

Irena Balčiūnaitė, Arūnas Kleišmantas, Vilniaus universitetas

GRANATŲ SPALVŲ ĮVAIROVĖ

Anotacija

Balčiūnaitė I., Kleišmantas A. Granatų spalvų įvairovė // Geologijos akiračiai. ISSN 1392–0006. 2011. Nr. 1–2. 25–28 p.

Granatas ypatingomis spalvomis ir spindesiu žavi žmoniją. Granatai skirstomi į dvi grupes: piralspito ir ugrandito. Grupės tarpusavyje skiriasi chemine sudėtimi ir spalva. Piralspiti yra rausvi, o ugranditai – žalsvi. Piralspiti yra piropas, almandinas ir spesartinas, o ugranditus sudaro uvarovitas, grosuliaras ir andraditas. Dėl žalios granatų spalvos retumo buvo tirtas demantoidas, topazolitas, tsavoritas, grosuliaras, hidrogrosuliaras ir uvarovitas. Žalios spalvos granatai susidaro karbonatinėje aplinkoje, kurios cheminėje sudėtyje yra kalcio. Buvo tirta ugranditų grupės žalsvos ir rausvos spalvos mineralų cheminė sudėtis. Tirti 10 cheminių elementų kiekiai. Nustatyta, jog spalva priklauso net nuo labai mažo chromo ir vanadžio kiekio.

Atlikus cheminių elementų tyrimus mineralo atmainose nustatyta, jog daugiausia chromo turinti atmaina yra hidrogrosuliaras (3,878 proc.), o daugiausia vanadžio – tsavoritas (0,080–0,290 proc.). Nustatyta, kad uvarovitui pakanka labai mažai chromo (0,033 proc.) ir vanadžio (0,003 proc.) kiekio, kad jo spalva būtų sodriai žalia.

Keywords: garnet, demantoid, topazolite, tsavorite, grossularite, uvarovite, andradite

Received 10 March 2011, accepted 28 April 2011

Vilnius University, Department of Geology and Mineralogy, Čiurlionio 21/27, 03101 Vilnius, Lithuania
Tel. 852398275, arunas.kleismantas@gf.vu.lt, irena.balciunaite@gf.stud.vu.lt

Įvadas

Granatas jau tūkstančius metų ryškiai raudona spalva ir blizgesiu žavi žmoniją. Viduramžiais granatas vokiškai buvo vadinamas „karfunkel“ – karbunkulu, kuris primena ryškią raudoną spalvą, laužo žiežirbas (www.mokslai.lt). Kai kuriose šalyse granatas dėl raudonos spalvos klaidingai vadinamas rubinu, kaip pavyzdžiui PAR randamas raudonos spalvos granatas vadinamas „Kapo rubinu“, o JAV – „Arizonos rubinu“, „Montanos rubinu“. Dėl ypatingo granatų grožio su jais yra gaminami papuošalai, puošiami juvelyriniai dirbiniai (Буканов, 2001; Фрея, 1985; Бетехтин, 1956).

Granatai puikiai tinka kasdieniam nešiojimui, nes yra patvarūs ir atsparūs (kietumas – 6,5–7,5). Tik gavę didelį smūgį ar esant aukštai temperatūrai jie gali sutrūkti. Juos nesudėtinga

Abstract

Balčiūnaitė I., Kleišmantas A. Variety of Garnet Colours // Geologijos akiračiai. ISSN 1392–0006. 2011. No. 1–2, pp. 25–28.

Garnets fascinates mankind with its special colours and brilliance. Garnets are distinguished into two groups: pyralspites and ugrandites. Groups can be distinguished by chemical composition and colour. Pyralspites are redish and ugrandites are greenish. Following minerals are considered to be pyralspites: pyrope, almandine and spessartine. And following minerals are considered to be ugrandites: uvarovite, grossularite and andradite. Because of green colour rareness between garnets following minerals were analyzed: demantoid, topazolite, tsavorite, grossularite, hydrogrossularite and uvarovite. Green garnets formate in carbonated medium as there is some calcium in chemical composition. Chemical composition of greenish and redish minerals of ugrandites was analyzed. Contents of 10 chemical elements were analyzed. It was set that colour depends even on a very little of chromium and vanadium.

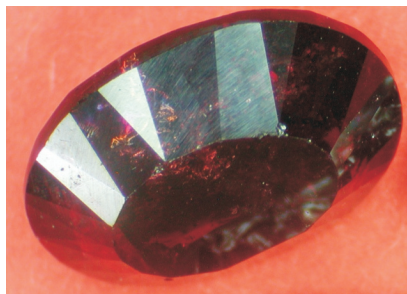
After analysis of chemical elements in different modifications of the mineral it was set that the greatest part of chromium (3,878%) is in hydrogrossularite and the greatest part of vanadium (0,080–0,290%) is in tsavorite. It was set that a very slight quantity of chromium (0,033%) and vanadium (0,003%) is sufficient to colour the mineral rich green.

nušlifuoti. Nušlifuotų granatų privalumas yra didelis šviesos atspindėjimo laipsnis, dėl kurio jie taip ir blizga. Labai įdomi ir gamtinė kristalo forma. Tipiška apvali granato forma primena granatmedžio sėklas.

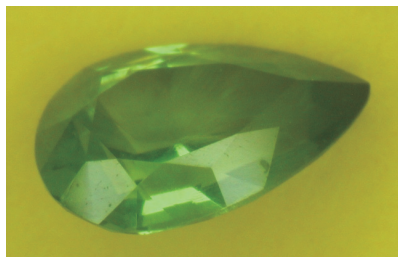
Nuostabūs raudoni granatai dažnai aptinkami senovinėje juvelyrikoje. Kaip įprasta, jiems būdinga šilta ir sodri raudona spalva (1 ir 2 pav.). Tačiau vis didesnį susidomėjimą sukelia kitų spalvų granatai. Labiausiai vertinami itin spindintys žalios spalvos granatai (3 pav.), patrauklūs gelsvos (4 pav.), rožinės spalvos (5 pav.) ir bespalviai granatai. Mažai žmonių žino, kad granatai būna kitų ryškių ir gražių spalvų. Tradicinį raudonos spalvos granato įvaizdį pakeitė nauji telkiniai, kuriuose rasta ir kitokių spalvų granatų. Daugiausiai šių telkinių yra Afrikoje, vertingiausi žalios spalvos granatai randami Urale. