

فرآوری، بهسازی و عوامل رنگ‌زا در گوه‌های جنوب تروود

رسول شیخی قشلاقی*، منصور قربانی، فریبرز مسعودی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

(دریافت مقاله: ۹۳/۴/۱۴، نسخه نهایی: ۹۳/۹/۱۳)

چکیده: گستره‌ای که گوه‌های مورد بررسی در آن واقع شده‌اند در ۱۹ کیلومتری جنوب تروود و ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرق دامغان قرار دارد. در فرآوری نمونه‌های این گستره سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش، روشی است که در مرحله‌ی سایش و فرم دهی از دیسک‌های ساب با مش ۱۲۰ و در مرحله‌ی صیقل زنی از روش خشک استفاده شود. تغییرات تراکم اکسید آهن و نیز کانی‌های کلسیت و رس تنوع رنگ در جاسپیریت‌های منطقه تروود را موجب شده است. همچنین بر اساس آنالیز ICP-OES انجام شده، می‌توان رنگ کریزوپرازها را در ارتباط با وجود نیکل، عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی را در ارتباط با عناصر آهن، کبالت، منگنز و وانادیم و عقیق‌های خاکستری را وابسته به عناصر کروم و تیتانیم دانست. در بهسازی این گوه‌ها نیز بهترین روش برای رنگ آمیزی عقیق‌های زرد، جاسپیریت‌های کرم، سنگ خون و اپال‌ها، روش گرمادهی است. در روش استفاده از مواد شیمیایی نیز گوه‌هایی با بافت میکرواسفرولیتی و میکروواربولیتی مستعدترین گوه‌ها برای رنگ آمیزی هستند.

واژه‌های کلیدی: تروود؛ دامغان؛ کریزوپراز؛ خون سنگ؛ میکرواسفرولیتی.

مقدمه

در ۱۹ کیلومتری جنوب تروود و در ۱۳۵ کیلومتری جنوب شرقی دامغان، حجم زیادی از سنگ‌های نیمه قیمتی وجود دارد که همه‌ی آن‌ها از گوه‌های خانواده‌ی کوارتز هستند و انواع عقیق، جاسپیریت و نیز اپال را شامل می‌شوند (شکل ۱، الف، ب و پ).

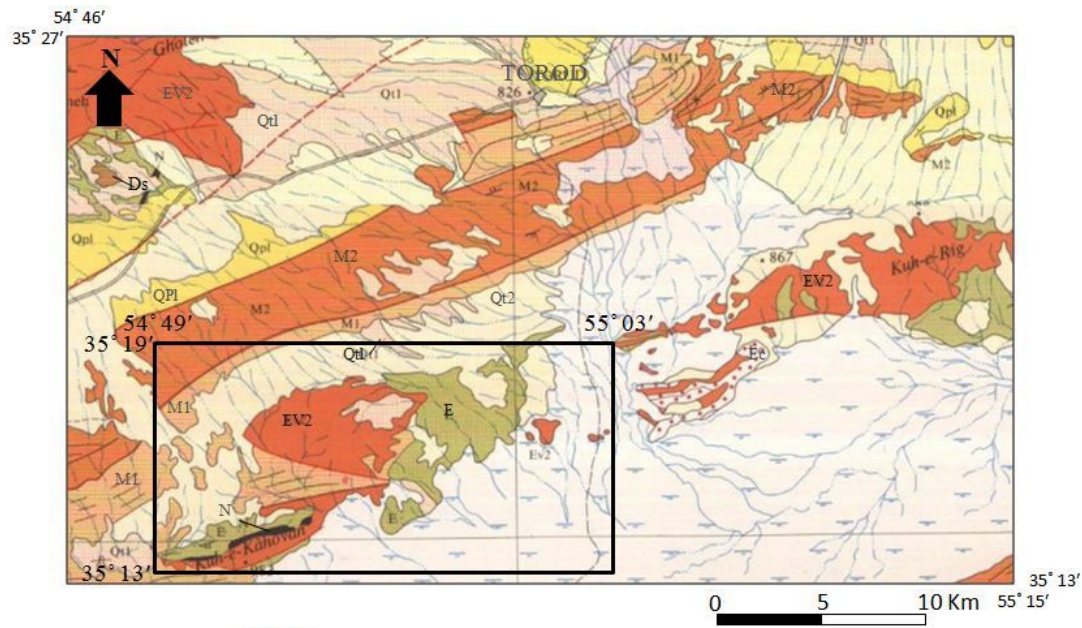
با توجه به اینکه رنگ در ارزش اقتصادی گوه‌ها نقش زیادی دارد، بررسی عوامل رنگ‌زا و علت ایجاد رنگ در این گوه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی این گوه‌ها از نظر رنگ کیفیت بالایی ندارند؛ بنابراین از ارزش اقتصادی چندانی برخوردار نیستند و به نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های بهسازی بتواند به ارزش اقتصادی آن‌ها بیافزاید.

همچنین دستیابی به بهترین روش فرآوری می‌تواند هم از هزینه و زمان صرف شده برای تراش به‌کاهد و هم به کیفیت نمونه‌های فرآوری شده بیافزاید.

نظر به اینکه هر کشور در صورت دستیابی به فناوری بهسازی و فرآوری گوه‌ها، تمایل دارد آن را فقط در اختیار خود داشته باشد و با توجه به نیاز کشور به استفاده از این فناوری، در این مقاله سعی شده است تا به بهترین روش‌های بهسازی و فرآوری گوه‌های یاد شده پرداخته شود.

