اثرات برخورد شهاب سنگ‌ها با کره زمین

نوشته: وحید صائب‌فر *

چکیده

پیشرفت روزافزون مطالعات نجومی و علم سنجش از راه دور نشان داده‌اند که همانند سایر سیارات منظومه شمسی کره زمین نیز از آغاز پیدایش تا کنون در معرض تأثیر و سقوط شهاب سنگ‌ها بوده و در اثر برخورد این پیکرهای آسمانی تغییرات شدید و وسیعی در سیر تکوینی زمین‌شناسی کره زمین (نظیر انقراض دایناسورها) روی داده است.

مطالعات زمین‌شناسی که طی سالیان اخیر در نقاط مختلف کره زمین انجام گردیده، نشان داده‌اند که در بسیاری از کشورها نظیر روسیه، آمریکا، آلمان، استرالیا و احتمالاً ایران آثار برخورد شهاب سنگ‌ها وجود دارند و در اثر این برخوردها فنجانه‌های کوچک و بزرگی ایجاد شده‌اند. سقوط این پیکرهای آسمانی در دوران‌های متفاوت زمین‌شناسی روی داده و هم اکنون شواهدی در دست است که نشان می‌دهند احتمالاً مرز دوران‌های زمین‌شناسی و بخصوص مزوزوئیک و سنوزوئیک با سقوط شهاب سنگ‌ها و تغییرات شدید آب و هوایی ایجاد شده در اثر این پدیده، انطباق دارد.

ویژگی‌هایی که فنجانه‌های برخوردی را از کالدراهای آتش‌فشانی متمایز می‌سازند بغیراز ساختار حلقوی شکل آن‌ها، وجود شواهدی نظیر یافت شدن کانی‌های غیرمعمول، شکستگی‌های مخروطی سنگ‌ها و کانی‌ها، لبه‌های بالا آمده فنجانه‌ها، پراکندگی سنگ‌های اسرارآمیزی نظیر تکتیت و برخورد سنگ در اطراف فنجانه‌ها، قرارگیری آن‌ها در محیط های زمین‌شناسی گوناگون و غیره می‌باشد و با یافت شدن یکی یا چند مورد از این شواهد در اطراف چنین ساختارهایی می‌توان منشأ برخوردی آن‌ها را حدس زد.

مقدمه

یکی از نظریه‌هایی که در قرن نوزدهم میلادی توسط زمین‌شناس فرانسوی ژرژ کویه مطرح گردیده نظریه سانحه‌ای (Catastrophism) می‌باشد که براساس آن طی تاریخ تکوین زمین‌شناسی کره زمین، تعدادی پدیده ناشناخته موجب توقف و قطع کامل این سیر تکوینی شده‌اند و در اثر این پدیده‌ها علاوه بر تغییرات گسترده در محیطهای زمین‌شناسی، انقراض و یا تغییر شدید ویژگی‌های زیستی بسیاری از جانوران و گیاهان روی داد است.

از طرف دیگر در طی سالیان اخیر که کاوش‌های فضایی و نجومی پیشرفت قابل ملاحظه‌ای یافته‌اند، مشخص گردیده که در تمام کرات منظومه شمسی که دارای سطح جامد هستند، آثار برخورد پیکرهای آسمانی کاملاً نمایان می‌باشد و به همین خاصر می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال قوی کره زمین نیز همانند سایر سیارات در طول عمر خود در معرض برخورد شهاب سنگ‌های زیادی قرار گرفته است. البته به دلیل وجود جو فعال و نیز فرسایش حاصل از آب، اثرات

The Effects of meteorite impacts on earth

By: Eng. Saebfar *

Abstract

The increasing progress of astronomical studies and remote sensing science has shown that the Earth has been subjected to the effects and fall of meteorites just like the other plantes of solar system and because of the impact of these celestial bodies severe and extentsive changes has occurred (Like the extinction of Dinosaurs) in the evolution path of the Earth.

The geological studies which has been accomplished during the recent years in different parts of the Earth has shown that in many countries like Russia, America, Germany, Australia and Probably Iran there is traces of meteorite impact and because of these impacts small and large craters has come into existence. The fall of these celestial bodies has occurred in different geological eras and there is evidences right now that proves probably the boundry of geological eras and specially the boundry of Mesozoic and Cenozoic accords with the fall of meteorites and severe changes of climate due to this phenomenon.

Beside their ring structures, the characteristics which differentiates the impact craters from the Volcanic calderas are evidences such as the finding of unusual minerals, conical fractures of rocks and minerals, up rised rims of craters, the scatter of mysterious rocks like tektites and impactites around the craters, their location in different geological environments and etc., and with finding of one or few of these evidences around such structures their impact origin can be guessed.

این برخوردهای احتمالی در بسیاری از نقاط کاملاً از بین رفته و فقط فنجانه‌های بوجود آمده جدید و یا به اندازه کافی بزرگ و اکثراً قرار گرفته در سپرهای پرکامبرین می‌باشند که تا حدودی آثار آن‌ها حفظ شده‌اند.

از آن‌جایی که پیکرهای آسمانی در هنگام برخورد به سطح زمین مقادیر بسیار زیادی انرژی آزاد می‌سازند، این انرژی رها شده موجب می‌گردد که در شرایط آب و هوایی کره زمین تغییرات شدید و ناگهانی روی دهد و همین تغییرات می‌باشند که موجب انقراض بسیاری از موجودات زنده در طی زمان پیدازیستی (Phanerozoic) گردیده‌اند. بهترین مثال در این مورد انقراض دایناسورها، در انتهای کرتاسه می‌باشد و هم اکنون اثبات شده که هنگام نابودی این جانوران شهاب سنگ بزرگی با کره زمین برخورد کرده است. سقوط شهاب سنگ‌ها علاوه بر تأثیری که بر روی جانداران داشته احتمالاً موجب پیشروی یا پسروی دریاها گردیده و بر روی فعالیت‌های آتش‌فشانی

کره زمین نیز تأثیر بسزایی داشته است. همچنین شاید بتوان این نتیجه‌گیری را نمود که فازهای کوه‌زایی و خشکی‌زایی و یا حتی از دیدگاهی افراطی شکستگی ابرقاره گندوانا و آغاز جابجایی قاره‌ها ناشی از برخورد شهاب سنگ‌ها بوده باشد.

در این نوشتار سعی گردیده که به معرفی و بررسی مختصر آثار برخورد شهاب‌سنگ‌ها در نقاط مختلف کره زمین و از جمله ایران پرداخته شود تا آن که اگر زمین‌شناسان دست اندرکار تهیه نقشه‌های مختلف با این گونه ساختارها برخورد کردند بتوانند علاوه بر فعالیت‌های درون زمینی، منشأبرون زمینی آن‌ها را نیز مدنظر قرار دهند.

اثرات برخورد شهاب سنگ‌ها در کشورهای مختلف

اصولاً مختصر اطلاعاتی که تا کنون در رابطه با وقوع پدیده‌های آسمانی در طول تاریخ زمین‌شناسی کره زمین به دست آمده است همگی از بررسی فنجانه‌های شهابی (Meteor Craters) بوده که هنوز در بعضی نقاط آثار آن‌ها قابل مشاهده است. همواره اثر سقوط شهاب‌سنگ‌ها (Meteorites) بر روی سطح زمین ساختارهایی حلقوی را تشکیل می‌دهند که به آن‌ها «اثر برخورد شهاب سنگ» (Astroblem) گفته می‌شود. در داخل این گونه ساختارها ویژگی‌هایی نظیر چینه‌بندی بصورت شعاعی تغییر شکل یافته، سنگ‌های خرد شده، کانی‌های غیرمعمول و سایر شواهد مربوط به انفجارات برخوردی قدرتمند مشاهده می‌شوند. بیشتر از صد مورد از اثرات برخورد شهاب‌سنگ‌ها تا کنون در نقاط مختلف زمین یافت شده‌اند اما باید خاطر نشان نمود که این اثرات شباهت زیادی با نواحی متأثر از انفجارات آتش‌فشانی دارند و از این رو در بسیاری از نقاط نمی‌توان بین فنجانه‌های حاصل از برخورد شهاب سنگ‌ها با کالدراهای (Calderas) آتش‌فشانی وجه تمایز قائل شد. اما وجود ساختارهای حلقوی با اندازه‌های بیش از دهها کیلومتر نظیر خلیج سنت لارنس (St.Lawrence) در کانادا با قطر ۲۹۰ کیلومتر را صرفاً می‌توان حاصل از برخورد شهاب‌سنگ‌ها دانست زیرا هیچگونه فعالیت آتش‌فشانی با چنین وسعتی تا کنون در کره زمین مشاهده یا اثبات نشده است.

فنجانه‌های شهاب‌سنگی به دو گروه تقسیم می‌شوند. اولین گروه شامل «فنجانه‌های برخوردی» (Impact Craters) به قطر کم‌تر از ۱۰۰ متر می‌باشند که در اثر خردشدن و خروج سنگ‌ها از سطح داخلی فنجانه بوجود می‌آیند. منشأ تشکیل این گونه فنجانه‌ها را می‌توان به سقوط شهاب سنگ‌های نسبتاً کوچکی نسبت داد که سرعتی کم‌تر از ۲/۵ کیلومتر در ثانیه دارند.

گروه دوم فنجانه‌ها شامل فنجانه‌های انفجاری (Explosion Craters) هستند و در اثر انفجار ناشی از برخورد شهاب‌سنگ‌ها با سطح زمین بوجود می‌آیند. شهاب سنگ‌های بزرگ با سرعتی بین ۳ تا ۲۰ کیلومتر در ثانیه وقتی با سنگ‌های سطح زمین برخورد کنند ابتدا منفجر شده وسپس دراثراین انفجارتمام یابخشی ازموددرانهابخارمی شود، گاهی در درون این گونه فنجانه‌های انفجاری سنگ‌های قطعه قطعه شده‌ای یافت می‌شوند که در پاره‌ای از موارد بعضی از آن‌ها حالت گداخته و ذوب شده دارند. همچنین در درون بعضی از بزرگ‌ترین فنجانه‌ها سنگ‌های خاصی یافت شده‌اند که از آن‌ها تحت عنوان «برخورد سنگ»(Impactite) نام‌برده می‌شود، تقریباً تمام پیکر برخورد سنگ‌ها از سنگ‌های دوباره ذوب شده‌ای تشکیل گردیده که این مواد پس از سردشدن به صورت شیشه‌های طبیعی در آمده‌اند، این نوع سنگ‌ها همچنین به مقدار اندکی حاوی قطعاتی از سنگ‌های ذوب نشده قبلی خود هستند.

مهم‌ترین ویژگی سنگ‌هایی که در معرض انفجارات شهاب‌سنگی قرار گرفته‌اند، شکستگی‌های مخروطی بوجود آمده در آن‌ها می‌باشد. راس این مخروط ها همواره رو به جهتی است که موج انفجار حاصل از برخورد شهاب سنگ از آن جهت منشأ گرفته است. با توجه به وجود شواهدی نظیر برخورد سنگ‌ها و نیز شکستگی‌های مخروطی منشأ شهاب سنگی فنجانه‌های قدیمی در بسیاری از نقاط به تایید رسیده است. در ادامه به شرح مختصری در باره فنجانه‌های بزرگی پرداخته می‌شود که تا کنون در زمین یافت شده‌اند.

اصولاً کشور شوروی سابق به علت وسعت زیاد و نیز وجود زمین‌شناسان لایق به همراه تکنولوژی و سطح علمی بالا دارای بیش‌ترین تعداد فنجانه شهاب سنگی کشف شده است. بزرگ‌ترین فنجانه شهاب سنگی که منشأ برخوردی آن کاملاً به اثبات رسیده حوزه پوپی گای (Popigai basin) در شمال پلاتفرم سیبری می‌باشد. قطر داخلی این فنجانه ۷۵ کیلومتر و قطر خارجی آن ۱۰۰ کیلومتر است و در ۳۰ میلیون سال پیش در اثر برخورد یک جسم آسمانی که سرعت بسیار زیادی داشته تشکیل شده است، در اثر این برخورد ابتدا ضخامتی به اندازه ۱۲۰۰ متر از رسوبات سطحی زمین دچار دگرشکلی شدیدی شده و در نهایت سنگ بستر پلاتفرم سیبری بوده که سبب توقف کامل این شهاب سنگ شده است.

براساس محاسبات انجام گرفته انرژی این انفجار بیش‌تر از 10^{23} ژول بوده و به عبارت دیگر این انفجار ۱۰۰۰ برابر بیش‌تر از بزرگ‌ترین فوران‌های آتش‌فشانی انرژی داشته است. شرایط فیزیکی لحظه برخورد این جسم با سطح زمین را می‌توان از نوع کانی‌هایی که در محل برخورد تشکیل شده حدس زد. چنین کانی‌هایی را صرفاً می‌توان به طور مصنوعی و در فشار یک میلیون بار و حرارت بیش‌تر از ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد بوجود آورد. در اثر این برخورد قطعات بزرگی از سنگ بستر پلاتفرم سیبری به هوا پرتاب شده که تا ۴۰ کیلومتری حاشیه خارجی فنجانه می‌توان آثار آن‌ها را مشاهده نمود. همچنین در اثر این برخورد سنگ‌ها ذوب شده و گدازه‌ای بوجود آمده که غنی از سیلیس می‌باشد (بیش‌تر از ۶۵ درصد سیلیس) به نحوی که از نظر ترکیب شیمیایی این گدازه تفاوت بسیار زیادی با سنگ‌های بازالتی پلاتفرم سیبری دارد.

دومین فنجانه بزرگ در نزدیکی شهر گورکی (Gorky) و نزدیک بخش اروپایی کشور شوروی سابق قرار دارد، این فنجانه که طی عملیات تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و حفاری‌های مربوطه کشف شده دارای قطری بیش‌تر از ۱۰۰ کیلومتر بوده و احتمالاً در اثر برخورد شهاب سنگ بوجود آمده است. همچنین فنجانه کارا (Kara) که در رشته کوه‌های پای- خوی (Pay-Khoy) قرار دارد دارای قطری بیش از ۵۰ کیلومتر بوده و با خرده سنگ پر شده است. بعضی از این

قطعات هنگام انفجار به طور بخشی ذوب و بعداً به صورت شیشه طبیعی سرد شده‌اند.

هنگامی که اسکولا (Escola) زمین‌شناس فنلاندی در سال ۱۹۲۰ نواحی شمالی دریاچه لادوگا (Ladoga) را مورد اکتشاف قرار می‌داد متوجه گدازه غیرمعمولی شد که شباهت به برخورد سنگ داشت. ناحیه مورد بررسی دارای ابعاد ۱۴×۲۶ کیلومتر بوده و احتمالاً یک فنجانه شهاب سنگی قدیمی می‌باشد. همچنین فنجانه بولتیش (Boltysh) با قطری در حدود ۲۵ کیلومتر که در اوکراین کشف شده در اثر برخورد شهاب سنگی در ۱۰۰ میلیون سال پیش بوجود آمده است. باید خاطر نشان نمود قدیمی‌ترین فنجانه کشف شده در شوروی سابق با قطری در حدود ۲۰ کیلومتر در ناحیه کارلیا (Karelia) قرار دارد و زمان تشکیل آن حدود ۱۰۰۰ میلیون سال پیش بوده است.

