« سنگ تویسرکان » به راستی چیست؟

نوشته: دکتر جمشید حسن زاده*

What is the ''Tooyserkan stone'',indeed?

By:Dr. Jamshid Hassanzadeh*

Abstract

On June 27th, 1985, near midnight, people in Tooyserkan and the nearby villages witnessed the fall of a 5.7kg stone from the sky and its landing in Esmaeel Abad. After preliminary studies, the stone was named "Tooyserkan meteorite" or " Tooyserkanite", despite its 93% Silica content and lack of any characteristic minerals of meteorites and lunar felsic samples. However, an independent investigation on the saturated activities of cosmogenic radionuclides in this stone does not show the presence of this stone in the extra terrestrial space. Therefore, the Tooyserkan stone cannot be considered as a meteorite.

Based on texture, mineralogy and chemical composition, this stone is a quartz arenite that bears evidence of shock and partial melting. Its Sr isotopic ratio and rare earth element distribution pattern are also similar to those of terrestrial clastic sediments.

It seems that the Tooyserkan stone is a fulgurite and its fall from the sky was probably due to the strike of a powerful lightning or a missile on the mountain ridges surrounding the town of Tooysekan.

* Institute of Geophysics, Tehran University

* مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

چکیده

شب هنگام ششم تیرماه ۱۳۶۴ برپایهٔ مشاهدهٔ اهالی تویسرکان و روستاهای اطراف، سنگی به وزن ۵/۷ کیلوگرم از آسمان در اسماعیل‌آباد به زمین افتاد. این سنگ پس از مطالعات اولیه « سنگ آسمانی تویسرکان» یا « تویسرکانیت » نام گرفت، درحالی که سیلیس کل آن ۹۳ درصد است و هیچکدام از کانی‌های شاخص شهاب سنگها و نمونه‌های فلسیک ماه را ندارد. از طرف دیگر، تحقیق جدید دربارهٔ میزان فعالیت رادیوایزوتوپهای کیهانزاد دراین سنگ نشان نمی‌دهد که اصلاً در فضای خارج از زمین قرار داشته است. بنابراین سنگ تویسرکان را نمی‌توان شهاب سنگ به‌حساب آورد.

به‌لحاظ بافت، ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی، سنگ مذکور یک ماسه‌سنگ بسیار سیلیسی است که در آن آثارضربه و ذوب بخشی دیده می‌شود. این سنگ از لحاظ نسبت ایزوتوپی استرونسیوم و الگوی توزیع عناصر خاکی نادر نیز همانند سنگهای رسوبی آواری کرۀزمین است.

به‌نظر می‌رسد که سنگ تویسرکان یک سنگ آذرخش باشد و سقوط آن از آسمان شاید با برخورد آذرخش و یا موشک جنگی به کوههای اطراف تویسرکان مربوط بوده است.

۱- مقدمه

در کاتالوگ شهاب سنگها و سایر منابع مربوطه تنها دو شهاب سنگ از ایران معرفی شده است: مزوسیدریت ورامین و کندریت نراق. نگارنده هرگاه این مطلب را در کلاس درس یا جایی دیگر بیان کرده، بااین پرسش روبرو شده است که پس از «تویسرکانیت» چه؟ پاسخ به این پرسش، انگیزهٔ نگارنده برای ارائه تحقیقاتی است که درمورد این سنگ انجام داده است.

به گزارش امامی (۱۳۶۴)، سقوط جسمی نورانی از آسمان در ساعت ۲۳:۳۰ ششم تیر ۱۳۶۴ توسط اهالی منطقه تویسرکان مشاهده شده است. طبق این گزارش، جسم نورانی با صدایی مانند غرش توپ پائین می‌آمد و سرانجام در اسماعیل‌آباد به زمین برخورد کرده است. از آن نقطه سنگی به دست آمد به وزن ۵/۷ کیلوگرم به رنگ خاکستری روشن متمایل به‌سبز با رگه‌های تیره و پوششی نازک از لعابی شفاف و روشن. امامی (۱۳۶۵) این نمونه را مطالعه کرد و چون شباهت کانی‌شناختی و شیمیایی بین آن با انواع شهاب سنگهای شناخته شده نیافت، آن را به علت سیلیس بسیار زیادش با تکتیتها قابل قیاس دانسته و از اینرو، طبق روال نامگذاری تکتیتها که پسوند «ایت» به نام محل رخدادشان اضافه می‌شود، سنگ را تویسرکانیت نام داد. ولی در پایان، منشاء احتمالی «تویسرکانیت» را از ریولیتی مشابه ریولیت باقیمانده ماه دانست. برآن اساس، باید چنین تصور کنیم که بخشی از یک توده سنگ فلسیک ماه براثر برخورد اجرام میان سیاره‌ای از جای کنده شده، به‌فضا پرتاب شده و سرانجام به‌زمین رسیده باشد. اما به‌دلایلی که دراین مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد، سنگ تویسرکان نه شبیه سنگهای فلسیک ماه است و نه اصلاً در فضای میان سیاره‌ای بوده است. سپس نشان داده می‌شود که این سنگ تکتیت هم نیست.

