



The first report of Moissanite occurrence in Iran (Hormuz formation, South of Iran)

Safoora Zamani ¹, Hossein Basirat ^{*2}, Mohammadali Mackizadeh ³, Vachik Hayrapetyan ⁴

^{1,2} MSc, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

³ Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

⁴ Department of Geology, Faculty of Science, Khorasgan Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

Moissanite (SiC) or natural silicon carbide is a rare mineral. This paper is focused on the first & preliminary research on this mineral in south of Iran which is find in Hormoz formation. The preparation of thin sections is for petrology are done with instruments without synthetic SiC. It is proved that natural moissanites occurred in geological samples. The host rock is a metasomatic (silicified) rock. The tiny terrigenous particles (micrometer size) show carbon blur color with high relief in plane polgrized light. By use of FESEM analysis (EDS) it is revealed the chemical composition of SiC.

Keywords: moissanite, Hormuz formation, SiC, metasomatic rock.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).
<https://doi.org/10.22067/gemiran.2026.48064>

نخستین گزارش از رخداد مویزاناتیت در ایران (سازند هرمز - جنوب ایران)

صفورا زمانی^۱، حسین بصیرت^۲، محمدعلی مکی زاده^۳، واجیک هایراپتیان^۴

^۱ کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

b.hossein64@yahoo.com

^۲ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

^۳ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان، ایران

چکیده

مویزاناتیت یا سیلیکون کاربید طبیعی یک کانی کم‌یاب است. در این مقاله به بررسی اولین گزارش مویزاناتیت در ایران پرداخته می‌شود، که در یک سنگ متاسوماتیکی در همایندی با زونی ایت در سازند هرمز در جنوب کشور یافت شده است. برای اطمینان از عدم آلودگی نمونه توسط SiC مصنوعی موجود در بعضی از ابزارهای مورد استفاده برای آماده‌سازی نمونه میکروسکوپی، بارها از نمونه سنگ موجود توسط ابزارهای بدون SiC، مقطع گرفته شد و با یقین وجود SiC طبیعی برای نگارندگان این مقاله مسجل گردید. نمونه سنگ میزبان مورد مطالعه یک سنگ متاسوماتیکی (سیلیسی شده) است و ذرات ریز میکرونی مویزاناتیت به رنگ آبی کاربنی (ppl) و با برجستگی بسیار بالا به خوبی قابل تشخیص هستند. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) نیز مهر تأییدی بر حضور این کانی در نمونه سنگ دارد.

کلمات کلیدی: مویزاناتیت، سازند هرمز، SiC، سنگ متاسوماتیک.

مقدمه

مویزاناتیت فرم طبیعی سیلیکون کاربید است که نام آن از Nobel Laureate Henri Moissan گرفته شده است. او برای اولین بار در سال ۱۹۰۴ دانه‌های SiC را در حفره ایجاد شده توسط یک متئوریت گزارش کرد (Moissan, 1904). یافته‌ی Moissan در ابتدا توسط بسیاری از دانشمندان به عنوان یک سیلیکون کاربید مصنوعی تصور می‌شد که احتمالاً از ابزارات حاوی ساینده SiC که در فرآیند آماده‌سازی نمونه متئوریت استفاده شده بود درون نمونه مورد مطالعه جا مانده بود (Mason, 1967). پس از آن، با ارائه‌ی گزارشات جدید از پیدایش طبیعی SiC (برای مثال: Regis and Sand 1958, Kaminskiy et al. 1969, Moskvitin et al. 1978) موضوع فرم طبیعی SiC به شدت مورد بحث قرار گرفت و بسیاری از زمین‌شناسان منشأ طبیعی زمینی را برای آن غیرمحتمل می‌دانستند (برای مثال: Milton

1984 and Vitaliano), اگرچه موضوع آلودگی توسط SiC مصنوعی موجود در ساینده‌های مورد استفاده، محتمل است، با این وجود،

گزارشات جدید از کشف SiC در متئوریت‌ها آن را به طور یقین اثبات می‌کند (برای مثال: Daulton et al. 2002).