از محدود بررسی‌هایی که در رابطه با این موضوع در ایران به انجام رسیده می‌توان به کارهای حاج علیلو و همکاران (۱۳۹۰) [۱] در منطقه‌ی میانه اشاره کرد. آن‌ها معتقدند که کانی‌سازی عقیق در منطقه، درون واحدهای آتشفشانی اسیدی

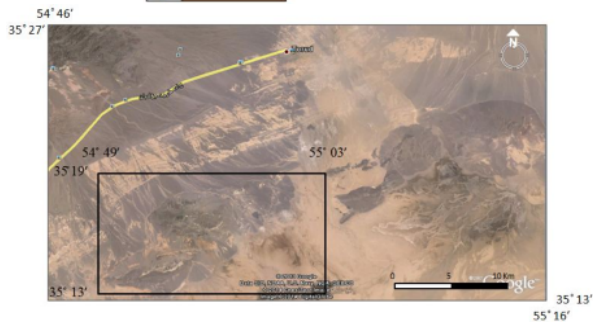
* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۶۰۵۹۶۸۹، نامبر: ۲۲۹۲۵۲۷۱ (۰۲۱)، پست الکترونیکی: rasoul.sheikhi@yahoo.com



LEGEND

QUATERNARY	Kavir	Dips:
Qt2	Gravel fans, young terraces	1°-29°
Qt1	Old terraces	30°-59°
PLIO-PLIOCENE	QP1	Second class road
MIOCENE	M2	Motorable trak
M1	Marl, conglomerate, sandstone and gypsum	Animal trak
Eocene	E	Anticline
EV2	Tuff, tuffaceous sandstone, shale, some sandstone	Syncline
DEVONIAN	Ds	Major Fault
	Dolomite	Minor Fault
		Covered Fault
		Terrace
		Qanat (underground canal)

الف



پ



ب

شکل ۱ موقعیت گوهرهای مورد بررسی بر روی الف، نقشه‌ی زمین‌شناسی تورود (اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ تورود) [۲]، ب، عکس هوایی، پ، راه‌های دسترسی

بزرگ آن‌ها در سرتاسر ناحیه تاکنون از نظر علمی توجهی نشده است و این مقاله اولین مقاله ای است که در این مورد نوشته شده است ولی افراد زیادی شمال این گستره را از نظر مواد معدنی گرانبها به ویژه طلا و فیروزه مورد بررسی قرار داده‌اند. از این پژوهشگران می‌توان به Helmhacker [۳] و Henmacke [۴] اشاره کرد که اولین کسانی هستند که از

اٹوسن به شکل پر کننده‌ی حفره‌ها رخ داده است. آن‌ها مهم‌ترین عامل ایجاد رنگ آبی در عقیق‌های منطقه را مس، و در ایجاد رنگ‌های سرخ، دودی و سیاه را آهن و منگنز می‌دانند و عقیده دارند که بهترین دما برای رنگ آمیزی عقیق‌های سرخ و نارنجی منطقه، ۵۰۰°C و عقیق‌های آبی روشن و تیره ۵۵۰°C است [۱]. گرچه به گوهرهای جنوب تورود علی رغم حجم

رنگ و حجم بسیار کم سایر رنگ‌ها، ۳ گونه از عقیق‌ها انتخاب شدند) که شامل ۱ نمونه کارنلین، ۱ نمونه کریزوپراز و ۱ نمونه عقیق خاکستری بود که برای آنالیز شیمیایی به روش ICP-OES به آزمایشگاه کانساران بینالود ارسال شدند. برای شناسایی، سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش تراش و فرآوری نیز، ۹۶ نمونه از گوه‌های منطقه به صورت تخت، دامله، یمنی، فانتزی و هنری تراش داده شدند. همچنین به منظور تعیین دمای ایجاد کننده بهترین رنگ در هر گوه نیز، بهسازی و رنگ آمیزی گوه‌ها به روش گرمادهی در ۵ مرحله انجام گرفت و در هر مرحله از نمونه‌های بهسازی شده عکس برداری شد و سپس تغییر رنگ آن‌ها در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نهایتاً برای مشخص شدن ارتباط بین نوع بافت و رنگ دهی عقیق با استفاده از مواد شیمیایی، تعدادی از آن‌ها با استفاده از مواد شیمیایی رنگ آمیزی شدند.

فرآوری

برای تعیین ارزش گوه‌ری، کیفیت و نوع جلا و نیز دستیابی به سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش تراش و فرآوری گوه‌ها، اقدام به تراش ۹۶ نمونه از گوه‌های منطقه شد. در فرآوری این گوه‌ها که همه‌ی آن‌ها از گوه‌های خانواده کوارتز بودند بهترین روش با استفاده از روش آزمون و خطا تعیین شد. در این آزمون سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش از نظر اقتصادی، روشی است که پس از برش و فرم دهی، صیقل زنی به روش خشک و بدون آب صورت گیرد، زیرا در این روش از پودر خود سنگ برای صیقل زنی استفاده می‌شود و نیازی به پودر و دیگر عوامل صیقل مانند نمک و چرم نیست. در صیقل کاری نمونه‌ها هر قدر سرعت چرخش دستگاه صیقل زن بیشتر باشد به صیقل با کیفیت بهتری دست می‌یابیم در این رابطه بهترین سرعت، 2800 r/pm به بالاست زیرا در سرعت‌های پایین‌تر پودر کمتری تولید می‌شود و در نتیجه به صیقل با کیفیت پایین دست خواهیم یافت. در این روش در مرحله‌ی سایش و فرم دهی، از دیسک‌های ساب با مش ۱۲۰ استفاده شد زیرا استفاده از دیسک‌های زبرتر، مصرف سمباده و زمان صرف شده برای عمل صیقل کاری را بالا می‌برد (به جای استفاده از سه نوع سمباده با مش‌های متفاوت، نیاز به چهار نوع سمباده است). استفاده از دیسک‌های نرم تر نیز استهلاک دیسک‌ها و در نتیجه هزینه‌ی تراش را بالا می‌برد. در مرحله‌ی صیقل کاری، برای اینکه بتوان ضمن رسیدن به بهترین کیفیت جلا از کمترین مراحل سمباده زنی استفاده شود (برای صرفه جویی در زمان و هزینه) نه تنها از دیسک‌های ساب با زبری