فقدان نشانه‌های حضور در فضای میان سیاره‌ای

در هرسنگی که در معرض مستقیم پرتوهای کیهانی باشد (مانند جرم‌های مادر شهاب سنگها، دنباله‌دارها و نیز سنگهای سطح ماه یا هر جرم فضایی فاقد جو ضخیم و محافظ)، براثر بمباران و انجام واکنش‌های هسته‌ای، رادیوایزوتوپهای گوناگونی تا حد اشباع به‌وجود می‌آید که نیمه عمر آنها در مقایسه با سن بسیاری از سنگهای زمینی کوتاه است و چون مقدار رادیوایزوتوپهای مذکور در سنگهای زمینی بسیار کمتر است، بنابراین سنگهای برون زمینی تازه سقوط یافته را می‌توان از راه تعیین مقادیر نزدیک به اشباع این گونه ایزوتوپهای کوتاه عمر تشخیص داد (فائور، ۱۹۸۶).

پس از آن که نگارنده از جستجوی دامنه‌دار خود برای یافتن کانی‌های شاخص شهاب سنگها و سنگهای ماه در سنگ تویسرکان به‌جایی نرسید، برآن شد تا برای حصول اطمینان از این که سنگ تویسرکان اصلاً در فضای بیرون از جو زمین بوده است، آن را از لحاظ هستی یا نیستی رادیوایزوتوپهای کیهان‌زاد مورد بررسی قراردهد. بنابراین، چند قطعه مختلف از آن را برای تعیین مقدار فعالیت رادیوایزوتوپهای مذکور به آزمایشگاه پاسیفیک نورثوست (ایالت واشینگتن) ارسال کرد. شرح زیر، برگزارش آزمایشگاه مذکور مبتنی است (خوانندگان در صورت تمایل می‌توانند گزارش آزمایشگاه را از نگارنده دریافت کنند).

فعالیت ایزوتوپ ^{26}Al (بانیمه عمر $7/16 \times 10^5$ سال) درسنگ تویسرکان درحد غیرقابل ملاحظه و برابر $1/8 \pm 2/5$ dpm/kg است. برای مقایسه، میانگین فعالیت اشباعی ^{26}Al درکندریتهای H و L به ترتیب 8 ± 55 و 9 ± 59 تجزیه در دقیقه گزارش شده‌است. شایان ذکراست دامنه فعالیت ^{26}Al در شهاب سنگهای یافت شده در جنوبگان که مدت اقامت آنها در زمین تا یک میلیون سال می‌رسد حداقل $11 \pm$ dpm/kg به دست آمده است. بنابراین، ^{26}Al در هیچ سنگ برون زمینی تازه سقوط یافته نمی‌تواند درحد ناچیزی باشد که سنگ تویسرکان نشان می‌دهد. در ضمن، فعالیت ^{22}Na و ^{60}CO نیز درحد زمینه بوده است. برپایه این نتایج، سنگ تویسرکان را نمی‌توان به‌عنوان سنگی برون زمینی که سقوط آن مشاهده شده است، در نظر گرفت.

در مقابل، فعالیت رادیوایزوتوپهای ^{208}Th و ^{214}Bi که به ترتیب مربوط به زنجیره واپاشی ^{232}Th و ^{238}U هستند و همچنین فعالیت ^{40}K در سنگ تویسرکان بالا و مشابه سنگهای بسیار تفریق یافته زمینی است.

البته باید اذعان شود که هنوز دو حالت قابل فرض است که شهاب‌سنگی تازه سقوط یافته، فاقد رادیوایزوتوپهای کیهان‌زاد باشد. چگونه؟ نخست، اگر سنگ بزرگی با شعاع حداقل چند متر از ماه پرتاب و وارد جو زمین شده و سپس متلاشی شود، قطعه سنگهایی که مربوط به مرکز جرم بزرگ باشند فاقد ایزوتوپهای حاصل از واکنش با پرتوهای کیهانی خواهند بود چون عمق نفوذ پرتوهای کیهانی در سنگ از حدود یک متر بیشتر نیست (فائور، ۱۹۸۶). ولی این احتمال نه تنها بسیار ضعیف است، بلکه در مورد سنگ تویسرکان، به لحاظ ترکیب شیمیایی بسیار تفریق یافته آن، مشکل بزرگتری را ایجاد می‌کند. به این معنی که آنگاه باید

وجود توده بزرگی از سنگهای فلسیک را در ماه انتظار داشت. همانگونه که دربخش آینده بحث می‌شود، سنگهای فلسیک در ماه نادر و فقط به صورت قطعه سنگهای ریزی در اندازه‌های میلیمتری است.