در سایر کشورها نیز آثار برخورد شهاب سنگ‌ها یافت شده‌اند که در ادامه به شرح آن‌ها پرداخته خواهد شد. در ناحیه نوردلینگن (Nordlingen) کشور آلمان فنجانه‌ای شهاب سنگی کشف شده که به طور کامل مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. این فنجانه در اثر برخورد شهاب سنگ بزرگی در حدود ۱۵ میلیون سال پیش بوجود آمده و قطر آن حدود ۲۰ کیلومتر است. کاوش‌های ژئوفیزیکی انجام گرفته بر روی این فنجانه نشان داده‌اند که در زیر یک لایه ۳۵ متری از رسوبات دریاچه‌ای سطحی، حوضه درونی دیگری قرار گرفته که لااقل ۷۰۰ متر عمق دارد و با سنگ‌های خرد شده آگلومرایی که به طور بخشی ذوب شده‌اند پرشده است. سنگ‌های خرد و شکننده‌ای که حوضه را پر کرده‌اند، سبب شده که میدان گرانشی این حوضه نسبت به نواحی مجاور به طور خاصی پایین باشد به نحوی که برآورد شده این ناهنجاری (Anomaly) با کمبود بین ۳۰ تا ۶۰ میلیارد تن از مواد سطح زمین مطابقت دارد. به عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که در اثر برخورد شهاب سنگ با سطح زمین مواد سطحی به اطراف فنجانه پرتاب شده‌اند و تخمین زده شده که حجم مواد پرتابی در حدود ۲۰ کیلومتر مکعب بوده است.

فنجانه‌های شهاب سنگی جوان دیگری با سنی کم‌تر از ۱۵ میلیون سال در نقاط مختلف دنیا یافت شده‌اند. در کشور غنا (آفریقای غربی) فنجانه‌ای وجود دارد که در داخل آن دریاچه‌ای به قطر ۹/۸ کیلومتر و عمق ۳۵۰ متر تشکیل شده است. فنجانه دیگری در شبه جزیره آن گاوا (Ungava) کانادا یافت شده که ۳/۴ کیلومتر قطر و ۳۹۰ متر عمق دارد. فنجانه آتش‌فشانی روترکام (Roter Kamm) که در سال ۱۹۶۵ در جنوب‌غرب آفریقا کشف شد دارای عمقی در حدود ۳۰ متر است ولی چون بستر این فنجانه با مواد مختلف پوشیده شده عمق آن باید به مراتب بیش‌تر از مقدار ذکر شده باشد. حاشیه این فنجانه که طولی برابر ۲/۴ کیلومتر دارد از قطعات سنگ‌های گنیسی پوشیده شده و لبه آن نسبت به زمین‌های اطراف در حدود ۹۰ متر بالاتر قرار می‌گیرد. فنجانه دیگری در هندوستان یافت شده که ۱/۸ کیلومتر قطر و ۱۲۰ متر عمق دارد.

در اواخر قرن گذشته بررسی‌هایی در کشور آمریکا بر روی فنجانه‌ای به قطر ۱۲۰۰ متر و عمق ۱۷۰ متر شروع شد. این فنجانه که به نام فنجانه دره دیابلو (Diablo) نامیده می‌شود در ایالت آریزونا قرار دارد و لبه آن نسبت به زمین‌های اطراف ۴۰ تا ۵۰ متر بلندتر است. براساس افسانه‌های سرخ‌پوستان این فنجانه هنگامی تشکیل شد که یکی از خدایان سوار بر ارابه‌ای آتشین از آسمان‌ها بر روی زمین پا گذاشت، از اینرو افسانه مزبور منشأ شهاب‌سنگی این فنجانه را تا حدودی تایید می‌کند. قطعات آهنی زیادی تا شعاع ۱۰ کیلومتری اطراف فنجانه پیدا شده‌اند که مجموعاً در حدود ۲۰ تن وزن دارند ولی کاملاً مشخص است که این قطعات فقط بخش ناچیزی از یک شهاب‌سنگ می‌باشند. در ضمن کوشش برای یافتن توده اصلی شهاب‌سنگ در داخل فنجانه تا کنون ناموفق بوده است.

فنجانه دره دیابلو احتمالاً در اثر برخورد یک شهاب سنگ آهنی- نیکلی با وزن حدود ۵ میلیون تن بوجود آمده است. البته این شهاب‌سنگ قبل از برخورد به سطح زمین در هوا منفجر و قطعات آن در اطراف پراکنده می‌شود و فقط یکی از قطعات آن به وزن ۶۳ هزار تن و قطر حدود ۳۰ متر پس از برخورد با زمین فنجانه مورد بحث را بوجود می‌آورد. برآورد می‌شود انرژی آزاد شده هنگام برخورد معادل انفجار ۳/۵ مگاتن T.N.T بوده است.

مجموعه‌ای از ساختارهای حلقوی با منشأ شهاب سنگی در یکی از جزایر دریای بالتیک بنام سارما (Saaremaa) یافت شده‌اند. بزرگترین این ساختارها ۱۱۰ متر قطر دارد و لبه آن که از سنگ‌های لایه‌بندی‌دار دولومیتی تشکیل شده نسبت به زمین‌های اطراف بین ۶ تا ۷ متر بالاتر قرار می‌گیرد. در اطراف این فنجانه تعداد ۶ فنجانه کوچک‌تر دیگر در ناحیه‌ای به وسعت ۲۵ هکتار قرار گرفته‌اند که هریک بین ۱۶ تا ۲۰ متر قطر و ۴ تا ۵ متر عمق دارند.

فنجانه جالب توجه دیگر فنجانه وردفورت (Vrede fort) در آفریقای جنوبی می‌باشد که در سنگ‌های گرانیتی تشکیل شده و قطری در حدود ۴۰ کیلومتر دارد. با توجه به شواهد به دست آمده از بررسی فنجانه می‌توان ابعاد و سرعت سیارکی (Asteroid) که این فنجانه را بوجود آورده برآورد کرد. این سیارک ۲/۳ کیلومتر قطر داشته و جرم آن ۳×۱۰^{۱۰} تن بوده و با سرعتی در حدود ۲۰ کیلومتر در ثانیه به سطح زمین برخورد کرده است. انرژی حاصل از این برخورد ۵۰ برابر بیشتر از بزرگترین زلزله‌ای بوده که تا کنون ثبت شده به عبارت دیگر این انرژی معادل انفجار $۱/۴\times۱۰^{۶}$ میلیون تن (۱/۴ میلیون مگاتن) TNT بوده است.

در استرالیا فنجانه‌ای یافت شده که قطری برابر ۱۴ کیلومتر دارد و در مرکز آن تپه کوچکی ایجاد شده است. کاوش‌های ژئوفیزیکی و عملیات حفاری بر روی این فنجانه که ۱۳۰ میلیون سال عمر دارد نشان داده‌اند که در اعماق آن ساختاری استوانه‌ای به قطر ۲/۳ کیلومتر وجود دارد و در اطراف این استوانه ساختار بشقاب مانند کم‌عمق‌تری به قطر ۱۱ کیلومتر قرار گرفته است. وجود شواهدی مثل برخورد سنگ‌ها و نیز شکستگی‌های مخروطی سنگ‌ها، منشأ شهاب‌سنگی این فنجانه را اثبات می‌کنند. همچنین برآورد شده که انرژی حاصل از برخورد این شهاب‌سنگ ۲۰×۱۰^{۲۰} ژول بوده است.