کارهای قدیمی در آبرفت طلا دار کوه زر نام برده‌اند. به گفته‌ی Helmhacker [۳] این ذخایر در قرن چهاردهم میلادی مورد بهره‌برداری قرار گرفت و عیار آن ۲ الی ۳ گرم در تن بوده است. همچنین Dichel [۵] عیار طلا را ۲ تا ۳ گرم در متر مکعب برآورد کرد و به عقیده‌ی او خاستگاه طلا در بین رگه‌های کوارتز است و با گرانیات شرق دهکده‌ی کوه زر ارتباط دارد. از دیگر افراد می‌توان به رشید نژادعمران [۶] اشاره کرد که به سنگ‌شناسی و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو پرداخته است. همچنین آقاجانی [۷] کانسار طلای کوه زر را از نظر ژئوشیمیایی، سنگ‌شناسی و دگرسانی و ارتباط آن‌ها با کانی‌سازی طلا مورد بررسی قرار داده است. لیاقت و همکاران [۸] نیز سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و پیدایش فیروزه‌ی باغو- دامغان را بررسی کردند و معتقدند که در کمربند آتشفشانی - نفوذی، تروند - چاه شیرین در منطقه‌ی باغو، فیروزه به صورت رگچه‌ها و رگه‌هایی به ضخامت ۴ میلیمتر تا ۱۰۲ سانتی‌متر و نیز به صورت دانه‌های پراکنده در سنگ‌های گرانودیوریتی و داسیتی تشکیل شده است. همچنین رضایی شاهزاده و همکاران [۹] ارتباط کانی‌سازی طلا با زمین ساخت و ساخت-های گسل منطقه گندی را مورد بررسی قرار داده‌اند.

بنا به دلایلی همچون نادر بودن ولکانیسم اسیدی در منطقه، گستردگی دگرسانی در این منطقه، افزایش اندازه و فراوانی گوه‌ها با نزدیکی به دایک‌ها (دایک‌ها به عنوان ماشین گرمایی عمل کرده و موجب تسهیل گردش آب‌های جوی در داخل ولکانیک‌ها شده‌اند) و وجود گوه‌ها تنها در نزدیکی ولکانیک‌های دارای متن شیشه‌ای ناپایدار که به کوارتز ثانویه تجدید تبلور یافته‌اند، (تجدید تبلور شیشه ناپایدار به کوارتزهای ثانویه به دلیل اینکه نفوذپری را بالا می‌برد سیستمی برای انتقال سیلیس حتی در دماهای پایین فراهم می‌آورد [۱۱،۱۰]) می‌توان گفت که سیلیس ایجاد کننده گوه‌های منطقه از انحلال متن ولکانیک‌ها و توف‌ها تأمین شده‌اند. در این رابطه توف‌های تجدید تبلور یافته بیشترین سهم را دارند.

هدف از این بررسی دستیابی به سریع‌ترین و مقرون به صرفه ترین روش فرآوری، بهترین روش بهسازی و تعیین عوامل ایجاد کننده رنگ در گوه‌های جنوب تروند است.

روش بررسی

برای فرآوری، بهسازی و تعیین عوامل رنگ‌زا اقدام به عملیات صحرایی و نمونه برداری و تهیه‌ی ۲۴۵ مقطع نازک از انواع عقیق‌ها، جاسپیریت‌ها و اپال‌ها شد. همچنین برای مشخص شدن عوامل رنگ‌زا، تعداد ۳ گونه از عقیق‌ها (به علت تنوع کم

در واقع آنچه در زیر میکروسکوپ دیده می‌شود کاهش میزان اکسید آهن و افزایش رس و کلسیت است. همچنین با توجه به اینکه رس می‌تواند رنگ‌های سفید مایل به زرد یا سفید مایل به خاکستری را در جاسپیریت‌ها سبب شود [۱۲]، بنابراین این رنگ در جاسپیریت‌ها را می‌توان در ارتباط با اکسید آهن همراه با ترکیبی از رس و کلسیت دانست.

در مواردی که بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی تشخیص نوع عامل رنگ‌زا غیر ممکن بود، به بررسی‌های شیمیایی روی آوردیم. در این بررسی‌ها که بر اساس آنالیز شیمیایی به روش ICP-OES انجام شد ۳ گونه از عقیق‌ها (به‌علت تنوع کم رنگ و حجم بسیار کم رنگ‌های دیگر که قابل اغماض بودند، ۳ گونه از عقیق‌ها انتخاب شدند) که شامل ۱ نمونه کارنلین به رنگ نارنجی مایل به صورتی، ۱ نمونه کریزوپراز به رنگ سبز سیبی و ۱ نمونه عقیق خاکستری بود به آزمایشگاه کانساران بینالود ارسال شد که نتایج آن را در جدول (۲) مشاهده می‌کنیم.

متفاوت استفاده شد بلکه در هر مرحله صیقل زنی سمباده با مش‌های متفاوت امتحان گردید تا بهترین مش سمباده در هر مرحله انتخاب شود. در جدول (۱) بهترین مش‌های سمباده برای صیقل کاری هر گوهر آورده شده‌اند.

کیفیت صیقل پذیری تمامی گوهرهای منطقه متوسط تا عالی است که در این میان کیفیت بالای صیقل‌پذیری آگات-های خاکستری، کریزوپرازها و اپال‌ها نسبت به سایر گوهرهای منطقه در خور توجه می‌باشد.

