورانش، و گسل‌های ترانسفرم می‌باشند. ماگماتیسزم درون صفحات در هر دو محیط پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی مشاهده می‌شود. تنظیمات تکتونیکی تعیین می‌کنند که آیا ماگماتیسزم درون صفحه تلقی می‌شود یا خیر. از نظر مفهومی پلوم‌های گوشته-اِی، ستون‌هایی از مواد داغ جامد هستند که از مرز گوشته-هسته یا ناپیوستری به سمت بالا سطح زمین صعود می‌کنند. ستون‌های جدید شامل یک سر بزرگ و به دنبال آن یک دم کوچک هستند. به صورت اساسی ستون‌های گوشته‌ای یا همان پلوم‌ها، به ستون‌های حرارتی تبدیل شده‌اند که ناهمگنی‌های حرارتی و شیمیایی گوشته را در خود گنجانده‌اند. سر پلوم در محیط‌های قاره‌ای باعث تشکیل بازالت‌های سیلابی یا طغیانی و دم پلوم در آدامه‌ی فعالیت سرپلوم، باعث تشکیل منطقه فعال حضور هات‌اسپات‌ها یا نقاط داغ قاره‌ای نظیر یالوستون می‌شود. همچنین در محیط‌های اقیانوسی سر پلوم تشکیل بازالت‌های فلات اقیانوسی و دم آن تشکیل مجموعه جزایر آتشفشانی نظیر هاوایی را می‌دهد. بنابراین آنچه به عنوان هات‌اسپات یا نقاط داغ مطرح می‌شود در واقع آدامه‌ی فعالیت دم پلوم گوشته‌ای است که در سطح نمایان می‌شود. لیتوسفر به عنوان یک در ورودی برای صعود ماگما مطرح می‌شود و میزان درجه ذوب را کنترل می‌کند بنابراین ضخامت پوسته یک عامل کلیدی در میزان کنترل مذاب می‌باشد. در این مقاله با تفسیر و تحلیل و گردآوری منابع گوناگون موجود پیرامون چگونگی تشکیل پلوم‌های گوشته‌ای و نقش آن‌ها در ماگماتیسزم درون صفحات، به صورت مختصر به پردازش نحوه تشکیل این ماگماتیسزم پرداخته شده است.

## مقدمه

۱.مقدمه

ماگماتیسزم درون صفحات حاصل فعالیت‌های آذرین در خارج از مرزهای صفحات تکتونیکی است، بنابراین غیرمرتبط با فرآیندهای گسترش بستر کف اقیانوس‌ها، فرورانش، و گسل‌های ترانسفرم می‌باشند(Coffin etal, 2015). ماگماتیسزم درون صفحات در هر دو محیط پوسته قاره‌ای و پوسته اقیانوسی مشاهده می‌شود. به طور کلی با توجه به زمان‌های زمین‌شناسی تشکیل آن‌ها همپایه است، زیرا ممکن است حاصل فعالیت‌های تکتونیکی نظیر گسل‌ها باشند و یا پلوم‌های گوشته‌ای. ماگماتیسزم درون صفحات شامل رنج بالای فعالیت مانند ایلت‌های عظیم آذرین (LIPs) و بازالت‌های طغیانی با حجم میلیون‌ها کیلوستر مگب سنگ‌های آذرین و یا دارای فعالیت کم در حد تشکیل مخروط‌های کوچک آتشفشانی هستند. به همین ترتیب ماگماتیسزم درون صفحات در برگردنده‌ی سنگ‌های خروجی بسیار مایک یا تا بسیار اسیدی است. با این حال سنگ‌های ولکانیکی درون صفحات به طور عمده بازالت هستند و ترکیباتی کلاً متفاوت از آنچه در بازالت‌های معمولی که به طور عمده در پشته‌های میان اقیانوسی و کم‌ان‌های آتشفشانی یافت می‌شوند از خود نشان می‌دهند. ماگماتیسزم درون صفحات اقیانوسی که بیشتر شامل بازالت‌های فلات اقیانوسی می‌باشند، حدود ۷۱٪ سطح زمین را می‌پوشانند که از نظر مسی بیشتر کرانه‌هستند.

