

## بررسی منشأ رنگ و کاربردهای جواهری کونزایت و هیدنیت (اسپودومن‌های رنگی) با بهره‌گیری از نمونه‌های شاخص معادن نورستان، افغانستان

فاطمه شفیع‌زاده برمی<sup>۱</sup>، رضا ظهیری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

\*نویسنده مسئول: fafa.shafizadeh@gmail.com

### چکیده

اسپودومن یکی از مهم‌ترین کانی‌های حاوی لیتیم است که در برخی پگماتیت‌های گرانیتی به‌صورت گونه‌های رنگی با ارزش گوهرشناسی ظاهر می‌شود. کونزایت و هیدنیت به‌ترتیب گونه‌های صورتی-بنفش و سبز این کانی هستند که در شرایط زمین‌شیمیایی خاص و در ارتباط با پگماتیت‌های نوع (LCT لیتیم-سزیم-تانтал) تشکیل می‌شوند. افغانستان، به‌ویژه ناحیه نورستان، یکی از مناطق شاخص جهان از نظر پگماتیت‌های لیتیم‌دار و گوهرسنگ‌های مرتبط محسوب می‌شود.

در این پژوهش، منشأ رنگ، ویژگی‌های گوهرشناسی و کاربردهای جواهری کونزایت و هیدنیت با تمرکز بر نمونه‌های شاخص معادن نورستان بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که حضور عناصر جزئی نظیر منگنز و کروم، همراه با شرایط تبلور و فرآیندهای پس‌ماگمایی، نقش اصلی در ایجاد رنگ این گوهرها دارد. همچنین کیفیت مناسب شفافیت و قابلیت تراش، نمونه‌های افغانستان را به گزینه‌هایی قابل توجه در بازار گوهرسنگ‌ها تبدیل کرده است.

**کلیدواژه‌ها:** اسپودومن، کونزایت، هیدنیت، منشأ رنگ، گوهرشناسی، نورستان، افغانستان

## Investigation of the Color Origin and Gemological Applications of Kunzite and Hiddenite (Colored Spodumene) Using Representative Samples from the Nuristan Mines, Afghanistan

### Abstract

Spodumene is one of the most important lithium-bearing minerals and, under specific geological conditions, occurs as colored gem-quality varieties within granitic pegmatites. Kunzite and hiddenite represent the pink-violet and green varieties of spodumene, respectively, and are commonly associated with LCT-type (lithium-cesium-tantalum) pegmatites. Afghanistan, particularly the Nuristan region, is recognized as one of the notable areas hosting lithium-rich pegmatites and high-quality gem materials.

In this study, the origin of color, gemological characteristics, and jewelry applications of kunzite and hiddenite are investigated with emphasis on representative samples from the Nuristan mines, Afghanistan. The results indicate that trace elements such as manganese and chromium, together with crystallization conditions and post-magmatic processes, play a key role in the development of the characteristic colors of these gemstones. In addition, favorable transparency, attractive natural color, and suitability for faceting make Afghan kunzite and hiddenite promising materials for jewelry use. The findings highlight the gemological significance and economic potential of colored spodumene from the Nuristan region in the global gemstone market.

**Keywords:** Spodumene, Kunzite, Hiddenite, Gemological Properties, Nuristan, Afghanistan

#### ۱- مقدمه

اسپودومن با فرمول شیمیایی  $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$  یکی از کانی‌های مهم گروه پیروکسن‌ها و منبع اصلی لیتیم در پگماتیت‌های گرانیته است. در برخی از این پگماتیت‌ها، اسپودومن به صورت گونه‌های رنگی شفاف و مناسب برای کاربردهای جواهری ظاهر می‌شود. کونزایت و هیدنیت شناخته‌شده‌ترین انواع رنگی این کانی هستند که به دلیل رنگ جذاب، اندازه بلور مناسب و شفافیت، جایگاه ویژه‌ای در گوهرشناسی دارند.

افغانستان به عنوان بخشی از کمربند زمین‌ساختی آلپ-همالیا، دارای پگماتیت‌های غنی از لیتیم است. ناحیه نورستان یکی از مناطق مهم این کشور به شمار می‌رود که نمونه‌های باکیفیت کونزایت و هیدنیت از آن گزارش شده است. هدف این مقاله، بررسی منشأ رنگ و ویژگی‌های گوهرشناسی این گوهرها و ارزیابی کاربردهای جواهری آن‌ها با تمرکز بر نمونه‌های نورستان است.

#### ۲- زمین‌شناسی و محیط تشکیل

پگماتیت‌های حاوی اسپودومن رنگی عمدتاً به پگماتیت‌های نوع LCT تعلق دارند که در مراحل پایانی تبلور ماگماهای گرانیته تکامل یافته تشکیل می‌شوند. این پگماتیت‌ها با غنی‌شدگی عناصر ناسازگار و رشد بلورهای درشت مشخص می‌شوند. در نورستان افغانستان، پگماتیت‌ها در ارتباط با واحدهای دگرگونی و توده‌های گرانیته نفوذی توسعه یافته‌اند. حضور سیالات غنی از لیتیم و عناصر جزئی، همراه با شرایط مناسب فشار و دما، امکان تشکیل بلورهای بزرگ و شفاف اسپودومن را فراهم کرده است.