عوامل رنگ‌زا در گوهرهای منطقه ترود

برای مشخص شدن عوامل رنگ‌زا در گوهرهای منطقه، از بررسی‌های میکروسکوپی استفاده شد. بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی لکه‌هایی از اکسید آهن سبب ایجاد رنگ قهوه‌ای و جگری در جاسپیریت‌ها می‌شود که با افزایش تراکم این اکسید رنگ‌های قهوه‌ای و جگری به سیاه تبدیل می‌شوند. در جاسپیریت‌هایی که قهوه‌ای کم رنگ با اندکی تمایل به رنگ زرد هستند (کرم) مقدار زیادی کلسیت و رس مشاهده می‌شود،

جدول ۱ کیفیت صیقل پذیری و بهترین مش‌های سمباده برای صیقل زنی گوهرهای منطقه‌ی ترود.

کیفیت صیقل پذیری	۱۵۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۲۰۰	مش سمباده	نوع گوهر
متوسط	*	*			*		کارنلین (دارای بافت اسفرولیتی)
بسیار خوب	*	*			*		کارنلین (دارای بافت آکسیولیتی و واریولیتی)
خوب			*		*		آگات‌های سفید (دارای بافت اسفرولیتی)
بسیار خوب		*			*		آگات‌های خاکستری کمرنگ (دارای بافت واریولیتی)
عالی	*		*		*		آگات‌های خاکستری (ترکیبی از بافت کریپتوکریتالین، میکروواریولیتی تا میکرواسفرولیتی)
بسیار خوب		*			*		آگات‌های زرد (دارای بافت کریپتوکریتالین)
خوب		*	*		*		کریزوپراز کم رنگ (دارای ترکیبی از بافت‌های آکسیولیتی، واریولیتی، کریپتوکریتالین، فلسیک و گرانولار)
عالی		*	*		*		کریزوپراز (دارای بافت کریپتوکریتالین)
متوسط				*	*		جاسپیریت‌های قهوه‌ای کم رنگ (کرم)
بسیار خوب			*		*		جاسپیریت‌های قهوه‌ای
متوسط				*	*		جاسپیریت‌های جگری
خوب			*		*		جاسپیریت‌های جگری مایل به سیاه
بسیار خوب		*			*		جاسپیریت‌های سیاه
متوسط				*	*		سنگ خون
عالی		*	*		*		اپال

جدول ۲ نتایج آنالیز شیمیایی به روش ICP-OES برای سه نمونه از عقیق‌های منطقه تروند (منظور از DL، حد کشف دستگاه برای عنصر مورد نظر است).

نمونه	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	۰٫۱	۱۰۰	۰٫۵	۵	۰٫۲	۰٫۲	۱۰۰	۰٫۱	۱
KK ₁₀	۰٫۱۵	۵۱۷۳	۲٫۲	۱۶	۰٫۶	۰٫۳۸	۲۱۱۳	۰٫۲۹	۲
M ₄₄	۰٫۱۴	۱۰۵۰	۵٫۲	۹	۲	۰٫۳۸	۵۹۴	۰٫۳	۲
M ₄₅	۰٫۱۵	۵۲۲	۲٫۴	۵	۲٫۵	۰٫۳۹	۵۷۰	۰٫۲۸	۲

نمونه	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li	Mg	Mn
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	۱	۱	۱	۱۰۰	۱۰۰	۱	۱	۱۰۰	۵
KK ₁₀	۲	۱۳۹	<۱	۷۹۱۴	۷۹۸	۱	۵۳	۲۳۲	۷۶
M ₄₄	<۱	۷۲۶	<۱	۸۱۲۱	۲۴۳	<۱	۱۴	۲۳۸	۵۹
M ₄₅	۳	۴۳۰	<۱	۹۹۹۶	۱۱۰	<۱	۲	۳۷۲	۷۷

نمونه	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	۰٫۵	۱۰۰	۱	۱۰	۱	۵۰	۰٫۵	۰٫۵	۲
KK ₁₀	۱٫۵۸	۲۲۵۸	۶	۵۷	۸	۹۸	۱۲٫۵	۰٫۵	۵
M ₄₄	۱٫۲۸	۷۰۵	۱	۶۵	۶	<۵۰	۱٫۱۸	۰٫۵	<۲
M ₄₅	۷٫۵	۴۲۳	۱۷	۵۰	۷	۵۴	۱٫۱۴	۰٫۵	<۲

نمونه	Th	Ti	U	V	Y	Yb	Zn	Zr
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
DL	۰٫۵	۱۰	۰٫۵	۱	۰٫۵	۰٫۲	۱	۵
KK ₁₀	۲٫۵	۷۰	۲٫۱	۸	۱	>۰٫۲	<۱	<۵
M ₄₄	۲٫۳	۸۲	۲	۵	۱	۰٫۳	<۱	<۵
M ₄₅	۲٫۲	۲۹	۲٫۲	۱۴	۱	۰٫۴	<۱	<۵

از ۱ ppm، ۵۹ ppm و ۵ ppm در پایین‌ترین مقدار قرار دارند. مقدار آهن نیز در عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی ۹۹۹۶ ppm در عقیق‌های خاکستری ۸۱۲۱ ppm و در کریزوپرازها ۷۹۱۴ ppm است که می‌تواند نشان دهنده تأثیر عنصر آهن در ایجاد رنگ عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی باشد. البته در این زمینه باید نقش عناصر کبالت، منگنز و وانادیم را نیز که مقدار آن‌ها در این عقیق‌ها بیشتر از سایر عقیق‌هاست در نظر گرفت. اما عنصری که به مقدار قابل توجهی در عقیق‌های خاکستری وجود دارد کروم است به طوری که مقدار آن در این عقیق‌ها ۷۲۶ ppm و بالاتر از عقیق‌های دیگر است. این در حالی است که مقدار این عنصر در عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی ۴۳۰ ppm و در کریزوپرازها ۱۳۹ ppm است. عنصر دیگری که در این عقیق‌ها از مقدار بالایی برخوردار است تیتانیم با مقدار ۸۲ ppm است. مقدار تیتانیم در کریزوپرازها نیز ۷۰ ppm و در عقیق‌های نارنجی مایل به-