در جنوب تگزاس آمریکا و در حوضه سیرا مادره (Sierra Madre) یک ساختار حلقوی با قطر تقریباً ۱۰ کیلومتر وجود دارد که در نهشته‌های دریایی قدیمی تشکیل شده است، در داخل این

ساختار لایه‌های سنگی به طور تقریباً افقی اما دگرشیب نسبت به لایه‌های پایین‌تر خود قرار گرفته‌اند ولی این لایه‌ها در بخش مرکزی توسط سنگ آهکی پوشیده شده‌اند که نسبت به کف ساختار، حدود ۴۵۰ متر بالاتر می‌باشد. در این بخش وضعیت لایه‌بندی سنگ‌ها کاملاً درهم ریخته بوده، همچنین سیستم‌های شکستگی مخروطی نیز در این گنبد ۴۵۰ متری به فراوانی وجود دارند که در اثر امواج شوکی قدرتمند بوجود آمده‌اند. کلی (Kelly) دانشمند زمین‌شناس آمریکایی نظر داده است که سقوس یک دنباله‌دار به داخل اقیانوسی به عمق ۲ تا ۳ کیلومتر موجب تشکیل این ساختار گردیده است. در این سقوط هسته این دنباله‌دار با سرعت بسیار زیادی به پوسته زمین برخورد کرده و موجب ایجاد انفجار عظیمی شده است. به دلیل سقوط این هسته به داخل آب اقیانوسی قسمتی از انرژی جنبشی آن از بین رفته و فقط درست در محل برخورد آن با پوسته بوده که لایه‌های کف اقیانوس دچار درهم‌ریختگی شده‌اند، همچنین در هنگام سقوط دنباله‌دار موج حاصل از برخورد سبب شده که گرداب بسیار عظیمی تشکیل شود و آب اقیانوس برای چند لحظه به صورت دایره‌ای شکل به اطراف پخش شود و رسوبات عمیق دریایی را جابجا کند به نحوی که این رسوبات بعداً به صورت حلقوی در پیرامون محل برخورد دوباره رسوب می‌کنند. هم در اثر برخورد دنباله‌دار و هم به دلیل از بین رفتن فشار آب در اثر خالی‌شدن اقیانوس در محل سقوط هسته، کف اقیانوس تا حدود ۴۵۰ متر بالا آمده و شرایط مناسبی برای نهشته شدن بعدی سنگ آهک را فراهم نموده است.

در ضمن پس از فرونشستن گرداب، رسوبات قدیمی عمیق دریایی به طور دگرشیب توسط رسوبات جدید پوشیده شده‌اند به نحوی که هم اکنون می‌توان به دلیل پسروی دریا این ساختار را در روی زمین مشاهده کرد.

در قطب جنوب یک اثر برخورد شهاب‌سنگ به قطر تقریباً ۲۴۰ کیلومتر وجود دارد که در ناحیه ویلکزلند(Wilkes Land) واقع گردیده و تمام آن با یخ پوشیده شده است. داستان کشف این ساختار بسیار جالب توجه می‌باشد. در بین سال‌های ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۰ و هنگام بررسی‌های اکتشافی دانشمندان آمریکایی و فرانسوی ناهنجاری‌های گرانی در این محل مشاهده شد. ناحیه دارای ناهنجاری گرانی منفی، حالت حلقوی داشت و قطر آن در حدود ۲۴۰ کیلومتر بود. با مقایسه ناهنجاری این ناحیه با سایر نواحی که در آن‌ها فنجانه‌های شهاب‌سنگی بزرگ وجود دارد، مشخص شد که این‌دو ناهنجاری کاملاً با یکدیگر شباهت دارند و لذا تا حدی منشأ شهاب‌سنگی این ساختار مشخص شد.

کشف این ساختار همچنین سبب شد که منشأ تکتیت‌های (Tektites) موجود در استرالیا و تاسمانی (Tasmania) تا حد زیادی مشخص شود. اصولاً تکتیت‌ها، خرده سنگ‌هایی شیشه‌ای می‌باشند که به رنگ سبز تیره هستند و منشأ اسرارآمیزی دارند. عده‌ای منشأ این سنگ‌ها را نوع خاصی از شهاب‌سنگ‌ها می‌دانند در حالی که عده‌ای دیگر معتقدند آن‌ها حاصل از فوران‌های آتش‌فشانی انجام گرفته بر روی کره ماه هستند. بررسی انجام گرفته طی سالیان اخیر نشان داده‌اند که این سنگ‌ها در اثر برخورد شهاب‌سنگ‌های عظیم و بیرون ریختن سنگ‌های ذوب شده بوجود می‌آیند. از طرف دیگر با توجه به عدم وجود فنجانه‌های بزرگ در استرالیا و تاسمانی و همچنین وجود مقادیر زیادی تکتیت در این نواحی مشخص شد که احتمالاً این تکتیت‌های با فنجانه بوجود آمده در قطب جنوب مرتبط هستند، زیرا این فنجانه کاملاً در مرکز قوس استرالیا- تاسمانی قرار گرفته است.

چندین فنجانه بزرگ با منشأ شهاب‌سنگی در سال‌های اخیر در کانادا یافت شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان بویژه به فنجانه‌های دریاچه‌های کلیرواتر (Clear Water) در کبک (Quebec) اشاره کرد، به نظر می‌رسد که هر دو این دریاچه‌ها در اثر برخورد شهاب‌سنگ‌ها بوجود آمده باشند، قطر دریاچه شرقی در حدود ۲۸ کیلومتر و دریاچه غربی حدود ۳۲ کیلومتر است. از طرف دیگر بزرگ‌ترین ساختار حلقوی در کبک دارای قطری به اندازه ۶۵ کیلومتر می‌باشد.

تشکیل کانسار نیکل سادبری (Sudbury) در اونتاریوی (Ontario) کانادا احتمالاً با سقوط یک شهاب‌سنگ ارتباط نزدیک دارد. حوضه‌ای که در آن کانسار تشکیل شده حالت تخم‌مرغی داشته و دارای ابعادی به اندازه ۲۷×۶۰ کیلومتر می‌باشد. این کانسار بر روی سطح سپر متبلور شده کانادا واقع شده که شامل سنگ‌های گرانیتی و کوارتزیتی می‌باشد. ساختار این حوضه شبیه یک قطعه کیک لایه لایه است که در بخش پایینی سنگ‌های حاوی کانه قرار دارند و شامل میکروپگماتیت، دیوریت و غیره می‌باشند. بر روی سنگ‌های این مجموعه توف و بر روی توف‌ها لایه‌هایی از اسلیت و ماسه‌سنگ قرار گرفته است. اخیراً فرضیه‌ای در مورد کانسار سادبری مطرح شده مبنی بر این که این کانسار در اثر سقوط یک شهاب سنگ بزرگ و در حدود ۱۷۰۰ میلیون سال پیش (براساس روش‌های تعیین سن مطلق) تشکیل شده است، اساس مطرح شدن این تئوری بر پایه این واقعیت بوده که اصولاً از نظر ساختاری سنگ‌های موجود در اطراف و میان کانسار سادبری و بخصوص بخش‌های توفی آن حالت برشی دارند و در لابلای این برش‌ها می‌توان آثار گرانیت‌های مربوط به سنگ بستر یا همان سپر کانادا را مشاهده نمود که در میان آن‌ها به طور درهم شیشه‌های ولکانیک قرار گرفته است، مشاهدات همچنین نشان می‌دهند این بخش‌های شیشه‌ای در اثر ذوب و سپس سردشدن سریع سنگ‌های قبلی بوجود آمده و به همین دلیل در آن‌ها پدیده تبلور مجدد کانی‌ها چندان پیشرفتی نداشته است، مجموعه این سنگ‌ها شباهت بسیار زیادی با سنگ‌های موجود در پیرامون سایر فنجانه‌های شهاب‌سنگی شناخته شده در نقاط دیگر دارند. از جمله موارد دیگر تایید کننده منشأ شهاب‌سنگی این کانسار وجود بلورهای کوارتز با شکستگی مخروطی می‌باشد. باید متذکر شد این گونه شکستگی‌ها صرفاً در اثر انفجارات عظیم نظیر انفجار بمب‌های اتمی و یا برخورد شهاب‌سنگ‌های بزرگ با سطح زمین بوجود می‌آیند. علت تشکیل کانسار سادبری را می‌توان به این ترتیب توجیه کرد که اصولاً برخورد شهاب‌سنگ با سطح زمین موجب ایجاد شکستگی‌های عمیق در پوسته آن شده و سپس از راه این شکستگی‌ها مواد حاوی عناصر فلزی موجود در اعماق زمین توانسته‌اند به سطح راه پیدا کنند. البته احتمال دارد بخشی از کانسار فلزی موجود نیز متعلق به خود شهاب سنگ بوده باشد.