منشا زمینی نمونه‌های سیلیکون کاربید (مویزانات) موضوع بحث برانگیزی در طول یک قرن گذشته بوده است (Di pierro et al. 2003). کشف کریستال‌های SiC به صورت اینکلوزن در الماس‌های طبیعی در کیمبرلیت‌ها (Moore et al. 1986, moore and) (Gurney 1989, Otter and Gurney 1989, Leung 1990) یک مدرک موثق برای منشا طبیعی بودن آن است. علاوه بر این، در سال‌های اخیر گزارشی از کشف مویزانات در لامپروئیت‌ها (Jaques et al. 1989)، در افیولیت‌ها (Trumbull. R.B et al 2009)، در گرانولیت‌ها و سنگ‌های دگرگونی (Perraki and Faryad. 2014, Machev et al. 2018, Qi et al., 2007) و در برش‌های آتشفشانی (Di pierro et al. 2003, Dobrzhinetskaya et al. 2018) مستند شده است و تشکیل طبیعی مویزانات در سنگ‌های زمینی بطور زیادی پذیرفته شده است (Di pierro et al. 2003).

حضور مویزانات در سنگ‌های مختلف، بحث‌های بیشماری را در مورد منشا آن باز کرده است (Shiryaev et al., 2011; Di Pierro et al., 2003; Dobrzhinetskaya et al., 2018, Machev et al., 2018) (Di pierro, S et al 2003) برای اولین بار پیدایش مویزانات را به عنوان یک کانی تشکیل دهنده سنگ در یک نمونه زمینی گزارش دادند که نمونه سنگ یافت شده دارای 8.4 درصد حجمی SiC است.

در سالهای اخیر مطالعات زیادی در مورد مویزانات صورت گرفته است. (Zhang, J et al 2002) نیز به بررسی مقاومت نهایی مویزانات تا فشارهای بالای 18.3 GPa و دماهای بالای 1200 درجه سانتیگراد پرداخته اند.

(Trumbull. R.B et al 2009) به بررسی مویزاناتهای یافت شده در کرومیتیت‌های موجود در چندین کمپلکس افیولیتی از جمله افیولیت (Luobusa and Donqiao) در تبت، افیولیت (Semail) در عمان و امارات متحده عربی و افیولیت Ray-Iz و Polar Urals در روسیه پرداخته است و معتقد است که گزارش تشکیل مویزانات در تعدادی از کیمبرلیت‌های الماس دار منجر میشود که اینکلوزیون سیلیکون کاربید طبیعی یک کانی شایع در گوشته زمین است و این مطلب را میرساند که به شرایط ردوکس به شدت کم دلالت دارد.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه بخشی از سری یا سازند هرمز در جنوب ایران است. ترکیب سنگی سری هرمز، شامل سنگ نمک (به رنگ‌های مختلف)، انیدریت، ژیپس، سنگ آهک سیاه، دولومیت بودار چرتی، ماسه سنگ سرخ، شیل رنگارنگ، سنگ‌های آذرین (درونی و بیرونی)، کانی‌های آهن و آپاتیت‌دار است. سنگ‌های یاد شده فاقد نظم چینه‌ای هستند و به همین دلیل تاکنون برش الگو ندارند (آقائباتی، ۱۳۸۳).

واحدهای سری هرمز از پایین به بالا به ترتیب عبارتند از:

واحد h1 واحد نمکی سازند هرمز: این واحد که بیشتر حجم آن را لایه‌های نمکی با میان لایه‌های نازکی از توف، مارن، آهک‌های تیغه‌ای و اکسیدها و سولفورهای آهن تشکیل می‌دهد دارای قاعده نامعلومی است بطوری که قاعده این واحد در هیچ‌کجا به طور کامل ظاهر نشده است. واحد هرمز h2: این واحد تناوبی از مارن‌های سفید تا زرد کم‌رنگ، توف، ایگنمبریت، آهک‌های نازک لایه سیاه‌رنگ و سنگ آهن که به صورت نوارهای نازک میلی‌متری آهن‌دار، اکسیدهای بی‌آب و آب‌دار آهن می‌باشد. واحد هرمز h3 یا واحد آهک‌های سیاه‌رنگ جلبکی: این واحده که از طبقات نازک لایه آهکی سیاه‌رنگ تشکیل شده عموماً سرشار از فسیل‌های جلبکی است. ضخامت این واحد گاهی تا حدود ۵۰ متر می‌رسد.