فرض دوم، پرتاب مستقیم و سریع سنگ از ماه به زمین است؛ به طوری که سنگ پرتاب شده چندان در معرض پرتوهای کیهانی نباشد که رادیوایزوتوپهای کیهانزاد در آن به مقدار زیاد تشکیل شود. چنان پرتابی از ماه مستلزم برخورد سیارک و یا دنباله‌دار عظیمی برسطح ماه است که بتواند انرژی چیرگی برسرعت گریز از میدان جاذبه ماه را که ۲/۳۵ Km/s است (هندرسون، ۱۹۸۲) فراهم کند. اگراین حادثه در سال ۱۳۶۴ در ماه اتفاق افتاده بود بعید می‌نمود که مشاهده نشود همانگونه که برخورد دنباله‌دار شومیکر- لوی ۹ در تابستان ۱۹۹۴ با مشتری (لوی و همکاران، ۱۹۹۵)، درآن فاصله بسیار دور، از چشم اخترشناسان پنهان نماند. و چنانچه اتفاق فرضی مذکور، در گذشته رخ داده بود، سنگ پرتاب شدهٔ سرگردان در فضا باید از لحاظ ایجاد رادیوایزوتوپهای کیهانزاد به حد اشباع می‌رسید.

مقایسه با سنگهای فلسیک ماه

به گمان امامی (۱۳۶۵) سنگ تویسرکان ... می تواند از یک ترکیب ریولیتی (مشابه باقیمانده ریولیتی ماه) مشتق شده باشد. این احتمال، به دلایل گوناگونی که دراین قسمت مورد بحث قرار می‌گیرد، قابل پذیرش نیست.

نخست آن که ترکیبهای ریولیتی در ماه بسیار نادر است(ویلهلمز، ۱۹۸۷). تفریق ژئوشیمیایی اگر چه در ماه قابل توجه است ولی به‌هیچ وجه با زمین قابل مقایسه نیست. در میان نمونه‌های ماه که طی ماموریتهای اپولو به زمین آورده شده، تاکنون تنها چند خرده سنگ بسیار کوچک گرانیتی (یا به‌طور کلی فلسیتی) که اندازه آنها فقط چند میلیمتر است یافت شده است(وارن و همکاران، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۷ ویلهلمز، ۱۹۸۷). در نتیجه، ماه‌شناسان اکنون براین باور هستند که برخلاف انتظار اولیه که چون گرانیت در پوسته قاره‌ای زمین بسیار فراوان است پس در ماه هم باید بسیار باشد، هیچ لایه گرانیتی یا معادل آن در سطح ماه وجود ندارد (هس،

جدول ۱ ـ مقایسهٔ ترکیب شیمیایی سنگ تویسرکان با نمونه‌های گرانیتی ماه و میانگین ۲۰۰ نمونه ریولیت از غرب ایالات متحده (اکسیدها بر حسب درصد وزنی). منابع داده‌ها : ([1]) امامی (۱۳۶۵)، ([2]) وارن و همکاران (۱۹۸۷)، ([3]) و همکاران (۱۹۸۳)، ([4]) هس (۱۹۸۹). جمل کل برای سنگ تویسرکان بدون احتساب L.O.I. است که مقدار آن طبق اظهار امامی (۱۳۶۵)) در بخش تیرهٔ سنگ حدود ۱۰٪ است. ولی نمونه‌های گرانیتی ماه مانند سایر سنگهای ماه بسیار خشک و فاقد L.O.I. است.

	Lunar granitic samples					
	Tooyserkanite([1])	12033,507([2])	12013 light([3])	14321,1027([3])	15405,12([3])	rhyolite([4])
SiO_2	۹۳	۷۳	۷۳	۷۴/۲	۶۸/۰۸	۷۴/۸
Al_2O_3	۳/۱۷	۱۲/۱	۱۱/۹	۱۲/۵	۱۰/۱۵	۱۳/۷
FeO	۲(Fe_2O_3)	۳/۲	۰/۹	۲/۳۲	۶/۹۹	۱/۵
MgO	۰/۰۲	۰/۳۰	۰/۷	۰/۰۷	۱/۵۳	۰/۳
CaO	۰/۳۵	۱/۶	۱/۴	۱/۲۵	۴/۸۹	۱/۱
P_2O_5	۰/۲۳	–	–	–	–	–
Na_2O	۰/۲۵	۱/۹	۱/۴	۰/۵۲	۰/۷۹	۳/۶
K_2O	۰/۹۲	۵/۶	۶/۸	۸/۶	۳/۳۹	۴/۷
TiO_2	۰/۲۳	۰/۷	۰/۶	۰/۳۳	۰/۹۰	۰/۲
MnO	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۲	–	–
BaO	–	۱/۰	۰/۶۴	۰/۲۴	–	–
Total	۱۰۰/۱۹	۹۹/۴۵	۹۷/۴۶	۱۰۰/۰۵	۹۶/۷۲	۹۹/۹

۱۹۸۹) و خرده‌سنگهای فلسیک نادر آن نیز به‌احتمال حاصل تبلور مایعات ناآمیختنی گرانیتی هستند که خود در مراحل پایانی تبلور جزء به جزء ماگماهای بازالتی در فشار کم جدا شده‌اند. بنابراین از این دیدگاه، توجیه رابطه سنگ تویسرکان به وزن ۵/۷ کیلوگرم با ماه، حتی اگر شباهتهای سنگ شناختی و ژئوشیمیایی به سنگهای فلسیک ماه می‌داشت، بسیار دشوار بود.