۱-۱ تنظیمات تکتونیکی

تنظیمات تکتونیکی تعیین می‌کنندکه آیا ماگماتیسزم درون صفحات تلقی می‌شود یا خیر، اگرچه ممکن است برای تمایز میان ماگماتیسزم درون صفحات و ماگماتیسزم مرز صفحات، این روش به تنهایی کارایی نداشته باشد. وجود پراکندگی مناطق تغییر شکل صفحات، پیشانی‌ها (مناطق خم شده در صفحات فرورفتگی)، و مناطقی آگسترش و واگرای ناخال صفحات باعث پیچیده‌تر شدن تصویر کنونی این ماگماتیسزم با بهره‌گیری از مرزهای صفحات قدیمی و مناطق صیف پوسته‌ای می‌شود. با نگاه به زمان‌های زمین‌شناسی تشخیص مرز صفحات در هنگام فعالیت، بحث بسیار چالشی برانگیزی است که بناوچه به دانش سن-سنجی در نمونه‌های درون صفحات حال حاضر که در اختیار ماست ابتدا قابل پیگیری است. بنابراین با تمرکز به مطالعات دانش حال درین یرویداده، حوادث ۳۰۰ میلیون سال گذشته زمین مورد بحث قرار می‌گیرد (Coffin etal, 2015).

## بحث

۲.دلایل ایجاد ماگماتیسزم درون صفحات

مفهوم ماگماتیسزم درون صفحات در یک زمان مشخص به عنوان یک زمین ساخت منفرد معنی می‌شود. چنین ماگماتیسمی نیازمند تفسیر و توضیحاتی فراتر از فرآیندهای زمین ساختی وروشنی و باز شدن‌ها است. پشپرو ولکانیسم نتیجه آتشفشانی جزایر هاوایی، (McDougall, 1964) اولین گزارش شد دیدگاه را نسبت به دلایل تشکیل ماگماتیسزم درون صفحات به ما نشان داده است. سن آتشفشان‌ها به طور منظم از جزیره هاوایی به سمت شمال غربی افزایش می-یابد، وجود یک "قطعه داغ" که باعث ایجاد یک پلوم‌های اعماق گوشته منشا گرفته‌اند (Wilson, 1963, 1965). وجود دیگری در رابطه با مکانیسم تشکیل درون صفحات وجود دارد که نشان از صعود گوشته در طول درزه‌ها و گسل‌ها حین کشش و توسعه گوشته است (Turcotte and Oxburgh, 1973). روند جزیره هاوایی-امپراطور پیشینی شده است که در طول کششگنی‌ها رخ داده باشد و بنابراین هیچ گونه شواهدی از رویدادهای گسترش مشاهده نمی‌شود. (Coffin etal, 2015). ر مضاهات در روی سن‌سنجی زنجیره‌ی جزایر اقیانوسی می‌توان به این تفسیر رسید که نقاط داغ از پلوم‌های اعماق گوشته منشا گرفته‌اند (Morgan, 1971, 1972) و در نهایت باعث شکل تشکیل ایلت‌های عظیم آذرین در هر دو محیط قاره‌ای (e.g., Richards et al., 1989) و اقیانوسی می‌شوند (Coffin and Eldholm, 1994). پس از آن، تفسیرهای دیگر از جزایر نقاط داغ به وجود آمد، به عنوان مثال جریان آستونفر که از یک نقطه داغ به یک مرکز گسترش کوه دریا منتقل کرده است (Morgan, 1978; Sleep, 2002) تا تخمین عمق منبع نقاط داغ، از مرز گوشته-هسته تا عمیق‌تر بالای منوع است (Courtillot et al., 2003) و داده های مورگان (Morgan, 1971, 1972) که از منبع عمیق گوشته‌ای حکایت دارد. شارش‌های خاصیت شآوری دارای بحثی معقل و با گوناگونی حدود ۵ تا۳۰۰ قاستور است که هاوایی بزرگ‌ترین آن است (Sleep, 1990).

نقاط داغ بسته به اینکه کدام لایه مزای گوشته منبع آنها است می‌توانند به ۳ زیر تقسیم شوند البته بنابر ۵ معیار تعیین شده ( Courtillot et al., 2003). این ۵ معیار عبارتند از:۱)تنگند زردمی۲)بازالت طغیانی شروع کننده۳)شارش شآوری ۴) میزان بالای ۵Ne uHe ۵) اساس سرعت برشی پایین.