شواهدی وجود دارند مبنی براین که رگبارهای شهاب سنگی (Meteorite Showers) درگذشته گاهی از شدت بسیار زیادی برخوردار بوده‌اند و سقوط آن‌ها سبب ایجاد بلایایی طبیعی بسیار زیادی شده است. برای مثال در عکس‌های هوایی گرفته شده از ایالت کارولینای (Carolina) شمالی و جنوبی تعدادی فنجانه تخم مرغی شکل مدور دیده می‌شوند که شباهت با فنجانه‌های شهاب‌سنگی دارند. در این ناحیه بیش از ۱۴۰،۰۰۰ فنجانه بزرگ وجود دارند که از میان آن‌ها ۱۰۰ عدد دارای قطری بیش از ۱۵۰۰ متر هستند، از طرف دیگر امکان‌پذیر نیست تعداد فنجانه‌های کوچک را شمرد ولی برآورد شده است که بیش از نیم میلیون فنجانه کوچک نیز در این ناحیه وجود دارند. سطح کلی ناحیه‌ای که این رگبار شهاب‌سنگی در آن ریزش کرده بیش از ۲۰۰ هزار کیلومتر مربع می‌باشد و فنجانه‌ها به صورتی قرار گرفته‌اند که شباهت به یک کمان دارد و هم اکنون مرکز این کمان شهر بندری چارلستون (Charleston) در ساحل اقیانوس اطلس است. به عبارت دیگر این‌طور می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مقدار زیادی از قطعات سنگی رگبار شهاب‌سنگی مورد بحث به داخل اقیانوس اطلس سقوط کرده‌اند.

در مورد منشأ این فنجانه‌ها دو نظریه متفاوت وجود دارد. برطبق نظریه اول ایجاد این فنجانه‌ها به شهاب‌سنگی‌هایی مربوط می‌شود که منشأ اولیه آن‌ها یک ستاره دنباله‌دار و مسیر حرکت آن‌ها پیش از برخورد با سطح زمین از جانب شمال باختر به طرف جنوب خاور با زاویه کمی نسبت به افق بوده است. طبق نظریه دیگر این فنجانه‌ها در اثر انفجار ناشی از گرم شدن یک سیارک در جو زمین بوجود آمده‌اند. قطر این سیارک در حدود ۱۰ کیلومتر بوده و جرم آن بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ بیلیون تن (۱۲^۱۰ × ۲۰^۱۰) برآورد می‌شود و قطعات آن پس از انفجار در ناحیه‌ای به شعاع ۱۰۰۰ کیلومتر پراکنده شده است.

حال باید دید که در اثر برخورد شهاب‌سنگی به جرم ۱۲^۱۰ تن به سطح زمین چه اتفاقی افتاده است. دانشمندان برجسته آمریکایی اوری (H. C. Urey) در مقاله‌ای که در سال ۱۹۷۳ در مجله نیچر (Nature) ارائه داد برآورد کرده که در اثر سقوط یک شهاب‌سنگ با جرم ۱۲^۱۰ تن و سرعت ۴۵ کیلومتر در ثانیه، در حدود ۲۴^۱۰ ژول انرژی آزاد می‌شود. حال اگر تمام این انرژی آزاد شده صرف گرم شدن جو زمین شده باشد، درجه حرارت جو زمین به حدود ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید. بنابر این نتیجه گرفته می‌شود که حتی صرف شدن بخش کوچکی از انرژی حاصله، درجه حرارت جو زمین را لااقل دهها درجه بالا می‌برد. بنابراین سقوط شهاب‌سنگ مورد بحث احتمالاً موجب نابودی بخش اعظم مجموعه جانوری (Fauna) و انقراض پاره‌ای از گونه‌های مجموعه گیاهی (Flora) کره زمین شده است. همچنین حرارت حاصله سبب افزایش شدید درجه حرارت آب‌های سطح دریا گردیده و به همین خاطر پاره‌ای از جانوران دریایی به خصوص جانوران مربوط به محیط های کم عمق در اثر این افزایش حرارت آب نابود شده‌اند. همین افزایش درجه حرارت نه تنها موجب انقراض بسیاری از جانوران ساکن در قطب های کره زمین شده، بلکه در اثر آب شدن یخ های قطبی، سطح آب اقیانوس‌ها به‌شدت بالا آمده و سطح وسیعی از نواحی ساحلی را فرا گرفته است. بنابراین شاید بتوان انقراض ناگهانی و نابودی بسیاری از گونه‌های جانوری و گیاهی و همچنین پیشروی وسیع دریا را در انتهای دوره‌های زمین‌شناسی صرفاً ناشی از سقوط شهاب سنگ‌های بزرگ دانست.

شواهدی در دست است مبنی بر این که نوع دیگری از پدیده‌های آسمانی یعنی سقوط همزمان چندین شهاب‌سنگ بزرگ در ۶۵ میلیون سال پیش و در انتهای دوره کرتاسه روی داده و در اثر این پدیده تعدادی فنجانه بزرگ در ناحیه کارا در شمال روسیه، اوکراین و لیبی بوجود آمده‌اند.

سقوط این رگبار شهاب‌سنگی سبب افزایش شدید چند عنصر شیمیایی (ایریدیوم، اوسمیوم، پلاتین، طلا، نیکل، کبالت، کروم و غیره) در طبقات مربوط به مرز بین کرتاسه و پالئوژن گردیده چنانکه مقدار آن‌ها به چندین برابر مقدار متوسط همین عناصر در پوسته زمین رسیده است. این ناهنجاری عنصر ایریدیوم (شاخص ترین عناصر در مجموعه مورد بحث) به سبب ورود مقدار قابل توجهی از مواد خارج از جو زمین و پخش آن‌ها در ناحیه وسیعی به خاصر انفجار ناشی از سقوط پیکرهای آسمانی (Celestial bodies) بوجود آمده است. حادثه روی داده در مرز بین دوران‌های دوم و سوم زمین‌شناسی احتمالاً شدیدترین و پراثرترین رویدادی بوده که در طول تاریخ زمین‌شناسی شناخته شده برای ما بوقوع پیوسته است. نمی‌توان این واقعیت را نادیده گرفت که پیکر آسمانی موردبحث هنگام سقوط به چندین قطعه تقسیم شده و علاوه بر فنجانه‌های شمال روسیه، اوکراین و لیبی ممکن است که بخشی از آن به داخل اقیانوس افتاده باشد. همچنین علاوه بر قطعات بزرگ مقداری از مواد بسیار ریزدانه نیز از این پیکر جدا شده و در سرتاسر سطح زمین پخش گردیده است و همین مواد ریزدانه بوده‌اند که سبب ایجاد ناهنجاری ایریدوم شده‌اند.

باید متذکر شد که در همین زمان تغییر کرتاسه به پالئوژن بوده که دایناسورها به طور ناگهانی از سطح زمین ناپدید شده‌اند. شواهدی مبنی بر این که این موجودات تا پیش از زمان مورد نظر در زمین به صورت گسترده زندگی می‌کرده‌اند در دست می‌باشد اما ناگهان در اثر یک پدیده ناشناخته در ۶۵ میلیون سال پیش آن‌ها دچار انقراض کامل شده‌اند. امروزه تقریباً این نظریه پذیرفته شده که انقراض این جانوران مربوط به وقوع یک پدیده آسمانی و به عبارت دیگر سقوط یک تا تعدادی شهاب سنگ بر روی زمین بوده است. در اثر این پدیده تغییرات ناگهانی شدیدی در وضعیت آب و هوایی و در نتیجه شرایط رشد و نمو گیاهان و جانورانی که دایناسورها از آن‌ها تغذیه می‌کرده‌اند روی داده است و به علت فقر غذایی و همچنین سردشدن هوا دایناسورها منقرض شده‌اند. حال نکته‌ای که هنوز در مورد آن اتفاق نظر وجود ندارد محل برخورد این شهاب‌سنگ می‌باشد. به عبارت دیگر آیا فقط فنجانه‌های بوجود آمده در شمال روسیه، اوکراین و لیبی با شهاب‌سنگ مزبور مرتبط هستند یا آن که علاوه بر این شهاب‌سنگ، شهاب‌سنگ بزرگ دیگری نیز در این زمان بر روی ناحیه دیگری از کره زمین سقوط کرده است.