دلیل دوم، عدم شباهت کانی‌شناختی سنگ تویسرکان به خرده‌سنگهای فلسیک ماه است. فازهای فلزی (Fe-Ni) و سولفید درسنگهای ماه یافت می‌شود. رایدر(۱۹۷۶) و وارن و همکاران (۱۹۸۷) از خرده سنگهای گرانیتی ماه تروئیلیت (FeS) و آهن فلزی گزارش کرده‌اند. درحالی که بررسی مقاطع نازک متعدد از سنگ تویسرکان با میکروپروب الکترونی توسط نگارنده، در یافتن فازهای احیایی مذکور بی‌نتیجه بوده است. کانی‌های کدر که در رگه‌های تیره‌سنگ تویسرکان فراوان است، همگی منیتیت، روتیل و ایلمنیت است و هیچ کانی سولفید و فاز فلزی حضور ندارد. سنگ تویسرکان به طور عمده از دانه‌های آواری کوارتز، چرت و اندکی فلدسپار تشکیل شده است و سیمانی سیلیسی دارد.

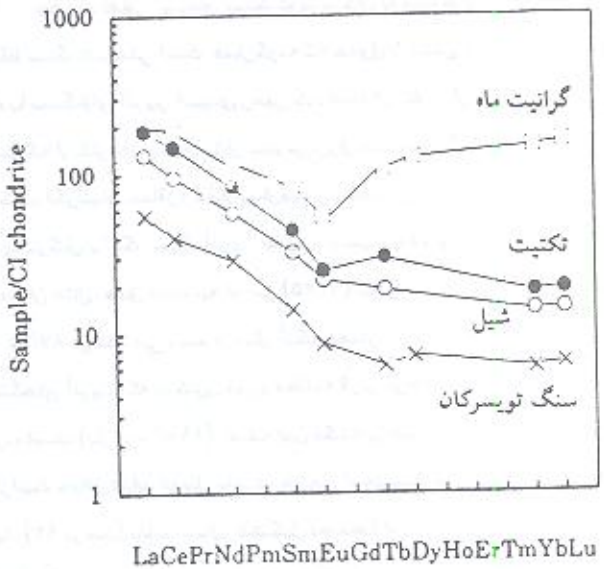
دلیل سوم، تفاوت سنگ نگاشتی است. سنگ تویسرکان بافت آذرین ندارد، یعنی از ماده مذاب متبلور نشده است، بلکه بافت آن آواری است. در حالی که خرده سنگهای فلسیک ماه طبق توصیف وارن و همکاران (۱۹۸۳ و ۱۹۸۷) و رایدر (۱۹۷۵) حتی در مواردی که جزیی از برش هستند، بافتهای آذرینی مانند میکروگرافیک نشان می‌دهند.

چهارم، تفاوت بنیادی سنگ تویسرکان با سنگهای فلسیک ماه از لحاظ سنگ شناختی است. همان‌گونه که جدول ۱ نشان می‌دهد، سنگهای ماه با سنگهای آذرین اسیدی زمین شباهتهای کلی دارند و این نکته‌ای است که از کارهای پترولوژی تجربی روی سیستم گرانیت و براساس ترکیب «گرانیت حداقل» قابل پیش‌بینی است. درحالی که ترکیب سنگ تویسرکان با یک سنگ آذرین اسیدی بسیار متفاوت است (جدول ۱). به‌عنوان مثال، طبق محاسبه امامی (۱۳۶۵) کوارتز نورماتیو در این سنگ به ۸۷/۷۵ درصد می رسد و حال آنکه مقدار کوارتز نورماتیو ترکیب سنگهای آذرینی که تا کنون مورد مطالعه قرار گرفته‌اند از ۶۰ درصد کمتر بوده است (بارکر، ۱۹۸۳). البته این نکته‌ای است که براساس ترکیب «گرانیت حداقل» باید انتظار داشت. طبیعی است هنگامی که سیلیس آنقدر زیاد (۹۳ درصد) باشد، سایر تشکیل دهنده‌ها اندک خواهند بود. مقدارهای بسیار کم CaO ، K_2O، Na_2O، Al_2O_3 با حضور ناچیز فلدسپار مودال در سنگ هماهنگ است و با ترکیب سیستم گرانیت خوانا نیست.

پنجم، تفاوتهای ژئوشیمیایی از جمله نحوه توزیع عناصر خاکی نادر (REE) است. درشکل ۱ سنگ تویسرکان با سنگهای فلسیک ماه مقایسه شده است. همانگونه که مشخص است، بی هنجاری منفی یوروپیوم (Eu) که‌از ویژگی‌های سنگهای فلسیک ماه‌است، در سنگ تویسرکان دیده نمی‌شود. علاوه برآن، مقدار این عناصر در سنگ تویسرکان به طور چشمگیر کمتراست و این فقر با ماهیت کوارتزیتی آن سازگار است. درمقابل، سنگ تویسرکان از لحاظ الگوی توزیع REE

جدول ۲ ـ مقایسهٔ سنگ تویسرکان با نمونه‌های فلسیک ماه. نسبتهای ایزوتوپی برای سنگ تویسرکان توسط نگارنده در دانشگاه کالیفرنیا (لوس‌آنجلس) تعیین شده است. داده‌های مزبور برای نمونهٔ گرانیتی شمارهٔ ۱۰۶۲ و ۱۴۳۲۱ ماه (از نمونه‌های آپولو ۱۴) از شی و همکاران (۱۹۸۵) اخذ شده است.