مقدار، آلومینیوم، کلسیم، پتاسیم و سدیم در کریزوپرازها بیشتر و در عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی کمتر از عقیق‌های دیگر بود به گونه‌ای که میزان این عناصر در کریزوپرازها به ترتیب ۵۱۷۳ ppm، ۲۱۱۳ ppm، ۷۹۸ ppm و ۲۲۵۸ ppm در عقیق‌های خاکستری ۱۰۵۰ ppm، ۵۹۴ ppm، ۲۴۳ ppm و ۷۰۵ ppm و نیز در عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی ۵۲۲ ppm، ۵۷۰ ppm و ۱۱۰ ppm بوده است. البته میزان بالای کلسیم در کریزوپرازها را می‌توان در ارتباط با کانی کلسیت موجود در آن‌ها دانست (با توجه به بررسی‌های سنگ نگاری) که خود می‌تواند در روشنی رنگ کریزوپرازها نقش داشته باشد. در عوض عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی نیکل، کبالت، منگنز و وانادیم بیشتری نسبت به دو نوع دیگر دارند. مقدار این عناصر برای این عقیق‌ها به ترتیب ۱۷ ppm، ۳ ppm، ۷۷ ppm و ۱۴ ppm بوده است. این در حالی است که عقیق‌های خاکستری به ترتیب با مقادیر ۱ ppm، کمتر

به اینکه این روش برای رنگ آمیزی عقیق‌ها روش مناسبی است، بنابراین در زیر به چگونگی رنگ‌آمیزی آن‌ها با این روش می‌پردازیم.

جذب رنگ در انواع عقیق‌ها متفاوت بوده و به خلل و فرج و محتوای آب در هر یک از لایه‌های آن‌ها بستگی دارد. از آنجا که مواد رنگ‌زای غیر آلی رنگ کمتری دارند و در مقابل نور به تدریج کمرنگ می‌شوند از این مواد برای رنگ آمیزی استفاده می‌شود [۱۶].

۳. روش استفاده از پرتو رادیواکتیو: این روش در بسیاری از گوهرها، رنگ مطلوبی به‌وجود می‌آورد، ولی تنها در موارد بسیار کمی رنگ‌ها دائمی بوده‌اند. منابع مختلف رادیواکتیو عبارتند از: پرتوهای ایکس، ذرات آلفای حاصل از یک شتاب دهنده، نوترن‌های حاصل از پیل‌های اتمی و پرتوهای گامای حاصل از کبالت ۶۰. این روش موثرترین روش در بهبود رنگ الماس، توپاز و کوارتز بوده است [۱۴].

صورتی ۲۹ ppm است. بنابراین با توجه به این مقادیر، عناصر تیتانیوم و کروم را می‌توان عامل رنگ‌زا در عقیق‌های خاکستری دانست (شکل ۲).

بهسازی گوهرهای منطقه

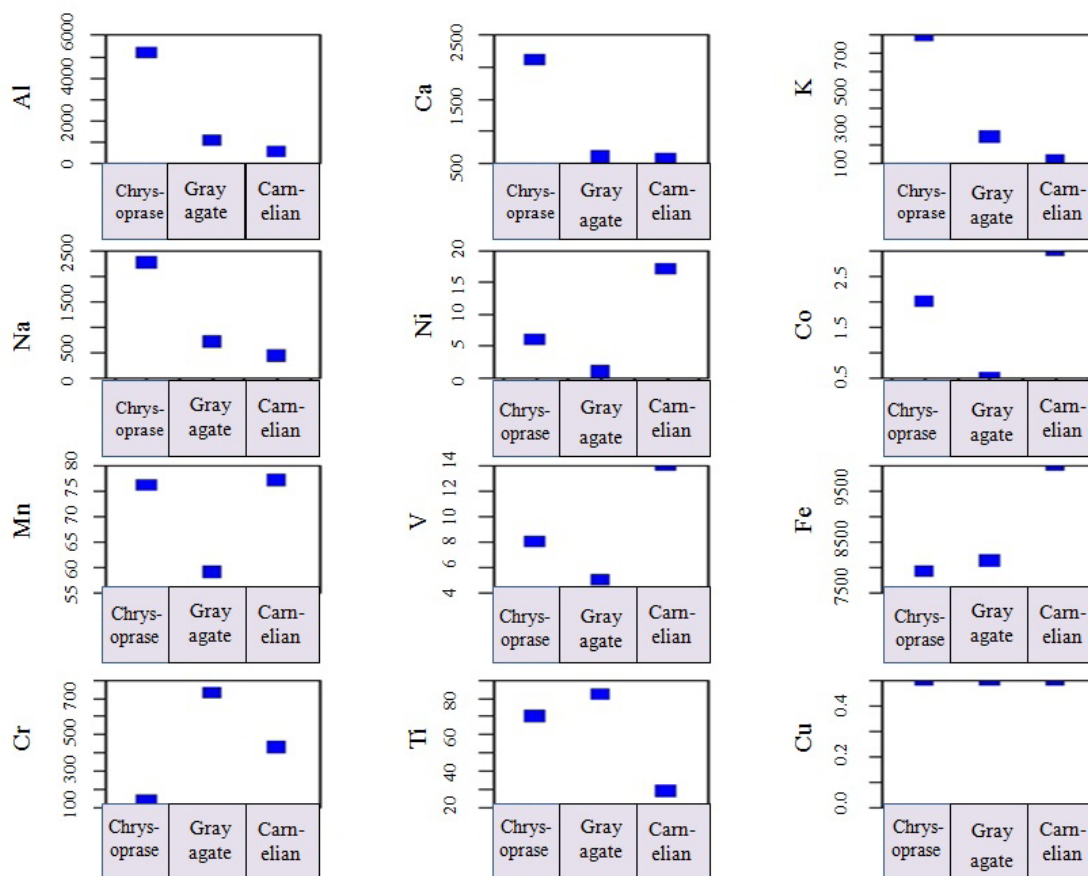
برخی از کانی‌های نیمه قیمتی به دلیل نامرغوب بودن رنگ، ارزش گوهری پایینی دارند که می‌توان با رنگ آمیزی مصنوعی به ارزش اقتصادی آن‌ها افزود [۱۳].