از میان پدیده‌های آسمانی روی داده در دوران معاصر که توسط بسیاری از افراد دیده شد، سقوط شهاب‌سنگ تونگوس (Tungus) در

۱۹۰۸ از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با جمع آوری و بررسی کلیه شواهدی که در مورد این واقعه در دست است، مشخص گردیده که پدیده مزبور در اثر حرکت و برخورد یک دنباله‌دار کوچک با جو زمین روی داده است. این دنباله‌دار که در راستای خاوری- باختری در حال حرکت بوده در ارتفاع ۵ تا ۱۰ کیلومتری سطح زمین به شدت منفجر شده و قدرت انفجار آن معادل ۳ میلیون تن T.N.T یا به عبارت دیگر ۱۰۰ برابر قوی‌تر از بمب اتمی منفجر شده برفراز شهر هیروشیما بوده است، برآورد شده که دنباله‌دار تونگوس در موقع ورود به جو زمین سرعتی در حدود ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر در ثانیه داشته و در موقع انفجار به خاطر اصطکاک با جو زمین سرعت آن به ۱۶ تا ۲۰ کیلومتر در ثانیه کاهش می‌یابد.همچنین جرم این دنباله دارچندین ده هزارتن برآورد گردیده ولی البته مقدارزیادی ازجرم آن پیش ازانفجارتبخیرشده است. درضمن جبهه جلوئی این‌دنباله‌دار که باجو زمین اصطکاک داشته پیش ازانفجار در حدود ۱۰۰،۰۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داشته که این حرارت ۲۰ برابر گرم‌تر از دمای سطح خورشید است.

امواج بوجود آمده در اثر انفجار موجب گردیده که در جنگل‌های زیرمحل انفجار (ناحیه سیبری)، درختان با الگوی بسیار جالبی دچار خمیدگی و سوختگی شوند و در ناحیه‌ای به شعاع بیش از ۵۰ کیلومتر درختان به طور متقارن خم شده و حالت پروانه مانند را در طرفین مسیر حرکت دنباله‌دار به خود بگیرند.

در محل انفجار هیچ‌گونه قطعه سنگ و یا دیگر آثار سقوط مواد جامد یافت نشده و فقط مقدار زیادی قطعات گردشده (Pellet) با قطر دهها میکرون در منطقه یافت گردیده است. این قطعات شباهت به قطرات جامد شده مواد فلزی و سیلیکات‌ها داشته و به احتمال زیاد بقایای بخش‌های جامد هسته دنباله‌دار می‌باشند که پس از انفجار به این حالت در آمده‌اند. در ضمن هیچگونه آثاری از افزایش فعالیت‌های رادیو اکتیو در این محل مشاهده نشده است. چندین روز پس از این رویداد نورهای شگفت انگیزی در آسمان دیده شدند که از محل انفجار تا جزایر بریتانیا (British Isles) دنباله آن‌ها کشیده شده بود. این نورها احتمالاً در اثر سقوط مواد موجود در دنباله ستاره دنباله‌دار به داخل زمین بوجود آمده‌اند. همچنین کدرشدن آسمان سرتاسر زمین تا دو هفته پس از این رویداد را می‌توان ناشی از انفجار و پخش مواد موجود در این دنباله‌دار در جو زمین دانست.

از نظر مقیاس پدیده تونگوس با بعضی از رویدادهای زمین‌شناسی شناخته شده نظیر انفجار و فرونشست کالداری آتشفشان کراکاتو (Krakato)، فوران آتشفشان سانتورین (Santorin) و به زیر آب رفتن آتلانتیس (Atlantis) و یا زلزله‌های شیلی- یا گوبی- آلتای (Gobi- Altai) قابل مقایسه است، و ناحیه‌ای که در آن درختان دچار سوختگی و خمیدگی شده‌اند بیش از ۲۰ هزار کیلومتر مربع (بیش از بیست برابر مساحت شهرهای مسکو یا لندن) می‌باشد. البته خوشبختانه این انفجار در محل دورافتاده و خالی از سکنه روی داده و نمی‌توان حتی تصور نمود اگر چنین واقعه‌ای در ناحیه پرجمعیتی روی می‌داد ابعاد فاجعه تا چه حدی بود.

اثر برخورد شهاب سنگ‌ها در پهنه ایران

اصولاً ایران به دلیل وسعت قابل ملاحظه‌ای که دارد و نیز داشتن مساحت‌های وسیعی از نواحی خشک و صحرایی می‌تواند به طور بالقوه دارای آثار حفظ شده برخورد شهاب‌سنگ‌ها با سطح زمین باشد. ولی تا جایی که نگارنده اطلاع دارد تا کنون در نوشتارهای زمین‌شناسی منتشر شده در باره ایران به جز یک مورد استثناً، اشاره‌ای به پدیده سقوط سنگ‌های آسمانی نشده است، از این‌رو به خاطر اهمیت موضوع مورد استثناً مذکور که در گزارش زمین‌شناسی کرمان آمده در زیر عیناً ترجمه و ارائه گردیده است.

- ساختارهای نهان انفجاری (Cryptoexplosion) قلعه حسن علی توسط. س گوزکویچ (S. Gojkovic)

یکی از اشکال برجسته و بارز در ناحیه مس‌دار کرمان وجود حداقل ۱۴ ساختار تقریباً دایره‌ای می‌باشد که در ناحیه‌ای به مساحت ۱۵۰ کیلومتر مربع در خاور و جنوب خاوری رائین و در نزدیکی دهکده قلعه حسن علی (نقشه ۱:۱۰۰،۰۰۰ خانه خاتون و ۱:۲۵۰،۰۰۰ بم) پراکنده شده‌اند (شکل شماره ۱).

بزرگ‌ترین این ساختارها با شکل تقریباً دایره‌ای حدود ۱۲۰۰ متر قطر و ۳۰۰ ^ ۲۲۰ متر عمق داشته (ساختار شماره ۹) و شکل آن در کل با فنجانه شهاب سنگی دره دیابلو (Canyon Diablo) و یا برنیگر (Barringer) در آریزونا شباهت دارد. سایر ساختارها اندازه کوچک‌تری دارند و قطر آن‌ها بین ۲۰۰ تا ۸۰۰ متر و عمق آن‌ها بین ۱۰ تا ۸۰ متر تغییر می‌کند، بیشتر این ساختارها تقریباً دایره‌ای شکل هستند ولی بعضی از آن‌ها (ساختارهای ۵ و ۱۱) بیضوی و یا شبیه عدد 8 (ساختار ۱۴) می‌باشند. همچنین نسبت قطر به عمق آن‌ها بین اعداد ۴/۲ تا ۲۰ با متوسط ۱۲ تغییر می‌کند.

ساختارهای مذکور حداقل در سه محیط زمین‌شناسی متفاوت قرار گرفته‌اند که عبارت‌اند از: دشت، آذرآواری‌های آندزیتی و توف‌های به صورت سست تحکیم یافته. عمده مواد موجود در ساختارها که هنگام انفجار آن‌ها بیرون ریخته‌اند، کاملاً شبیه همان موادی می‌باشند که به طور عادی در طول حاشیه‌ها و همچنین دیواره داخلی ساختارها وجود دارند و تا کنون مواد قطعاً شناخته شده خارجی در آن‌ها یافت نشده‌اند.

برای منشأ این ساختارها دو ساز و کار پیشنهاد شده است.