	بافت میکروسکپی	میانگین ترکیب (جدول ۱)	مواد فرّار L.O.I.	اندازه (وزن)	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (امروزی)	$^{87}Rb/^{86}Sr$ (امروزی)
نمونه‌های فلسیک ماه	آذرین مانند بافت گرافیک	مانند بسیاری از گرانیتهای زمینی	بسیار ناچیز (خشک)	قطعه‌های بسیار ریز نادر به قطر چند میلیمتر در برشهای ماه و یا در خاک آن	۱/۱۴۲۱۳±۴	۷/۵۴±۵
سنگ تویسرکان	دانه‌ای (ماسه‌سنگی)	کوارتزیت	زیاد(حدود ۱۰ درصد)	۵/۷ کیلوگرم	کل‌سنگ ۱۳±۰/۷۱۱۶۲۵ بخش‌تیره ۱۱±۰/۷۱۱۱۳۵	۱/۲۵۷±۱ ۰/۷۸۲±۱



شکل ۱ ـ مقایسه الگوی عناصر خاکی نادر در سنگ تویسرکان (ضربدر) با نمونه‌های فلسیک ماه (مربع: داده‌ها وارن و همکاران، ۱۹۸۷). تکتیت‌های جنوب شرق آسیا (دایرهٔ پر، داده‌ها از واسون، ۱۹۹۱) و شیل استاندارد USGS-SCO ـ ۱ (دایرهٔ خالی؛ داده‌ها از واسون، ۱۹۹۱). داده‌های مربوط به سنگ تویسرکان توسط نگارنده به روش فعال سازی نوترونی در دانشگاه کالیفرنیا (لوس آنجلس) به دست آمده است. همان گونه که دیده می‌شود، نمونه‌های فلسیک ماه الگوی خیلی متفاوتی نسبت به بقیه نشان می‌دهد و در ضمن بی‌هنجاری منفی Eu بسیار بارزی دارد. تکتیت‌ها هم از لحاظ الگو و هم از لحاظ مقادیر REE بسیار شبیه شیل‌ها (میانگین پوستهٔ قاره‌ای در سطح) هستند. الگوی توزیع REE در سنگ تویسرکان خیلی شبیه به الگوی مربوط به شیل‌هاست ولی مقادیر این عناصر در سنگ تویسرکان در مقایسه حتی کمتر است.

شباهت زیادی به شیل‌ها دارد ولی از جهت مقدار این عناصر، از شیل‌ها هم فقیرتر است.

یک تفاوت ژئوشیمیایی بسیار مهم، در نسبت ایزوتوپی استرونسیوم است. همان‌گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، در نمونه گرانیتی ۱۰۶۲، ۱۴۳۲۱ ماه نسبت Sr^{86}/Sr^{87} امروزی حدود ۱/۱۴۲ است که براس سنگهای آذرین زمینی بسیار غیرعادی است. باتوجه به‌سن آنها (۴/۱ میلیارد سال)، نسبت ایزوتوپی اولیه معادل ۰/۷۰۲ بدست می‌آید (شی و همکاران،۱۹۸۵). در سایر نمونه‌های ماه، نسبت ایزوتوپی اولیه از آن هم بالاتر است و به ۰/۷۰۸۵ می‌رسد. این نسبت‌های بسیار بالا نتیجهٔ افزایش غیرعادی Rb/Sr درطی فرایند تشکیل گرانیت‌های ماه بوده است که طی زمان طولانی (حدود ۴ میلیار سال) منجربه ایجاد چنین نسبت‌های غیرعادی Sr^{86}/Sr^{87} شده است.

جراسنگ تویسرکان تکتیت نیست؟

از آنجا که امامی (۱۳۶۵) اظهار داشته است « . . . از نقطه نظر بالا بودن مقدارسیلیس . . . ، سنگ تویسرکان« . . . قابل مقایسه باانواع شهاب سنگهای شیشه‌ای یا تکتیت‌ها است » ، و نیز آن را به شیوه تکتیت‌ها نامگذاری کرده است، لازم است ابتدا توضیح کوتاهی درباره منشاء تکتیت‌ها آورده شود.