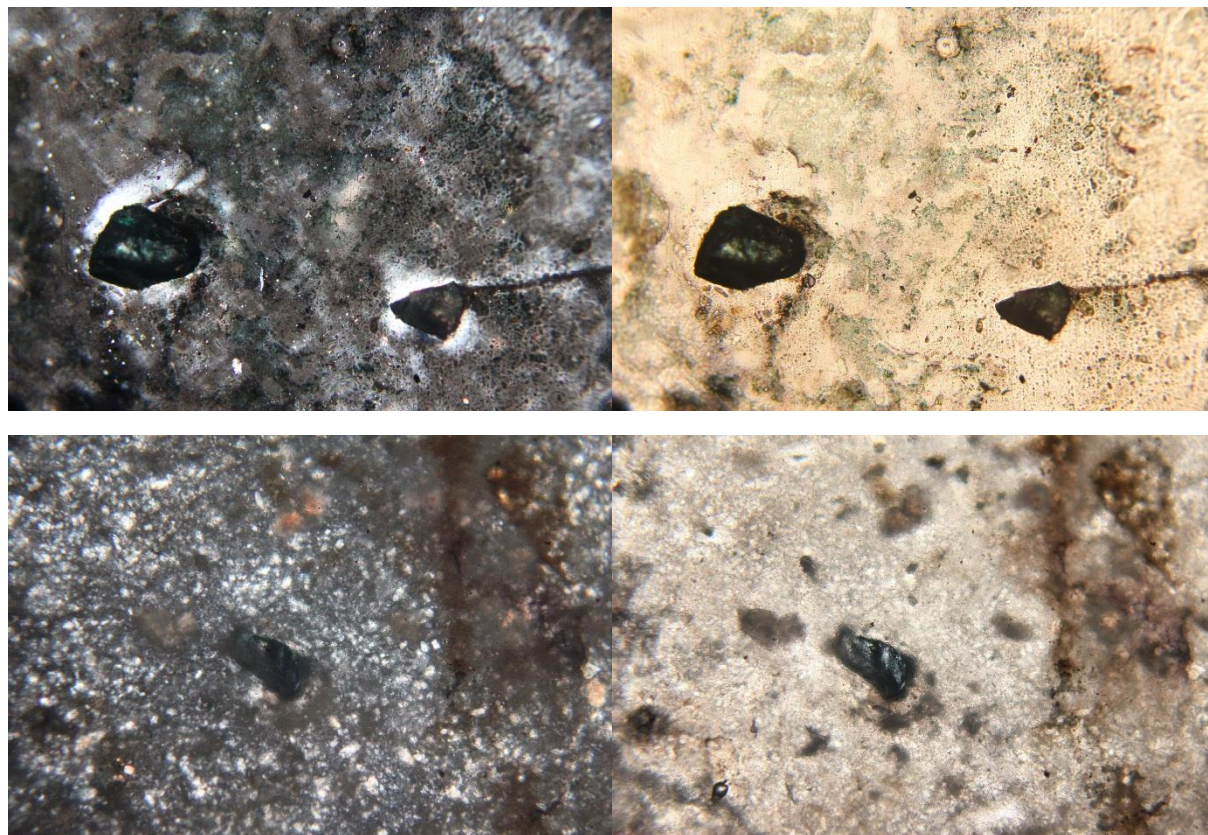
واحد هرمز h4 یا واحد آواری – ولکانیکی: این واحد در نقاطی دیده می‌شود که واحد نمکی رخنمون ندارد یا مقدار کمی ظاهر شده است. این واحد بیشتر از ماسه‌سنگ‌های قرمز خاکستری و سبز رنگ تشکیل شده که همراه آن میان لایه‌هایی از توفیت‌های سبز رنگ دیده می‌شود. سنگ‌های ماگمایی سازند هرمز: این سنگ‌ها به دو صورت سنگ‌های نفوذی و خروجی دیده می‌شود. سنگ‌های خروجی بصورت توف و گدازه در تناوب با سنگ‌های رسوبی سازند هرمز است که بیشتر اسیدی تا متوسط و از نوع ریولیت داسیت و احتمالاً تراکیت هستند که گرایش قلیایی دارند. دسته دوم سنگ‌های آذرین نفوذی هستند که سن آنها از واحد h4 جوان‌تر است. این سنگ‌ها را بیشتر دیاباز و گرانوفیر تشکیل می‌دهند که بصورت پی در پی سازند هرمز را قطع کرده‌اند.