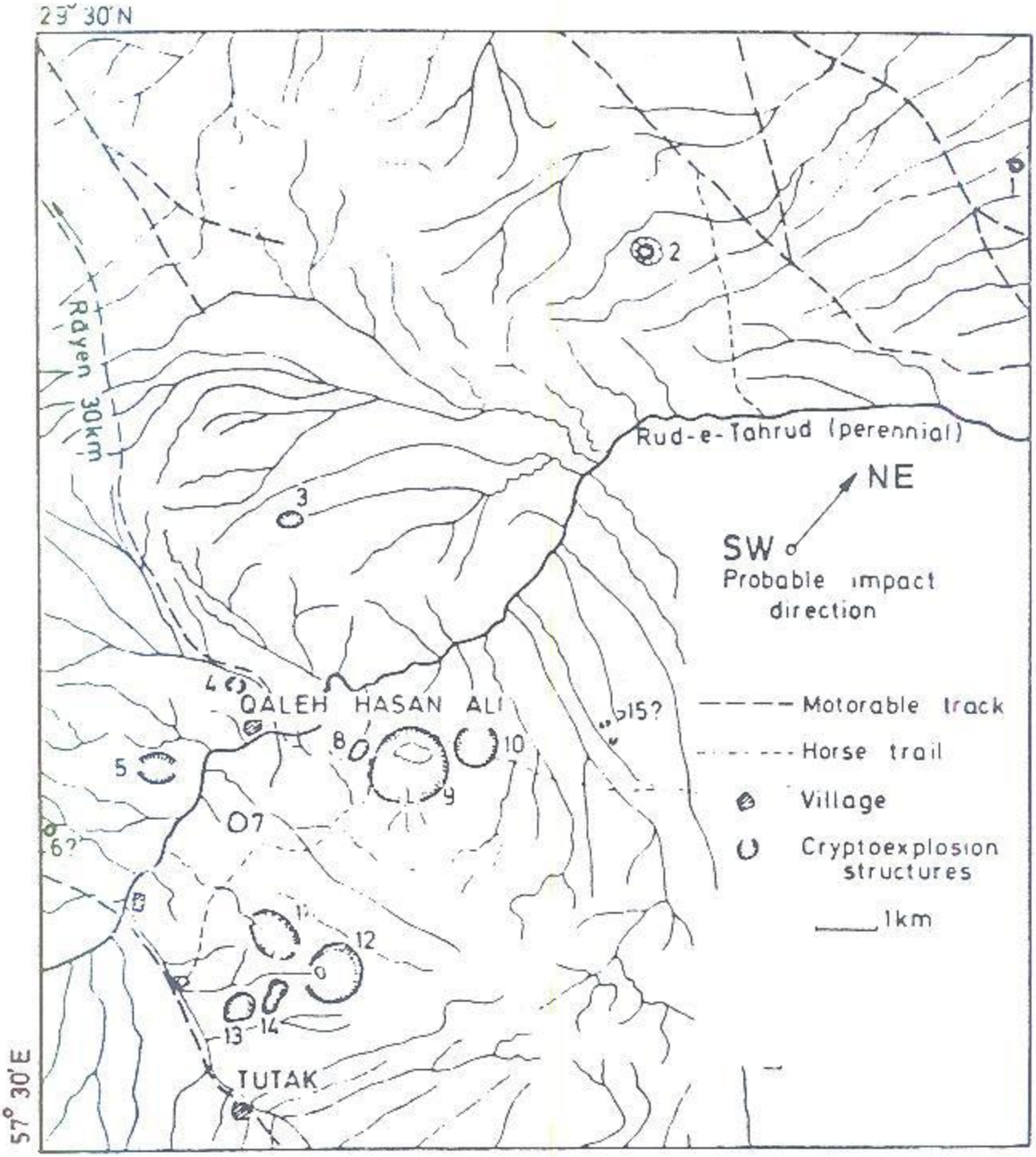
الف- برخورد شهاب سنگی

ب - انفجار گازی

س. ا. گوزکویچ (۱۹۷۲) محتمل‌ترین منشأ ایجاد این ساختارها را منشأ برخورد شهاب‌سنگی پیشنهاد کرده است که البته چند عامل این نحوه تشکیل را حمایت می‌کنند.

۱- فنجانه‌ها عموماً شکل دایره‌ای شبیه به فنجانه‌های ناشی از برخورد شهاب‌سنگ‌ها دارند.

۲- هیچ ماده خارجی (گدازه) که ممکن است منشأ آتش‌فشانی آن‌ها را تایید کنند تا کنون یافت نشده‌اند و صرفاً مواد آتش‌فشانی موجود همان سنگ‌های ائوسن هستند که به طور عادی در ناحیه وجود دارند.



شکل شماره ۱- نقشه موقعیت فنجانه‌های قلعه حسنعلی

(مأخذ: گزارش شماره Yu 52 سازمان زمین‌شناسی کشور)

۳- این ساختارها در سه محیط کاملاً متفاوت زمین‌شناسی قرار دارند و مشکل است هر عامل دیگری را به غیر از برخورد شهاب‌سنگی تصور نمود که بتوانند پدیده‌های این‌چنین مشابه را در سه محیط کاملاً متفاوت ایجاد کنند.

هیچ ماده‌ای که به طور قطع منشا شهاب‌سنگی آن تشخیص داده شده باشد تا کنون یافت نشده و نتیجه گرفته می‌شود که شهاب‌سنگ مزبور منشأ سنگی داشته است، زیرا قطعات شهاب‌سنگ‌های آهنی- نیکلی مشخص‌تر از آن هستند که توجه مردم محلی را به خود جلب نکنند. از طرف دیگر قطعات شهاب‌سنگ‌های سنگی را عملاً غیرممکن است که بتوان در زمینه‌ای از قطعات سنگ‌های آتش‌فشانی تیره به جز هنگام جستجوی بسیار دقیق و خسته کننده تشخیص داد. در نهایت ممکن است شهاب‌سنگ مزبور در اثر اغتشاشات ناشی از برخورد منفجر و بخار شده باشد و یا حتی امکان دارد که واقعه برخورد ناشی از یک ستاره دنباله‌دار بوده باشد. یک پیمایش مغناطیس سنجی که در سال ۱۹۷۰ بر روی فنجانه شماره ۲ انجام شد هیچ‌گونه مغناطیسی را آشکار نساخت و این تایید بیش‌تری برای منشأ سنگی شهاب‌سنگ موردنظر می‌باشد.

پیکر برخورد کننده به احتمال زیاد از جانب جنوب باختری به سمت زمین نزدیک شده و برآورد شده که شهاب‌سنگ اصلی بین ۴ ^ ۱۰×۸ تا ۶ ^ ۱۰×۱ تن وزن داشته و در اثر سقوط ناشی از گرانی در ارتفاع چند صد کیلومتری به چندین قطعه تقسیم شده است. همچنین بر مبنای پراکندگی فنجانه‌ها و شکل بعضی از ساختارها (ساختار ۲) قطعات برخورد کننده با زاویه ۶۰ تا ۸۰ درجه به زمین رسیده‌اند.

در ضمن براساس اندازه ساختارهای بوجود آمده انرژی تولید شده هنگام رویداد برخورد در حدود ٤ میلیون تن T.N.T یا تقریباً ۲۳ ^ ۱۰×۱۰۷ ارگ بوده که نیمی از این انرژی صرفاً موجب بوجود آمدن فنجانه شماره ۹ گردیده است.

شکل ساختاری بعضی از فنجانه‌ها منشأ برخوردی آن‌ها را بیش‌تر تایید می‌کند. مثلاً به نظر می‌رسد حاشیه‌های جانبی فنجانه شماره ۳ با لبه‌های برجسته و بالاآمده، شاخص فنجانه‌های برخوردی را به نمایش می‌گذارد. از طرف دیگر فنجانه شماره ١٤ به نظر می‌رسد که در اثر برخورد دو قطعه شهاب‌سنگ مجزای تقریباً به‌هم چسبیده مشابه با یکی از فنجانه‌های شهاب‌سنگی گروه فنجانه‌های هنبری (Henbury) در استرالیا ایجاد شده باشد.