عموماً رنگ آمیزی مصنوعی کانی‌ها و سنگ‌های نیمه قیمتی به یکی از سه روش زیر صورت می‌پذیرد.

۱. روش گرما دادن: گوهرهایی که این روش در آن‌ها بسیار موثر است، عبارتند از زیرکن، کوارتز، بریل، توپاز و زویزیت (تانزانیت) [۱۴]. عامل اصلی در تغییر رنگ گوهرها در این روش مربوط به توزیع مجدد مولفه‌های رنگ ساز در بافت آن-هاست [۱۵].

۲. روش استفاده از محلول‌های شیمیایی: این روش بیشتر برای رنگ آمیزی کلسدونی، یشم و فیروزه تأثیر دارد [۱۴]. با توجه

Multiple plot of SiO₂ vs. Al, K, Na, Ni, Co, Mn, V, Fe, Cr, Ti, Cu



شکل ۲ مقدار عناصر رنگ‌زا در کریزوپرازها، عقیق‌های خاکستری و کارنلین‌ها.

مواد شیمیایی متفاوت رنگ‌های مختلفی به عقیق‌ها می‌دهند و قبل از رنگ آمیزی مشخص است که عقیق‌ها به چه رنگی در خواهند آمد، بنابراین این آزمایش برای تعیین کافی بودن خلل و فرج عقیق‌هایی با بافت‌های متفاوت و واکنش انواع بافت‌ها نسبت به جذب مواد شیمیایی انجام شد. لازم به یادآوری است که برای جلوگیری از بسته‌شدن روزنه‌ها، نمونه‌های مورد نظر پیش از این آزمایش تراش داده شدند، ولی صیقل دادن پس از آزمایش انجام پذیرفت.

در این روش ۸ نمونه عقیق با بافت‌های مختلف به دو روش رنگ آمیزی شدند. در روش اول ۴ نمونه از عقیق‌ها در محلول غلیظ شکر به مدت ۱ ساعت و ۱۵ دقیقه و سپس در اسید سولفوریک ۲۰ درصد ۴۰ دقیقه جوشانده شدند. بعد از انجام این کار، تعدادی از عقیق‌ها به رنگ سیاه در آمدند که پس از صیقل به خاکستری تغییر رنگ دادند (شکل ۴، الف، پ و ت). عقیق‌هایی که دارای بافت‌های میکرواسفروولیتی و میکروواربولیتی بودند به رنگ قابل قبول تری نسبت به عقیق‌های دیگر دست یافتند. عقیق‌هایی که دارای بافت کریبتوکریستالین بودند به صورت خیلی سطحی رنگ گرفتند به گونه‌ای که در مراحل اول صیقل زنی رنگ‌های ایجاد شده تقریباً محو شدند.

در روش دوم که هدف زرد رنگ کردن عقیق‌ها بود، کار در ۳ مرحله انجام گرفت و در هر مرحله محلول اسیدکلریدریک با غلظتی خاص مورد استفاده قرار گرفت. در اینجا از محلول‌هایی با غلظت ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ استفاده شد.

نحوه انجام این آزمایش چنین بود که پس از قرار دادن آگات‌ها در اسید کلریدریک و اشباع آن‌ها که بسته به ضخامت عقیق تراش داده شده و نوع بافت آن‌ها ۳۰ تا ۶۰ ساعت به طول انجامید، به مدت ۱ ساعت داخل همان محلول جوشانده شدند.

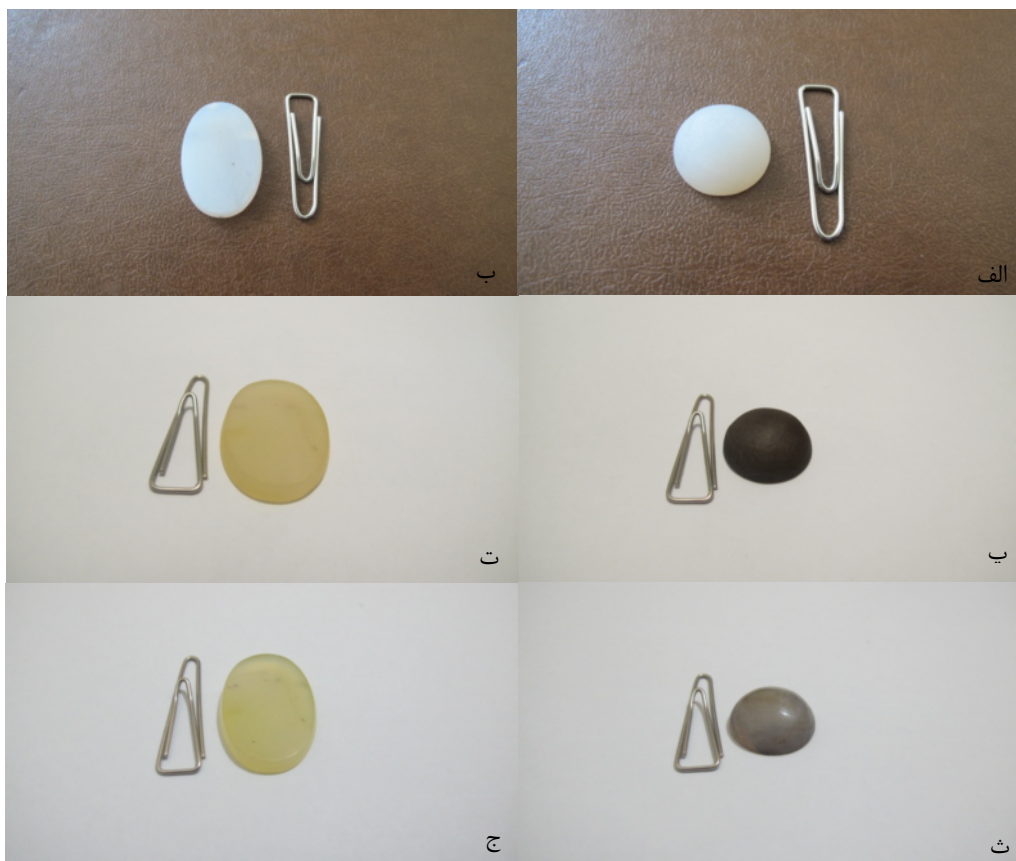
استفاده از محلول‌های ۱۰٪ و ۲۰٪ عقیق‌ها را تغییر رنگ چندانی نداد، ولی محلول با غلظت ۳۰٪ رنگ قابل قبولی در عقیق‌ها ایجاد کرد. این رنگ که زرد لیمویی است پس از صیقل زنی کمی کم رنگ‌تر شد (شکل ۴، ب، ت و ج). در این روش نیز عقیق‌هایی با بافت میکرواسفروولیتی و میکروواربولیتی نسبت به سایر بافت‌ها به میزان بیشتری رنگ گرفتند و عقیق‌هایی که دارای بافت آکسیولیتی و واربولیتی بودند رنگ چندانی نگرفتند.