تکتیت‌ها قطعه سنگهای شیشه‌ای غیرآتش‌فشانی با ترکیب‌هایی مانند شیل و یا لس هستند که در میدان‌های بزرگی پخش شده‌اند. از آنجا که ترکیب شیمیایی تکتیت‌ها(تیلور و مکلنان، ۱۹۷۹) و ترکیب ایزوتوپی آنها (شاو و واسربرگ، ۱۹۸۲) مانند سنگهای شاخص پوسته قاره‌ای است، و همچنین باتوجه به این که تکتیت‌ها برخلاف شهاب سنگها و سنگهای ماه شواهد ایزوتوپی در معرض پرتوکیهانی بودن (حضور در بیرون از جو زمین) را نشان نمی‌دهند، منشاء برون زمینی آنها که مدتی توسط برخی دانشمندان از جمله او کیف (۱۹۷۶) مطرح بود، دیگر مورد قبول نیست. امروزه عموم خبرگان این رشته، تشکیل تکتیت‌ها را با نوب شدگی ناشی از برخورد کاتاستروفیک سیارکها و دنباله‌دارها با سطح زمین مربوط می‌دانند (برای مثال ، واسون، ۱۹۹۱). یکی از مثال‌های مشخص ارتباط بین میدان‌های تکتیت و چاله‌های برخوردی بزرگ، مولداویت‌ها(تکتیت‌های چکسلواکی) و چالهٔ برخوردی رایس در آلمان است که بین ۲۶۰ تا ۴۰۰ کیلومتر از هم فاصله دارند (نیوسم و همکاران، ۱۹۹۰). مثال دیگر، همانندی ژئوشیمیایی تکتیت‌های ساحل عاج و سنگهای ساختار برخوردی بوسومتوی در کشور غناست که کوبرل و همکاران (۱۹۹۸) داده‌های محکمی دربارهٔ این ارتباط ارائه کرده‌اند. درهردو مثال، سن تکتیت‌ها با سن ایجاد چاله‌های برخوردی یکسان است.

خلاصه آن که، برپایه دانش امروز، تکتیت‌ها شهاب سنگ نیستند. ولی از طرف دیگر، سنگ تویسرکان تکتیت هم نیست! پاره‌ای از تفاوت‌های سنگ تویسرکان با تکتیت‌ها در جدول ۲ خلاصه شده است.

سنگ تویسرکان چیست؟

اگر سنگ تویسرکان برون زمینی نیست پس چیست و سقوط آن از آسمان را چگونه می‌توان توضیح داد؟ دراین مرحله از مطالعات، به‌نظر می‌رسد که سنگ آذرخش (fulgurite) مناسبترین پاسخ باشد.

سنگ آذرخش از برخورد آذرخش (صاعقه) به زمین پدید می آید. انرژی آزاد شده از هر درخش به‌طور میانگین به‌حدود 10^9 ژول و دمای هوا به‌طور لحظه‌ای به ۱۰۰۰۰ کلوین و حتی بیشتر می‌رسد. بالاترین شدت جریان از ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ آمپر اندازه‌گیری شده است (اسن و فیشر، ۱۹۸۶). جای شگفتی نیست که دراین شرایط، رسوبها و سنگها

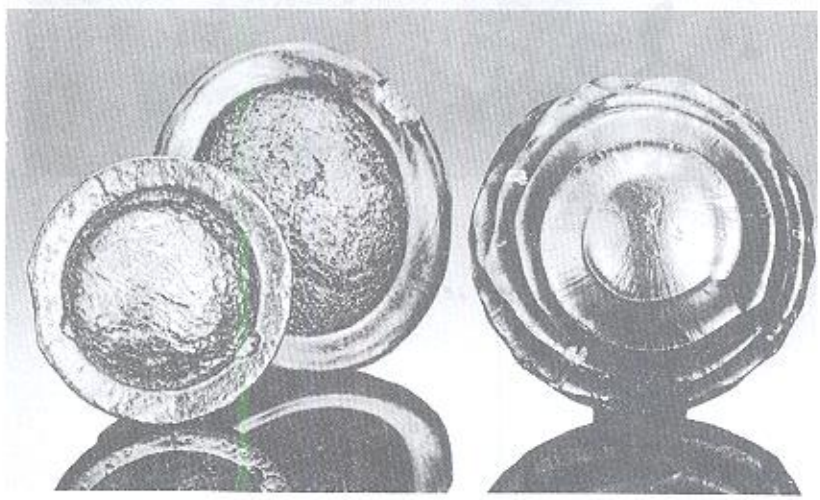
جدول ۳ـ مقایسهٔ سنگ تویسرکان با تکتیتها

	بافت میکروسکپی	میانگین ترکیب	مواد فرار L.O.I.	رخداد	ویژگی ریخت شناسی
تکتیت‌ها	سراسر شیشه‌ای و معمولاً بدون دانه‌های ذوب نشده (مگر آنهاکه در محل چاله‌های برخوردی یا درنزدیکی آنها یافت می‌شوند)	شیل و لس (میانگین ترکیب رویهٔ پوستهٔ قاره‌ای)	بسیار اندک (ppm~)	تعدادی بیشمار قطعه سنگهای پخش شده در ناحیه‌ای بسیار وسیع	قطعه‌های کوچک با شکلهای آئرودینامیک یاقطعه‌ای معمولاً بزرگ لایه‌دار حاصل از انجماد استخرهای سنگهای ذوب شده
سنگ تویسرکان	دانه‌ای (ماسه‌سنگی)	کوارتزیت	زیاد(۱۰٪ ~)	تنها یک قطعه سنگ	قطعه سنگی نامنظم پوشش شیشه‌ای

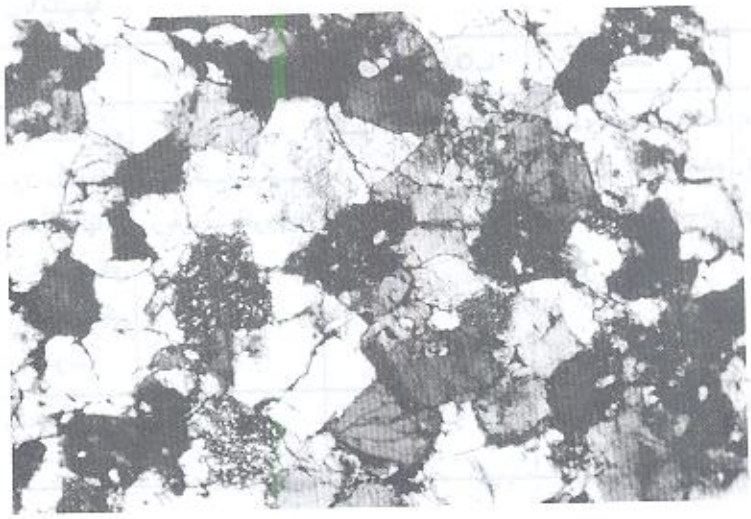
بر اثر برخورد آذرخش به‌طور موضعی دستخوش ذوب شوند.

دو گونهٔ عمدهٔ سنگ آذرخش وجود دارد. سنگ آذرخش ماسه‌ای که از نفوذ آذرخش در زمینهای ماسه‌ای نرم ایجاد می‌شود و کمابیش لوله‌ای شکل و شاخه‌شاخه بوده و بسیار شکننده است. گونهٔ دیگر، سنگ آذرخش سنگی است که براثر ذوب شدگی در سنگها و بیشتر در نوک کوههایی تشکیل می‌شود که آذرخش بر آنها بسیار فرود می‌آید.

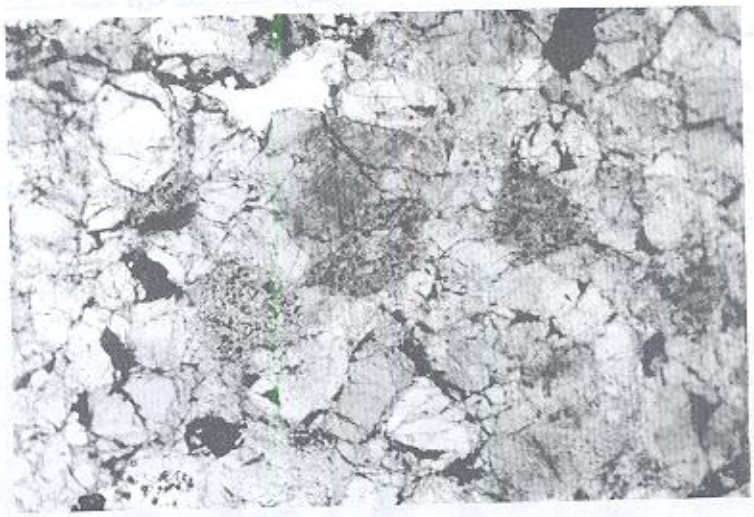
بسیاری از ویژگی‌های سنگ تویسرکان، از جمله قشر شیشه‌ای بیرونی، ذوب شدگی‌های درونی اندک در امتداد درزهای سنگ، خردشدگی در ساختار درونی و همچنین ویژگی‌های کانی‌شناختی آن (که دراین مقاله به آنها پرداخته نشد) با فرآیند تشکیل سنگ آذرخش هماهنگ است ولی تبیین پدیدهٔ سقوط آن که در گزارش امامی (۱۳۶۵) آمده است کار دشوارتری است. ابتدا باید توجه داشت که اظهارات اهالی محل در گزارش مذکور تا چه حد دقیق، درست و کامل بوده است. به عنوان مثال، نمی‌دانیم آیا در آن هنگام آذرخش نیز رخ داده بود؟ این احتمال را، هر چند که مستند نیست، به هرحال می‌توان مطرح کرد که از برخورد آذرخش با نوک کوه، قطعه سنگی به هوا پرتاب شده‌باشد. برخورد موشک با نوک کوه می‌تواند عامل احتمالی دیگری برای پراندن سنگ آذرخشی که قبلاً تشکیل شده بوده است، باشد. نباید از نظر دور داشت که رخداد سقوط «سنگ تویسرکان» مربوط به دورهٔ جنگ با عراق است.



تصویر ۱ ـ چند نمونه از تکتیت‌های دکمه‌ای شکل استرالیا. از برخورد اجرام برون زمینی بزرگ با سطح زمین، مواد سنگی سطح زمین بخار شده و بر اثر انرژی بسیار عظیم برخورد تا مسافت‌های زیاد به هوا پرتاب می‌شود و مسیری طولانی را در جو می‌پیماید. از چگالش مواد سنگی بخار شده، قطره‌های مذاب پدید می‌آید که شکل کروی آن هنگام سقوط در جوّ بر اثر فرساب (ablation) تغییر می‌یابد. سطح محدّب تکتیت دکمه‌ای (در سمت راست تصویر)، نیمهٔ رو به پائین را در قطرهٔ مذاب در حال سقوط مشخص می‌کند. اندازه‌ها نزدیک به واقعی هستند. بافت این اجسام، مانند سایر انواع تکتیت‌ها به طور کامل شیشه‌ای است.