در این میان هجوم سیالات هیدروترمالی در زمان زمین شناسی سبب رخداد دگرسانیهای متنوعی در واحدهای مختلف سنگی سازند هرمز شده است. در محدوده مورد مطالعه سیلیسی شدن و شکل گیری زونی ایت در همایندی با مویزنانیت مشاهده می شود. آنچه مسلم است با توجه به گزارشات ارائه شده در مورد منشأ مویزنانیت در مقالات مختلف، حضور این کانی در این سنگ دگرگونی را (اگر منشأ متئوریتی نداشته باشد) باید در سایر سنگ‌های مشابه سازند هرمز جستجو کرد.

نمونه مطالعه شده

مقطع نازک مورد مطالعه یک سنگ متاسوماتیکی شدیداً سیلیسی شده متخلخل سفید تا کرمی و احتمالاً پیروکلاستیک می‌باشد. از آنجایی که احتمال آلودگی نمونه توسط SIC مصنوعی در زمان مقطع‌گیری آن، جزو احتمالات ذکر شده در منابع مختلف است، با مشاهده این کانی کمیاب در اولین مقطع نازک، تعداد بیشتری مقطع از سنگ مورد مطالعه تهیه شد. این مقاطع نازک در شرایطی تهیه شد که نمونه در تماس با هیچ‌گونه

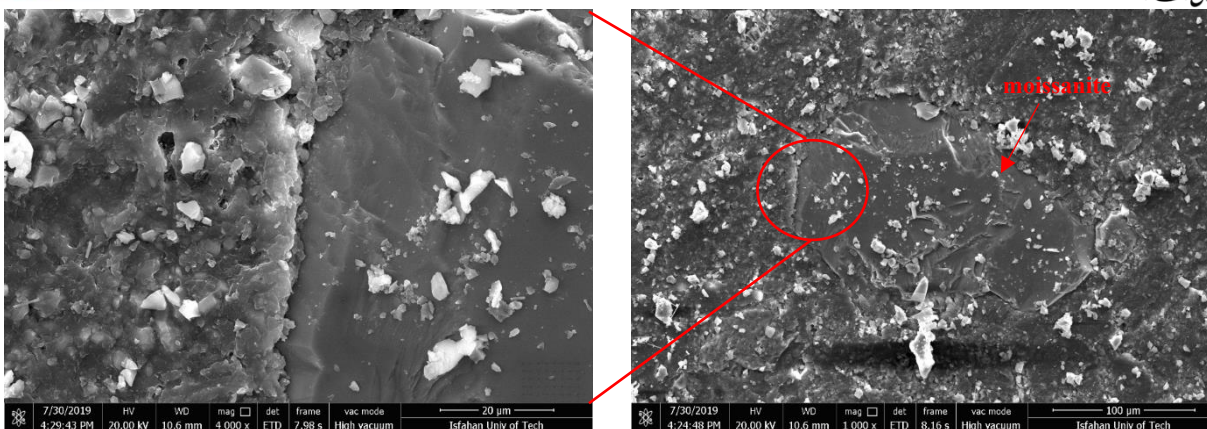
SiC مصنوعی نبوده است. حضور دانه های ریز میکرونی مویزانات در تمام مقاطع نازک، منشأ مصنوعی آن را رد می کند. دانه های مویزانیت کاملاً بی شکل هستند و حواشی دانه ها به وضوح منشأ تخریبی بودن را نشان می دهد.