۱-۲ تعریف پلوم‌های گوشته‌ای

از نظر مفهومی پلوم‌های گوشته‌ای، ستون‌هایی از مواد داغ جامد هستند که از مرز گوشته-هسته و یا ناپیوستگی ۶۷۰ کیلومتری به سمت بالا سطح زمین صعود می‌کنند. ستون‌های جدید شامل یک سر بزرگ و به دنبال آن یک دم کوچک هستند. هنگامیکه سر پلوم به سطح زمین برسد، پوسته پیدا می‌کند و در نهایت تا قطر ۱۰۰۰ کیلومتر گسترش پیدا می‌کند. دم در قسمت مرکزی سر پلوم در بالاترین میزان است و هرچه به سمت حاشیه می‌رویم میزان حرارت آن کاسته می‌شود. هر دو گروه، سر پلوم و همچنین دم پلوم باید در ابتدا شامل فوران پیکرتحری‌های حرارت بالا باشند که در مرحله اول فوران می‌کنند و در مرکز پلوم نسبت به حاشیه آن بیشتر هستند. بازالت‌های سیلابی یا طغیانی نتیجه ذوب مرکزی سر پلوم در محیط‌های قاره‌ای در نتیجه صعود اولیه مدها اثر گرند است. لیتوسفر به عنوان یک در ورودی برای صعود ماگما مطرح می‌شود و میزان درجه ذوب را کنترل می‌کند بنابراین ضخامت پوسته یک عامل کلیدی در میزان کنترل مذاب می‌باشد. پس می‌توان گفت سر پلوم در محیط‌های قاره‌ای باعث تشکیل بازالت‌های سیلابی و دم پلوم در نتیجه‌ی آدامه‌ی فعالیت سر پلوم باعث تشکیل منطقه فعال حضور نقطه داغ (هات‌اسپات) قاره‌ای نظیر یالوستون (Yellow Stone) که فوران آتشفشان معروف کوه "است-هلن" (St. Helens) در آن رخ افتاد است. در ایالات متحده آمریکا را باعث می‌شود. در محیط‌های اقیانوسی سر پلوم تشکیل بازالت‌های فلات اقیانوسی (Oceanic Plateaus) باعث می‌شود. دم آن تشکیل مجموعه جزایر آتشفشانی نظیر هاوایی را می‌دهد (Farnetan, et al., 2011). بنابراین آنچه به عنوان هات‌اسپات یا نقاط داغ مطرح می‌شود در واقع آدامه‌ی فعالیت دم پلوم گوشته‌ای است که حضور فعال آن در سطح پوسته نمایان می‌شود.

به صورت اساسی ستون‌های گوشته‌ای یا همان پلوم‌ها، به ستون‌های حرارتی تبدیل شده‌اند که ناهمگنی‌های حرارتی و شیمیایی گوشته را در خود گنجانده‌اند. پلوم‌ها نشان می‌دهد که شاخصه‌ی لا آلمن به نسبت شآوری سنگی دارد که میزان آن به ثابت ناهنجاری چگالی شیمیایی به نسبت ثابت ناهنجاری حرارتی مربوط است. نسبت‌های پایین، عدم وجود دم پلوم و نسبت‌های بالا نشان‌دهی آهنگ طولانی مدت نقاط داغ است (Coffin, 2015).

۱-۲ تشکیل پلوم‌های گوشته‌ای

اگر دو مایع غیرقابل اختلاط با چگالی و رنگ متفاوت (مثلاً آئیلین و آب) را در یک استوانه شفاف بریزیم، مسلماً مایع سنگین‌تر در قاعده و مایع سبک‌تر روی آن قرار می‌گیرد حال اگر قاعده استوانه مزبور را به آرامی گرم کنیم مایع سنگین داغ زیرین منبسط شده و چگالی آن کم می‌شود و به حالت ششوار از جای خود به حرکت در می‌آید. ابتدا تعادل در سطح بین دو مایع به هم می‌خورد و قطره‌ای گروی و لُجج تشکیل می‌شود که به سمت بالا شروع به حرکت می‌کند و در دنبال آن یک سلفه بلند رخ مانند قطره مزبور را همراهی می‌کند قطره مزبور از حد بین دو مایع عبور می‌کند و خود را تا نزدیک سطح مایع سرد می‌بالا می‌کشد (فرمانی، ۱۳۹۱).