#### ۳- منشأ رنگ در اسپودومن‌های رنگی

##### ۳-۱- کونزایت

رنگ صورتی تا بنفش کونزایت عمدتاً به حضور یون‌های منگنز ( $\text{Mn}^{2+}$ ) و ( $\text{Mn}^{3+}$ ) در ساختار بلوری اسپودومن نسبت داده می‌شود. این یون‌ها با ایجاد باندهای جذب در ناحیه مرئی طیف الکترومغناطیسی، رنگ مشخص کونزایت را ایجاد می‌کنند. شدت رنگ به غلظت منگنز و شرایط پرتودهی طبیعی وابسته است.

##### ۳-۲- هیدنیت

رنگ سبز هیدنیت ناشی از حضور یون کروم ( $\text{Cr}^{3+}$ ) است. کروم با جایگزینی در شبکه بلوری اسپودومن، باعث جذب انتخابی نور و ایجاد رنگ سبز می‌شود. یکنواختی توزیع کروم در بلور نقش مهمی در کیفیت رنگ این گوهر دارد.

##### ۳-۳- مقایسه کونزایت و هیدنیت

کونزایت و هیدنیت اگرچه هر دو به عنوان گونه‌های رنگی اسپودومن شناخته می‌شوند، اما از نظر منشأ رنگ، فراوانی، ویژگی‌های گوهرشناسی و جایگاه اقتصادی تفاوت‌های قابل توجهی دارند. منشأ رنگ کونزایت عمدتاً به حضور یون‌های منگنز در ساختار بلوری اسپودومن نسبت داده می‌شود، در حالی که رنگ سبز هیدنیت ناشی از حضور یون‌های کروم است. این تفاوت در عنصر عامل رنگ، موجب ایجاد رفتار طیفی متفاوت و جلوه بصری متمایز در این دو گوهر می‌شود.

از نظر فراوانی، کونزایت نسبت به هیدنیت گسترده‌تر بوده و معمولاً بلورهای بزرگ‌تر و فراوان‌تری از آن در پگماتیت‌های لیتیم‌دار یافت می‌شود. در مقابل، هیدنیت به طور قابل توجهی کمیاب‌تر است و همین عامل نقش مهمی در افزایش ارزش اقتصادی آن

ایفا می‌کند. از دیدگاه گوهرشناسی، هر دو گوهر دارای سختی مشابه و رخ کامل هستند، اما به دلیل تفاوت در شدت رنگ و یکنواختی آن، ارزیابی کیفیت آن‌ها در بازار متفاوت انجام می‌شود.

در بازار جهانی گوهرسنگ‌ها، هیدنیت به‌عنوان یک گوهر خاص و لوکس شناخته می‌شود و اغلب در جواهرات محدود و کلکسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که کونزایت به دلیل فراوانی نسبی و قابلیت تراش در ابعاد بزرگ‌تر، کاربرد گسترده‌تری در طراحی‌های متنوع جواهری دارد. این تفاوت‌ها سبب شده است که هر یک از این گوهرها جایگاه خاص خود را در بازار و صنعت جواهرسازی داشته باشند. (Nassau, 2001; Rossman, 2009).



شکل ۱- نمونه‌های خام و تراش‌خورده اسپودومن‌های رنگی نورستان: کونزایت، هیدنیت.

#### ۴- ویژگی‌های گوهرشناسی

کونزایت و هیدنیت به‌عنوان گونه‌های رنگی اسپودومن، از نظر ویژگی‌های گوهرشناسی شباهت‌های قابل توجهی با یکدیگر دارند. هر دو کانی دارای سختی ۶.۵ تا ۷ در مقیاس موس، جلای شیشه‌ای و رخ کامل در دو جهت هستند. وجود رخ کامل باعث



می‌شود این گوهرها در فرآیند تراش نیازمند دقت بالا باشند، زیرا شکست در امتداد سطوح رخ می‌تواند کیفیت نهایی گوهر را تحت تأثیر قرار دهد. با این حال، در صورت رعایت اصول صحیح تراش، نمونه‌های باکیفیت کونزایت و هیدنیت قابلیت ارائه جلای مناسب و جلوه بصری مطلوب را دارند.

از نظر شفافیت، نمونه‌های مرغوب هر دو گوهر معمولاً شفاف تا نیمه‌شفاف بوده و میزان ناخالصی‌ها و ترک‌های داخلی نقش مهمی در کاهش یا افزایش ارزش گوهرشناسی آن‌ها ایفا می‌کند. رنگ یکنواخت و خلوص بصری از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی کیفیت این گوهرها به‌شمار می‌رود. در کونزایت، رنگ صورتی تا بنفش با شدت‌های مختلف مشاهده می‌شود که یکنواختی رنگ و عدم وجود نواحی کم‌رنگ یا بی‌رنگ، ارزش نمونه را افزایش می‌دهد.