شکل ۱. دانه های ریز مویزانیت را در XPL و PPL نمایش می دهد (X 400)
Figure 1. Shows fine moissanite grains in XPL and PPL (X 400)

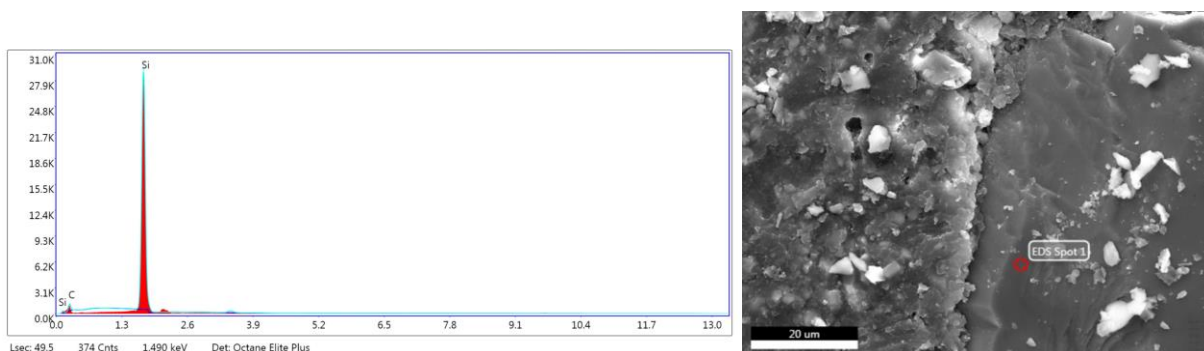
نتایج آنالیز FESEM بر روی نمونه

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل الف یک بلور مویزانیت در زمینه و شکل ب مرز بین این بلور با کانی های دربرگیرنده را بخوبی نمایش می دهد. شکل ۳ و ۴ نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه دو نمونه مویزانیت و جدول داده های بدست آمده را نمایش می دهد. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی سنگ دربرگیرنده مویزانیت و جدول داده های بدست آمده مربوطه نیز در شکل ۵ نمایش داده شده است که دال بر سیلیس فراوان در این نمونه سنگ است.



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی الف. بلور مویزانایت در سنگ تخریبی ب. مرز بین بلور مویزانایت با زمینه کاملاً مشخص است

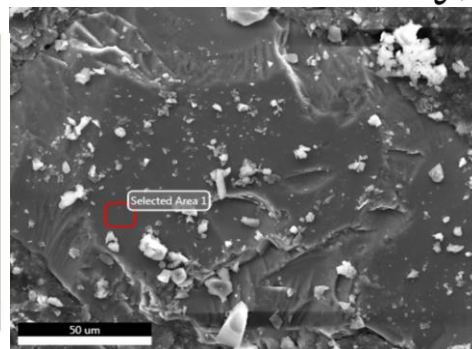
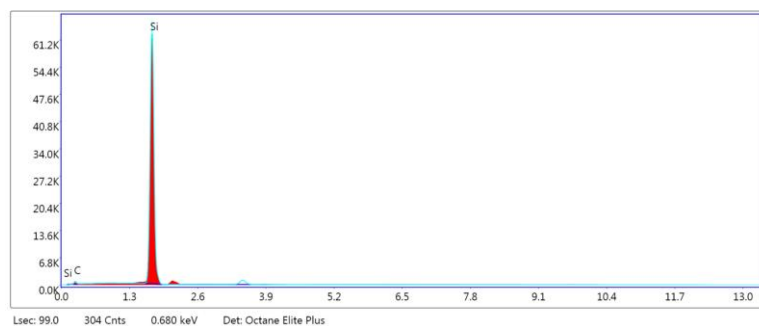
Figure 2. Scanning electron microscope images A. Moissanite crystal in a metamorphic rock B. The boundary between the moissanite crystal and the background is clearly defined



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	30.02	50.08	100.29	12.30	0.0359	1.0690	0.1118	1.0000
SiK	69.98	49.92	5040.27	1.21	0.6547	0.9383	0.9967	1.0003