گریفت و کمپل (۱۹۸۰)، با شیمی‌سازی این عمل ثابت نمودند ابتدا کرای از ماده‌ی داغ (سرپلوم) تشکیل می‌شود (فرمانی، ۱۳۹۱، درویش زاده، ۱۳۸۴) که از خلال محیط سرد عبور می‌کند ولی به وسیله سلفه‌ای یا قطر کوچک‌تر به منبع خود متصل است (شکل۱). در طول مدت صعود، اتصال برقرار بوده و در نتیجه سطح طویل‌تر و باریک‌تر می‌شود. در جریان این صعود، سر پلوم با محیط اطراف تبادل حرارتی و در عین حال شیمیایی ایجاد می‌دهد. وقتی سر پلوم به زیر یک سطح مایع نزدیک شود به صعود خود خاتمه می‌دهد و در نتیجه شکل کروی آن به صورت منقطع و پهن در می‌آید سلفه آن هنوز به سر متصل است. به تصور این مدل که در حین حرکت از زمین با مقیاس بسیار بزرگ رخ می‌دهد. یک ناپایداری حرارتی در مرز بین هسته و گوشته، پلومی به قطر صد‌ها کیلومتر تولید می‌کند و به طرف سطح زمین صعود می‌نماید وقتی سر پلوم به قاعده لیتوسفر نزدیک شود، گوشته زیر آن که پلوم از خلال آن عبور کرده در ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد و گرم‌تر از نواحی اطراف است. این عمل موجب ذوب بخشی سریع گوشته و خروج مواد مذاب می‌شود. یکی از دلایلی که این موضوع را تقویت می‌کند، خروج مواد مذاب از درون صفحات لیتوسفری است. حجم بسیار زیاد مواد مذاب و سرعت و خروج آن، متناسب یک منطقه ذوب‌بخشید با ابعاد وسیع است و واقع سر پلوم که در زیر لیتوسفر به صورت پهن و مسطح در می‌آید قادر است مذابی شبیه بازالت‌های طغیانی ایجاد کند. ترکیب یکپناخت ماده مذاب را هم می‌توان با توضیحات قوف مربوط دانست ضمن آنکه مذاب حاصل از منبع خود جنا می‌شود که خود ذوبی متعادل است. وقتی سر پلوم از فعالیت باز ماند، سلفه آن فلل می‌شود و مذاب کم‌حجم‌تری تولید می‌کند. اگر صفحه لیتوسفری از روی آن عبور کند برجسب آن‌که سرعت آن زیاد باشد (حدود ۸ سانتیمتر درسال) سلفه جزایر خطی آتشفشانی دنبال هم تولید می‌کند که مثلاً در مجمع الجزایر هاوایی اختلاف سن جزیره اولی با آخرین حدود ۷۵ میلیون سال است. ضمن آنکه ترکیب شیمیایی آن نیز تا حدودی تغییر می‌کند ولی اگر حرکت صفحه لیتوسفری کند باشد، اختلاف از مواد مذاب آتشفشانی و جزایر آتشفشانی متصل به هم تولید می‌نماید. اصولاً، پلوم را باید استوانه‌ای به قطر ۲۰۰ کیلومتر یا بیشتر در نظر گرفت که تظاهرات آن در سطح زمین با خروج مواد مذاب آتشفشانی مشخص می‌شود که به نقطه داغ معروف است. به اعتقاد دیوید و ریحاردز (۱۹۹۲) سر برآمدی پلوم، در تولید تالتهای بازالتی اقیانوسی، و سلفه یا دم پلوم‌های مذبور در تشکیل جزایر آتشفشانی درون اقیانوسی نظیر هاوایی نقش اساسی دارد (شکل ۱). بنابراین آنچه به عنوان هات‌اسپات یا نقاط داغ مطرح می‌شود در واقع آدامه‌ی فعالیت دم پلوم گوشته‌ای است که حضور فعال آن در سطح پوسته نمایان می‌شود (Niu, 2017).

## بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران ۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹

## The 23rd Symposium of Geological Society of Iran

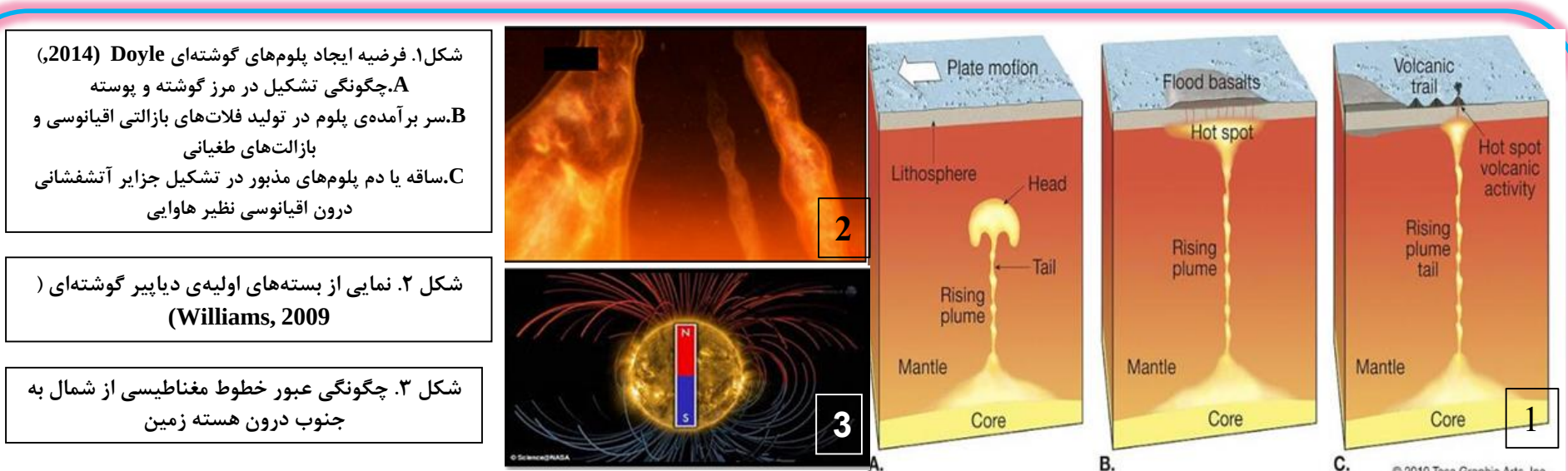
### 10-11 November, 2020

# ماگماتیسزم درون صفحات و نقش پلوم‌های گوشته‌ای

### روشنک ارغائی

## دانشجو دکتری پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

## arghaee.rk@gmail.com•



۱-۲ نحوه‌ی تشکیل بسته‌های اولیه دایپیرهای گوشته‌ای جهت تشکیل پلوم‌ها و ریفتهای قاره‌ای
این تبدیل هسته مذاب به جامد چنین است که عناصر فرار، سیدروفیل و کاتکوفیل و به‌طور کلی هر عنصری به جز آهن و نیکل وارد فاز جامد نمی‌شود بلکه در فاز مذاب باقی می‌ماند این بدان معنا است که بر غلظت آن‌ها در فاز مذاب یعنی هسته خارجی افزوده می‌شود. گرمای آزاد شده ناشی از تغییر فاز مذاب به جامد (رشد هسته داخلی) همراه با عناصر فرار و عناصر غیر از آهن و نیکل تشکیل تطفه‌های آگزاین و یا بسته‌های اولیه دایپیرهای گوشته‌ای را می‌سازند (فرمانی، ۱۳۹۱) (شکل۲). این بسته‌های انرژی و مواد به صورت موجی تدریجی و بسیار کند به سمت بالا حرکت می‌کنند و هرچه به سمت بالا می‌روند، به علت کاهش فشار، منطظر و بهتر شکل می‌گیرند تا اینکه قسمت‌های بالای گوشته یعنی آستونفر می‌رسند و در آنجا تکامل یافته و تشکیل دایپیرهای بزرگ را می‌دهند. تشکیل بسته‌های انرژی و مواد در هسته خارجی بسیار کند و آرام شکل می‌گیرند و درحقیقت تشکیل و شکل‌گیری آن‌ها به صورت تجمع هرچه بیشتر انرژی و مواد فرار و عناصر با ارزش تالویی است. این بسته‌های تشکیل شده پس از تشکیل نیاز به یک مولد برای آلمن و رسیدن به سطح زمین دارند که این مولد میدان مغناطیسی زمین است که نقش یک موتور ایجاد و القایی را برای این بسته‌ها ایفا می‌کند. میدان‌مغناطیسی هسته‌ی زمین در مقایسه با سطح سیاره، ۵۰ برابر قوی‌تر است. احتمالاً زمین درکل عمر ۴ میلیاردساله ساله خود میدان‌مغناطیسی داشته است. در اوایل شکل‌گیری زمین کل هسته آن مذاب بوده است، اما در حال حاضر تنها هسته خارجی آن مذاب است و به دلیل فشار بسیار زیاد، هسته داخلی جامد شده است. این بدان معناست که احتمالاً مغناطیسی اولیه زمین بسیار قوی‌تر از امروز آن بوده است. میدان‌مغناطیسی هنگامی تشکیل می‌شوند که بارهای الکتریکی از میان مواد مغناطیسی مانند آهن عبورکنند. هر ماده مغناطیسی شده دو قطبی است و این یعنی، یک قطب شمال و یک قطب جنوب مغناطیسی دارد و مسیر حرکت این خطوط از قطب شمال به قطب جنوب است. با عبور خطوط این میدان مغناطیسی از قطب شمال ماده مغناطیس شده به سمت قطب جنوب، یک میدان مغناطیسی خارجی در اطراف جسم ایجاد