تصویر ۲ ـ نمای میکروسکپی برش نازکی از تویسرکانیت در نور پلاریزه، بافت سنگ، دانه‌ای و قطر دانه‌ها در حد ماسهٔ ریز تا متوسط است که اغلب، حاشیه‌های فرسایشی دارند. دانه‌ها بیشتر از کوارتز، چرت، اکسید آهن، فلدسپار، خرده سنگ‌های رسوبی و دگرگونیی و کانی‌های فرعی مانند زیرکن و روتیل است و نشان می‌دهد که این سنگ در اصل یک ماسه سنگ کوارتزی بوده است. برخی از دانه‌های کوارتز حاشیه‌های رشد یافته تدوام نوری (Optical continuity) دارند که در کوارتزیت‌ها بسیار معمول است. طول تصویر معادل ۲ میلی‌متر است.



توضیح : تصویر فوق در نور طبیعی

کتاب‌نگاری

محمدهاشم امامی، ۱۳۶۴، سنگ آسمانی منطقه تویسرکان یا تویسرکانیت. چهارمین گردهمایی علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی کشور۲۶ـ ۳۰ بهمن، ۱۳۶۴ ص ۴۴ـ۴۶.

محمدهاشم امامی، ۱۳۶۵، سنگ آسمانی منطقه تویسرکان یا تویسرکانیت. سازمان زمین‌شناسی کشور، ۴۵ ص.

References

Barker, D.S.,1983,Igneous rocks.Prentice Hall, Inc.,New York.

Essene, E.J.and Fisher, D.C.,1986, Lightning strike fusion: extreme reduction and metal - silicate liquid immiscibility. Science, 234,189-193.

Faure. G.,1986, Principles of isotope geology. John Wiley & sons, New York,589 p.

Henderson, P.,1982, Inorganic geochemistry. Pergamon Press, Oxford, 353p.

Hess,P.C.,1989,Origins of igneous rocks. Harvard Univ. Press. Cambridge, Massachusetts, 336 P.

Koeberl.C.,Reimold, W.U.,Blum, J.D.and Chamberlain, C.P.,1998, Petrology and geochemistry of target rocks from the Bosumtwi impact structure, Ghana, and comparison with Ivory Coast tektites. Geochim. Cosmochim. Acta. 62, 2179-2196.

Levy, D.H., Shoemaker, E.M. and Shoemaker, C.S.,1995, Comet Shoemaker-Levy 9 meets Jupiter. Sci.Am. 273,68-75.

Newsom, H.E., Graup, G.,Iseri, D.A., Geissman,J.W., and Keil,K.,1990, The formation of the Reis Crater, West Germany; evidence of atmospheric interactions dureing a large cratering event. in Sharpton, V.L. and Ward, P.D., eds., Global catastrophes in Earth history; an interdisciplinary conference on impacts, volcanism, and mass mortality. Geol.Soc. Am. Special Paper 247.195-206.

O'Keefe,J.A.,1976,Tektites and their origin. Elsevier, Amsterdam,254 P.

Ryder, G.,1976, Lunar sample 15405:remnant of a KREEP basalt-granite differentiated pluton. Earth Planet. Sci.Lett.,29,255-268.

Ryder,G.,1975, Large granite xenoliths in an Apollo is KREEP melt matrix. Eos,56,470-471.

Shaw,H.F. and Wasserburg, G.J.,1982, Age and provenance of the target materials for tektites and possible impactites as inferred from Sm-Nd and Rb-Sr systematics. Earth Planet. Sci. Lett.,60,155-177.

Shih, C.Y.,Nyquist, L.E., Bogard, D.D., Wooden, J.L., Bansal, B.M. and Wiesmann, H., 1985, Chronology and petrogenesis og a 1.8 g lunar granitic clast: 14321, 1062. Geochim. Cosmochim. Acta,49, 411-426.

Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1979, Chemical relationships among irghizites, zhamanshinites, Australian tektites and Henbury impact glasses. Geochim. Cosmochim Acta, 43, 1551-1565.

Warren, P.H., Taylor, G. J., Keil, K., Shirley, D. N., and Wasson, J. T., 1983, Petrology and chemistry of two "large" granite clasts from the Moon. Earth Planet. Sci. Lett., 64, 175-185.

Warren, P.H.,Jerde, E.A., and Kallemeyn, G.W., 1987, Pristine Moon rocks: a "large" felsite and a metal-rich ferroan anorthosite. Proc. Lunar Planet. Sci. Conf. 17th, E303-313.

Wasson, J.T., 1991,Layered tektites: a multiple impact origin for the Australasian tektites. Earth planet. Sci. Lett., 102, 95-109.

Wilhelms, D. E., 1987, The history of the Moon. USGS Professional paper no.1348.