برای بهسازی گوه‌های منطقه تروود از دو روش گرما دادن و بکار بردن محلول‌های شیمیایی استفاده شد. در روش گرما دادن، تعداد ۲۳ نمونه از گوه‌های منطقه پس از تراش و صیقل دهی، در کوره الکتریکی دیجیتالی در ۵ مرحله گرما داده شدند. در مرحله اول گوه‌ها تا دمای 150°C ، در مرحله دوم تا دمای 250°C ، در مرحله سوم تا دمای 350°C ، در مرحله چهارم تا دمای 450°C درجه‌ی سانتی‌گراد و بالاخره در مرحله پنجم تا 550°C درجه‌ی سانتی‌گراد گرما داده شدند. زمان توقف دما در دمای بیشینه در هر مرحله ۳۰ دقیقه و سرعت بالا بردن دما نیز تا مرحله ۴ یعنی دمای 450°C درجه‌ی سانتی‌گراد ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر دقیقه و در مرحله آخر یعنی 550°C درجه‌ی سانتی‌گراد برای پیشگیری از شکسته شدن سنگ‌ها 2.5°C درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه بود. نتایج آزمایش به شرح زیرند.

در ۲ مرحله اول یعنی تا دمای 250°C درجه‌ی سانتی‌گراد هیچ تغییر رنگی در گوه‌ها مشاهده نشد. در دمای 350°C درجه‌ی سانتی‌گراد تغییر رنگی در سنگ خون و جاسپیریت‌های جگری مایل به سیاه و سیاه مشاهده نشد، ولی کارنلین‌های پررنگ، کریزوپرازها، عقیق‌های خاکستری، عقیق‌های سفید و اپال‌ها کمی تیره‌تر و عقیق‌های زرد نیز کمی پر رنگ تر شدند. همچنین کارنلین‌هایی با رنگ روشن‌تر نیز کمی به رنگ زرد متمایل شدند. در این دما جاسپیریت‌های قهوه‌ای کرم به رنگ قهوه‌ای سرخ، و جاسپیریت‌های قهوه‌ای نیز به رنگ جگری درآمدند (شکل ۳، الف، ب، پ و ت). دمای 450°C درجه‌ی سانتی‌گراد نیز موجب روشن‌تر شدن رنگ کارنلین‌ها، عقیق‌های خاکستری، سفید و زرد و همچنین اپال‌ها شد. همچنین جاسپیریت‌هایی که در دمای 350°C درجه‌ی سانتی‌گراد به رنگ قهوه‌ای سرخ در آمدند در این دما کمی تیره‌تر شدند. گوه‌های دیگر تغییر چندانی نشان ندادند (شکل ۳، ت و ج). در دمای 550°C درجه‌ی سانتی‌گراد نیز بیشتر سنگ‌ها یا شکسته شدند، و یا ترک برداشتند. این ترک‌ها و شکستگی‌ها در سنگ‌های دارای ساخت موزاییکی محسوس‌تر و منطبق بر مرز موزاییک‌ها بودند. در این دما اپال‌ها و سنگ خون‌ها در مقابل گرما مقاومت خوبی نشان دادند. این دما سبب شد تا رنگ اپال‌ها به صورتی و رنگ سنگ خون‌ها به زرد متمایل شود (سبز زیتونی) (شکل ۳، ج و ح). عقیق‌های خاکستری کم رنگ نیز در هر مرحله با افزایش دما کم رنگ‌تر شدند (شکل ۳، الف، ب، پ، ت، ث، ج، چ و ح). در روش استفاده از مواد شیمیایی، با توجه به این که



شکل ۳ الف و ب، رنگ گوهرهای منطقه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد. الف، ۱ عقیق خاکستری کم رنگ ۲ سنگ خون. ۳ عقیق خاکستری. ۴ و ۸ عقیق سفید. ۵ جاسپیریت جگری. ۶ اپال. ۷ عقیق زرد. ۹، کریزوپراز. ۱۰ جاسپیریت سیاه. ۱۱ جاسپیریت نواری. ۱۲ جاسپیریت کرم. ب، ۱۳. جاسپیریت قهوه‌ای ۱۴، ۱۹ و ۲۲ عقیق نارنجی تا نارنجی مایل به صورتی. ۱۵ و ۱۷ کریزوپراز. ۱۶ جاسپیریت کرم. ۱۸ جاسپیریت جگری. ۲۰ جاسپیریت جگری مایل به سیاه. ۲۱ عقیق خاکستری. ۲۳ عقیق سفید شجری. پ و ت، رنگ گوهرهای منطقه در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد. ث و ج، رنگ گوهرهای منطقه در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد. چ و ح، رنگ گوهرهای منطقه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد.