می‌شود که می‌تواند بر اجسام دیگری که خیلی به آن نزدیک شوند، تاثیر بگذارد (Williams, 2009) (شکل۳). منشأ میدان مغناطیسی را هسته خارجی می‌دانندکه لایه عقیقی از آهن مایع است و به دور هسته می‌گردد. هسته خارجی مانند آب روی آجاق، بر روی هسته داخلی در جوش و خروش است. اساساً تبدیل آلیاژ آهن - نیکل مذاب به جامد یک واکنش گرمزات است و گرمای حاصل از آن به همراه تالایی مواد رادیواکتیو موتور حرارتی زمین را تأمین می‌کنند (فرمانی، ۱۳۹۱). در دمای بسیار زیاد زمین تصور کرد که هسته جامد متحمل چنین واکنش شیمیایی شده و بدین ترتیب تبدیل به یک مولد جریان الکتریکی مثل یک باتری خواهد شد. این مولد مذاب هسته خارجی در حال چرخش است می‌توان آن را مانند یک سیم‌پوله (القای) تصور نمود. در حالت کلی گردش هسته مایع به دور هسته جامد آهنی به عنوان یک سیم‌پیچ که هسته‌ی آهنی را در برگرفته، و جریان الکتریکی که از سیم‌پیچ عبور می‌کند همان پروتی کهنه‌ای است که از قطبین زمین به تله می‌افتد. از طرفی اثر نیروی کورولیوس (Coriolis effect) دوران زمین، درون هسته خارجی ایجاد طوفان و گردباد می‌کند (Macmillan, 2006). مجموع این حرکته‌ها است که میدان مغناطیسی زمین را بوجود می‌آورد. بدین‌ترتیب در درون زمین دریای متشکل از یک باتری و یک باتری و یک القاگر داریم. مسلماً جریان الکتریکی از آلفا القاگر عبور خواهد کرد و طبق قانون اِند در اطراف القاگر میدان مغناطیسی تولید می‌شود که همان میدان مغناطیسی زمین است. خطوط میدان مغناطیسی درون هسته همانند خطوط میدان مغناطیسی سیم‌پوله موازی است از آنجا شباهت تجربی نیز موزد موازی بودن خطوط میدان مغناطیسی زمین است و از طرفی چون هسته‌ی خارجی میدان القاگر است می‌تواند در آن پدیده خودالقایی نیز رخ دهد یعنی هرگاه واکنش شیمیایی و در نتیجه جریان الکتریکی هسته داخلی در حال کاهش بود جهت خطوط میدان خود را تغییر دهد به گونه‌ای که نیروی محرک‌های مه‌چفت با نیروی خود و سبب تقویت شدت میدان مغناطیسی گردد و برعکس (ارغائی، ۱۳۹۵).

۲-۱-۲ نظریه برخورد (Impact) و ایجاد پلوم

برخلاف فرآیندهایی که در عمق درونی باعث ایجاد ماگماتیسزم درون صفحات می‌شود، دلایل خروجی یعنی اثرات شهاب سنگ های بزرگ نیز برای تحریک چنین ماگماتیسمی نیز فرض شده است (Coffin and Ingle, 2004; Turcotte and Oxburgh, 2004; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوضه‌های اقیانوسی می‌تواند موجب خفر گودالی عظیم در پوسته و بیشتر اقیانوس‌ها (e.g., Rogers, 1982; Glikson, 1999; Abbott and Isley, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Jones et al., 2002, 2005; Muller, 2002; Ingle and Coffin, 2004). برخورد‌های عظیم در حوض