از طرف دیگر امکان دارد که فنجانه‌ها در اثر برخورد شهاب‌سنگ‌ها بوجود نیامده باشند، بلکه توسط انفجارهای گازی شدیدی ایجاد گردیده باشند که این گاز از ماگما منشأ گرفته و یا از تبخیر آب‌های زیرزمینی اطراف که به نام فوران‌های آبزاد (Phreatic) معروف‌اند، حاصل شده باشد (۱). اگرچه چنین ساختارهایی که از آن‌ها تحت عنوان مآرهای خشک (Dry Maars) نام‌برده می‌شود معمولاً با مواد پرتابه‌ای آتش‌فشانی حداقل متفاوت با سنگ‌های اطراف، همراه‌اند ولی به نظر می‌رسد که مآرهای تهی از ماده (Zero- Material maars) بدون هیچ‌گونه مواد جامد فوران یافته حداقل به طور نظری، امکان بوجود آمدن را داشته باشند. نحوه تشکیل مآرها هنوز کاملاً شناخته نشده و منشأ مآری داشتن این‌گونه ساختارها بیش‌تر از منشأ برخوردی داشتن آن‌ها مورد توجه قرار گرفته است (تاکنون ۶۰ ساختار برخوردی در نقاط مختلف دنیا یافت گردیده‌اند).

ساختارهای برخوردی و نوع ماری بعضی اوقات به طور گیج کننده‌ای مشابه هستند و قبلاً اتفاق افتاده که فنجانه‌های برخوردی را از نوع مآری دانسته‌اند (فقط برای ذکر، مورد فنجانه دره دیابلو) و برعکس. تا آن‌جا که به ساختارهای قلعه حسن علی مربوط می‌شود تنها بیان قطعی که می‌توان در حال حاضر عنوان نمود، این می‌باشد که قبل از دست‌یابی به هرگونه نتیجه‌گیری مستند این ساختارها نیز به بررسی‌های دقیق‌تری دارند.

در هر حال واقعه‌ای که سبب ایجاد این ساختارها شده بسیار جدید بوده و این نتیجه گیری به خاطر حفظ و بقای بسیار خوب و عالی آن‌ها می‌باشد. سن این ساختارها را می‌توان چند هزار سال و یا حتی کم‌تر و در طول دوره‌های تاریخی دانست.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از آنجایی که با پیشرفت روزافزون بررسی‌های نجومی و بخصوص مسایل مربوط به سیاره‌های منظومه شمسی مشخص شده است که کلیه سیاره‌ها و از جمله زمین در طی عمر این منظومه بارها مورد اصابت پیکرهای آسمانی قرار گرفته‌اند، لذا همان‌گونه که در متن این نوشتار آمده نظریه سانحه‌ای را می‌توان علت احتمالی بسیاری از پدیده‌های شاخص زمین‌شناسی نظیر انقراض جانوران و گیاهان، فازهای کوه‌زایی و خشکی‌زایی، پیشروی و پسروی وسیع آب دریا، ماگماتیزم، تشکیل و جای‌گیری مواد معدنی و غیره دانست. به همین دلیل علاوه بر دیدگاه‌های که تا کنون در مورد علت و منشأ پدیده‌های مزبور وجود داشته می‌توان نحوه تشکیل و ایجاد آن‌ها را پدیده‌های آسمانی انگاشت و از این دیدگاه، چگونگی تکوین زمین‌شناسی کره زمین را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

همان‌گونه که قبلاً عنوان شد به علت وسعت کشور ایران و وجود آب و هوای خشک که موجب رخنمون هرچه بیشتر و طولانی‌تر ساختارهای بالقوه ناشی از برخورد شهاب‌سنگ‌ها می‌شود، می‌توان ترتیباتی را اتخاذ نمود تا زمین‌شناسانی که در حال حاضر مشغول تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی هستند، با ویژگی‌های ساختارهای برخوردی آشنایی پیدا کنند و در صورت مواجه شدن با آن‌ها بتوانند علت وجودی آن‌ها را توجیه نمایند. لازم به ذکر است که چون در حال حاضر تهیه نقشه‌هایی ۱:۱۰۰،۰۰۰ تقریباً در مراحل ابتدایی خود

(۱) سبزه‌یی و همکاران ۱۳۶۳- مطالعات زمین‌شناختی و سنگ شناختی فعالیت‌های ماگمایی (قلیایی- کربناتی) اواخر دوران چهارم و خاستگاه کراترهای منطقه قلعه حسنعلی راین، کرمان. مدیریت زمین‌شناسی منطقه جنوب خاوری (کرمان)، ۱۴۳ رویه.

می‌باشد، لذا آموزش و آگاهی دادن زمین‌شناسانی که دست اندرکار تهیه این نقشه‌ها هستند از اولویت خاصی برخوردار خواهد بود. در این راستا همچنین علاوه بر سازمان زمین‌شناسی، دانشگاه‌ها نیز می‌توانند نقش عمده‌ای را ایفا کنند و با هدایت دانشجویان دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا جهت انجام امور پایان‌نامه بر روی ویژگی‌های زمین‌شناسی (چینه شناسی، سنگ‌شناسی و بخصوص تکتونیک) این ساختارها، در جهت روشن شدن منشأ و نحوه تشکیل آن‌ها راه‌گشا باشند.

همچنین پیشنهاد می‌شود که در سازمان زمین‌شناسی کشور و با کمک گرفتن از سایر سازمان‌های ذیربط نظیر سازمان نقشه‌برداری، سازمان جغرافیایی ارتش، مؤسسه ژئوفیزیک و دانشکده‌های علوم زمین مرکزی برای ثبت کلیه پدیده‌های آسمانی بوجود آید و در این مرکز اطلاعاتی نظیر موقعیت دقیق جغرافیایی ساختارهای بالقوه، ویژگی‌های ساختاری آن‌ها از نظر ابعادی، شرایط زمین‌شناسی محل تشکیل و غیره گردآوری شود. همچنین کلیه اخباری که در رسانه‌های گروهی هر از چند گاهی در مورد سقوط پیکرهای آسمانی از نظر زمانی و مکانی ارائه می‌کردد جمع‌آوری و ثبت گردد.

سپاس گزاری

در خاتمه این نوشتار نگارنده از کمک‌های بیدریغ جناب آقای مهندس فرزان رفیعا مدیر عامل محترم شرکت کاوشگران و سایر اعضاً هیئت مدیره که امکان تحقیق در مورد موضوع برخورد شهاب‌سنگ‌ها را فراهم نمودند، قدردانی می‌کند و همچنین از جناب آقای دکتر احمد کیاست پور استاد محترم دانشگاه اصفهان که نگارنده بسیاری از مطالب مطرح شده در نوشتار را هنگام شرکت در کلاس درس ایشان فراگرفته است، تشکر می‌گردد.

کتابنگاری

کیاست پور- احمد ۱۳۶۳، جزوات درس زمین‌شناسی فیزیکی، انتشارات دانشگاه اصفهان.

References

Bray. J. G., et.al., 1966. "Shatter Cones at sudbury", J. Geol. 74: 243-45.

Chapman. C. R., Mrc. 1984, "What is comet cratering", Sky & Telescope mag., No. 47., pp- 153-158.

Crossman.L., Feb.1985., "The most primitive objects in the solar system", scientif American Mag., No.2. 30- 38.

Dimitrijevic. M. D., 1973, "Geology of Kerman region", Geological survey of IRAN. Pub., Yu 52, pp. 334.

Freeberg. J. H., 1979. "Terrestrial impact structures" U. S., Geol. Surv., Bull. 1320, pp. 39.

French. B., 1986., "Impact craters of American continent" , Nature mag., No. 145.pp 37- 44.

Gault. D. M., 1979, "Meteorite craters from the space", Sky & Telescope mag., No. 89. pp. 115- 127.

Hager. D., 1983. "Crater mound of Arizona", Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 97: 821- 57.

Hartman W. K., Jan. 1987, "Cratering in the solar system" scientivic American mag. No. 1., pp. 84- 89.

Menzel. D. H., Pasachof J. M., "A field guide to the stars & planets", 1983, Houghton Mifflin pub. Co., pp. 437.

Parker. S. P., 1983, "Mcgraw- Hill Encyclopedia of Astronomy", Mc graw- Hill Pub. Co, pp. 450.

Short. N., 1970, "Anatomy of a meteorite impact crater", Geol Soc. Amer. Bull., 81: 609- 48.

* Haraz Rah and Kavoshgaran Consulting Engineers.

* گروه مهندسین مشاور هراز راه و مهندسین مشاور کاوشگران