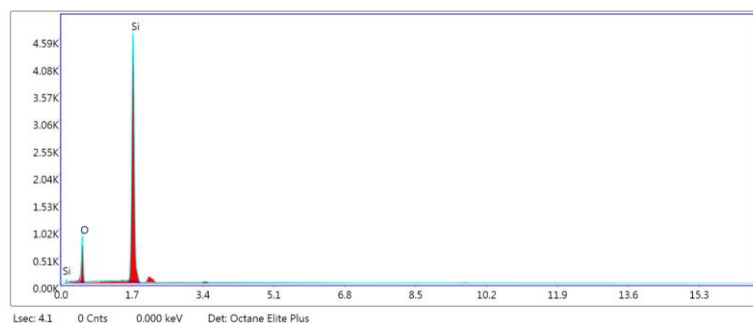
شکل ۳. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه اول مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده

Figure 3. Results of field emission scanning electron microscope (FESEM) EDS spectrum analysis on the first moissanite sample and table of obtained data



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	14.92	29.09	38.54	12.84	0.0153	1.0909	0.0937	1.0000
SiK	85.08	70.91	5698.37	1.13	0.8186	0.9590	1.0032	1.0001

شکل ۴. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه دوم مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده
Figure 4. Results of field emission scanning electron microscope (FESEM) EDS spectrum analysis on the second moissanite sample and table of obtained data.



	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	33.77	47.23	1119.89	9.47	0.1086	1.0323	0.3115	1.0000
SiK	66.23	52.77	8820.01	2.30	0.5688	0.9517	0.9022	1.0003

شکل ۵. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه سنگ دربرگیرنده کانی مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده
Figure 5. Results of EDS spectrum analysis of field emission scanning electron microscopy (FESEM) on a rock sample containing moissanite mineral and table of obtained data

کانی مویزانات مورد مطالعه در یک سنگ سیلیسی شده حضور دارد. در مورد منشأ این کانی، همان طور که ذکر شد به دلیل گزارش آن در سنگ های مختلف از جمله در متئوریت ها، کیمبرلیت ها، افیولیت ها، لامپروئیت ها، اکلوژیت ها، گرانولیت ها و سایر سنگ های دگرگونی و همچنین در سنگ های آتشفشانی، نمی توان به طور قطعی اظهار نظر نمود. آنچه مسلم است برای یافتن منشأ این کانی به بررسی های صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی فراوان دیگری نیاز است. در گام نخست با توجه به وجود سنگ های آذرین در گنبد های نمکی هرمز، مطالعات کانی شناسی این سنگ ها در اطراف محدوده مورد مطالعه در دستور کار نگارندگان این مقاله قرار خواهد گرفت، هر چند برخورد یک متئوریت در این منطقه هم به عنوان یک نظریه قابل پیگیری می باشد. در هر حال امید است در آینده ای نه چندان دور، منشأ این کانی مشخص و در مقاله دیگری با جزییات بیشتر در اختیار علاقمندان قرار گیرد.

منابع

- آقاناتی، س. ع.، زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۵۸۶ صفحه.
- Di pierro, S., Gnos, E., Grobety, B. H., Armbruster, T., Bernasconi, S. M. And Ulmer, P. (2003) Rock-forming moissanite (natural α -silicon carbide). American Mineralogist, Vol, 88, pages 1817–1821.
- Daulton, T.L., Bernatowicz, T.J., Lewis R.S., Messenger S., Stadermann F.J., and Amari S. (2002) Poly type distribution in circumstellar silicon carbide. Science, 296, 1852–1855.
- Dobrzhinetskaya L, Mukhin P, Wang Q., Wirth R., O'Bannon E., Zhao W., Eppelbaum L., Jaques, A.L., Hall, A.E., Sheraton, J.W., Smith, J.B., Sun, S.S., Drew, R.M., Foudoulis, C., and Ellingsen, K. (1989) Composition of crystalline inclusions and C-isotope composition of Argyle and Ellendale diamonds. In Kimberlite and Related Rocks, Volume 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration; Geological Society of Australia Special Publication, 14; 966–989. Blackwell Scientific, Cambridge, U.K.
- Kaminskiy, F.V., Bukin, V.I., Potapov, S.V., Arkus, N.G., and Ivanova, V.G. (1969) Discoveries of silicon carbide under natural conditions and their genetic importance. International Geology Review, 11, 561–569.
- Leung, I.S. (1990) Silicon carbide cluster entrapped in a diamond from Fuxian, China. American Mineralogist, 75, 1110–1119.
- Machev, P., O'Bannon, E.F., Bozhilov, K.N., Wang, Q., Dobrzhinetskaya, L., 2018. Not all moissanites are created equal: New constraints on moissanite from metamorphic rocks of Bulgaria. Earth and Planetary Science Letters 498, 387–396.