در هیدنیت، رنگ سبز که منشأ آن حضور یون‌های کروم در ساختار بلوری اسپودومن است، عامل اصلی جذابیت گوهرشناسی محسوب می‌شود. هرچه رنگ سبز زنده‌تر و یکنواخت‌تر باشد، ارزش گوهر بالاتر خواهد بود. در مقایسه با کونزایت، هیدنیت معمولاً کمیاب‌تر بوده و همین موضوع سبب شده است که در بازار جهانی از ارزش اقتصادی بیشتری برخوردار باشد.

از نظر کاربرد جواهری، هر دو گوهر به‌دلیل سختی مناسب و قابلیت ایجاد سطوح صیقلی، در ساخت جواهرات تزئینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کونزایت به‌علت اندازه بلور بزرگ‌تر و فراوانی نسبی، بیشتر در جواهرات با ابعاد بزرگ‌تر و طراحی‌های تزئینی کاربرد دارد، در حالی که هیدنیت به‌سبب کمیابی و رنگ سبز جذاب، اغلب در جواهرات خاص و لوکس مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، ترکیب ویژگی‌های فیزیکی مناسب، رنگ طبیعی و شفافیت قابل قبول، کونزایت و هیدنیت نورستان افغانستان را در زمره گوهرسنگ‌های ارزشمند قرار می‌دهد.

#### ۵- کاربردهای جواهری و بازار

کونزایت به دلیل رنگ ملایم و اندازه بلور بزرگ، بیشتر در جواهرات تزئینی و کلکسیونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل، هیدنیت به‌علت کمیابی و رنگ سبز جذاب، در جواهرات خاص و لوکس کاربرد دارد. نمونه‌های با منشأ افغانستان، به‌ویژه از نورستان، در بازار جهانی به‌عنوان گوهرهایی با رنگ طبیعی و کیفیت مناسب شناخته می‌شوند. استخراج اصولی و فرآوری مناسب می‌تواند ارزش اقتصادی این گوهرها را افزایش دهد.

#### ۶- نتیجه‌گیری

بررسی انجام‌شده نشان می‌دهد که کونزایت و هیدنیت از مهم‌ترین گونه‌های رنگی اسپودومن هستند که در ارتباط مستقیم با پگماتیت‌های گرانیتی نوع LCT تشکیل می‌شوند. شرایط زمین‌شناسی ویژه ناحیه نورستان افغانستان، شامل تبلور ماگماتیک تکامل‌یافته و حضور سیالات غنی از عناصر جزئی، نقش اساسی در رشد بلورهای بزرگ و شفاف این گوهرها داشته است. منشأ رنگ این کانی‌ها به حضور عناصر جزئی نظیر منگنز در کونزایت و کروم در هیدنیت وابسته است که موجب ایجاد رنگ‌های شاخص و جذاب در آن‌ها می‌شود. تفاوت در عنصر عامل رنگ، علاوه بر ایجاد جلوه‌های بصری متفاوت، بر رفتار طیفی، ارزش گوهرشناسی و جایگاه اقتصادی این دو گوهر تأثیر مستقیم دارد.

از نظر گوهرشناسی، هر دو گوهر دارای ویژگی‌های فیزیکی مناسب برای کاربردهای جواهری هستند، اگرچه وجود رخ کامل نیازمند دقت بالا در فرآیند تراش است. نمونه‌های با کیفیت بالا، به‌ویژه آن‌هایی که از یکنواختی رنگ و شفافیت مطلوب برخوردارند، قابلیت استفاده در جواهرات تزئینی و لوکس را دارند.

در بازار جهانی، هیدنیت به دلیل کمیابی و رنگ سبز جذاب، معمولاً ارزش اقتصادی بالاتری نسبت به کونزایت دارد، در حالی که کونزایت به سبب فراوانی نسبی و اندازه بلور بزرگ‌تر، کاربرد گسترده‌تری در صنعت جواهرسازی دارد. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ذخایر اسپودومن‌های رنگی نورستان افغانستان از پتانسیل بالایی برای توسعه گوهرشناسی و بهره‌برداری اقتصادی پایدار برخوردار بوده و می‌توانند به‌عنوان منابع ارزشمند در بازار جهانی گوهرسنگ‌ها مورد توجه قرار گیرند.

۷-منابع

- Černý, P., & Ercit, T. S. (2005). The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, 43, 2005–2026.
- London, D. (2018). Pegmatites. *The Canadian Mineralogist*, Special Publication 10.
- Nassau, K. (2001). *The Physics and Chemistry of Color*. Wiley-Interscience.
- Rossman, G. R. (2009). The colors of minerals. *Elements*, 5, 159–164.
- Sinkankas, J. (1964). *Gemstones of North America*. Van Nostrand.
- Schumann, W. (2013). *Gemstones of the World* (5th ed.). Sterling Publishing.
- Tacker, R. C. (2010). Reconsidering the definition of hiddenite. *Gems & Gemology*, 46, 160–175.
- Lyckberg, P. (2017). Gem-quality spodumene from miarolitic pegmatites. *The Mineralogical Record*, 48, 611–630.
- GIA (2020). *Spodumene (Kunzite and Hiddenite)*. *Gems & Gemology Reference Guide*.