شکل ۴ رنگ آمیزی عقیق‌های ترود با استفاده از مواد شیمیایی. الف و ب، قبل از رنگ آمیزی. پ، عقیق رنگ آمیزی شده به وسیله روش استفاده از محلول شکر و اسید سولفوریک، قبل از صیقل. ت، عقیق رنگ آمیزی شده به وسیله روش استفاده از اسید کلریدریک، قبل صیقل. ث، عقیق رنگ آمیزی شده به وسیله روش استفاده از محلول شکر و اسید سولفوریک، بعد صیقل. ج، عقیق رنگ آمیزی شده به وسیله روش استفاده از اسید کلریدریک، بعد از صیقل.

برداشت

در فرآوری نمونه‌ها سریع‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین روش، روشی است که در مرحله‌ی ساییش و فرم دهی از دیسک‌های ساب با مش ۱۲۰ و در مرحله‌ی صیقل زنی کار بدون آب انجام شود. تمرکزهای مختلف اکسید آهن و نیز کانی‌های کلسیت و رس، تنوع رنگ در جاسپیریت‌های منطقه‌ی ترود را موجب شد، به نحوی که با افزایش اکسید آهن رنگ جاسپیریت‌ها به جگری مایل به سیاه و سیاه و با افزایش کانی‌های کلسیت و رس، رنگ آن‌ها با کرم تمایل پیدا می‌کرد. همچنین بر اساس آنالیز ICP-OES، می‌توان رنگ کریزوپرازاها را علاوه بر وجود نیکل که سبب پیدایش رنگ سبز سبزی شده در ارتباط با عناصر آلومینیم، کلسیم، پتاسیم و سدیم دانست که روشنی رنگ را در این گوهرها فراهم کردند. علاوه بر آن عامل رنگ در عقیق‌های نارنجی مایل به صورتی را می‌توان در ارتباط با عناصر آهن،

کبالت، منگنز و وانادیم و عقیق‌های خاکستری را در ارتباط با عناصر کروم و تیتانیم دانست. بهترین روش برای رنگ آمیزی عقیق‌های زرد و جاسپیریت‌های کرم، روش گرمادهی در دمای ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همچنین بهترین روش برای رنگ آمیزی سنگ خون‌ها و اپال‌ها نیز روش گرمادهی در دمای ۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. در روش استفاده از مواد شیمیایی نیز گوهرهای دارای بافت میکرواسفرولیتی و میکروواریولیتی بهترین گوهرها برای رنگ آمیزی هستند زیرا مواد شیمیایی رنگ‌زا می‌توانند در فضای خالی بین میکرواسفرها و میکروواریول‌ها نفوذ کنند.

مراجع

[۱] حاج‌علیلو ب.، وثوق ب.، مؤذن م.، "ویژگی‌های کانی-شناسی، ژئوشیمی و علل تنوع رنگ در آگات‌های میانه، شمال

- [۹] رضایی شاهزاده ز.، بوذری س.، بدخشان ممتاز ق.، "ارتباط کانی سازی طلا با زمین ساخت و ساخت‌های گسله منطقه گندی (جنوب دامغان)"، مجله جهاد دانشگاهی شهید بهشتی، شماره ۲۲ (۱۳۹۰) ص ۱۰۷-۱۱۴.
- [10] Landmesser M., "Mobility by metastability: silica transport and accumulation at low temperatures", ChemErde (1995) 55:149-176
- [11] Landmesser M., "Mobility by metastability in sedimentary and agate petrology applications", ChemErde (1998) 58:1-22.
- [12] Donoghue M., "Gems", Elsevier, (2006) 937.
- [13] Hurlbut C.S., Kammerling R.S., "Gemology", John Wiley, Sons, New York, (1991) 336.
- [14] Cornelis S., Hurlbut J. R., "Manual of Mineralogy", John wiley & Sons, INC. New York (1993) 681.
- [15] Bauer Jaroslav, "A field guide in color to minerals, rocks and precious stones", Artia, Prague, (1997) 208.
- [۱۶] ادیب د.، "جهان جواهرات، کلیات جواهرشناسی"، چاپخانه آرمان (۱۳۶۹) ص ۳۶۲.
- عرب ایران" مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۳ (۱۳۹۰)، ص ۴۲۷-۴۲۸.
- [۲] هوشمندزاده ع.، علوی نائینی م.، حقی پور ع.، "نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود"، سازمان تحقیقات زمین شناسی و معدنی کشور، (۱۳۵۷).
- [3] Helmhacker R., "Die nutzarentagersttten Persians", Z. prakt. Geol. V. G, (1898) 40.
- [4] Henmacke L., "Die Bodenschätze Persians", Z.f. Berg-Hutten. Salinenwesen v 47.(1899). 272-274.
- [5] Dichel E., "Beitrag Zur Kenntnis der Erzfundstellen Irans" Schweizminerpetrogr. Mitt. V. 24, Zurich (1944).
- [۶] رشید نژاد عمران ن.، "بررسی تحولات سنگ شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی سازی طلا در منطقه باغو (جنوب-جنوب شرق دامغان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دانشگاه تربیت معلم تهران (۱۳۷۱) ص ۲۵۴.
- [۷] آقاجانی ح.، "بررسیهای ژئوشیمیایی، پترولوژیکی و دگرسانی کانسار طلایی کوه زر و ارتباط آنها با کانی سازی طلا (باغو- دامغان)"، اولین کنفرانس دانشجویی مهندسی معدن (۱۳۷۸).
- [۸] لیاقت س.، شیخی و.، نجاران م.، "مطالعه پترولوژی، ژئوشیمیایی و ژنز فیروزه باغو-دامغان"، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و چهارم، شماره ۲ (۱۳۸۷) ص ۱۳۳-۱۴۲.