- Mason, B. (1967) Extraterrestrial mineralogy. *American Mineralogist*, 52, 307–325.
- Milton, C. and Vitaliano, D.B. (1984) The non-existence of moissanite, SiC. *International Geological Congress, Abstract*, 27 (5), 107–108.
- Moissan, H., 1904. Nouvelles recherches sur la météorité de Cañon Diablo. *Comptes Rendus* 139, 773–786 (in French).
- Moore, R.O. and Gurney, J.J. (1989) Mineral inclusions in diamond from the Monastery kimberlite, South Africa. In *Kimberlite and Related Rocks. Geological Society of Australia, Special Publication*, 14, 1029–1041. Blackwell Scientific, Cambridge, U.K. Vol, 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration
- Moore, R.O., Otter, M.L., Rickard, R.S., Harris, J.W., and Gurney, J.J. (1986) The occurrence of moissanite and ferro-periclase as inclusions in diamond. In 4th International Kimberlite Conference, Perth, Extended Abstracts; Abstract Geological Society of Australia, 16, 409–411.
- Moskvitin, I.Y., Marshintsev, V.K., Mikhaylov, V.A., and Brovkin, A.A. (1978) Moissanite in Vendian sedimentary rocks of the Botuobuya Saddle, Siberian Platform. *Transaction (Doklady) of the USSR Academy of Sciences: Earth Science Sections*, 239; 1–6, 138–140.
- Shiryaev, A.A., Griffin, W.L. Stoyanov, E., 2011. Moissanite (SiC) from kimberlites: Polytypes, trace elements, inclusions and speculations on origin. *Lithos* 122, 152–164.
- Otter, M.L. and Gurney, J.J. (1989) Mineral inclusions in diamonds from the Sloan diatreme, Colorado-Wyoming State Line kimberlite district, North America. In *Kimberlite and Related Rocks, Volume 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration; Geological Society of Australia, Special Publication*, 14, 1042–1053. Blackwell Scientific, Cambridge, England.
- Qi, X.X., Yang, Z.Q., Xu, J.S., Bai, W.J., Zhang, Z.M., Fang, Q.S., 2007. Discovery of moissanite in retrogressive eclogite from the Pre-pilot hole of the Chinese Continental Scientific Drilling Project (CCSD-PP2) and its geological implication. *Acta Petrologica Sinica* 23, 3207–3214 (in Chinese with English abstract).
- Regis, A.J. and Sand, L.B. (1958) Natural cubic silicon carbide. *Geological Society of America Bulletin*, 69, 1633.
- Trumbull, R.B., Yang J-S., Robinson, P.T., Di Pierro, S., Vennemann, T., Wiedenbeck, M. (2009). The carbon isotope composition of natural SiC (moissanite) from the Earth's mantle: New discoveries from ophiolites. *Lithos* 113 (2009) 612–620
- Zhang, J., Wang, L., Weidner, D. J., Uchida, T. and XU, JI-AN. (2002) The strength of moissanite. *American Mineralogist*, Vol. 87, pages 1005–1008.
- Perraki, M., Faryad, S.W., 2014. First finding of microdiamond, coesite and other UHP phases in felsic granulites in the Moldanubian Zone: implications for deep subduction and a revised geodynamic model for Variscan Orogeny in the Bohemian Massif. *Lithos* 202, 157–166.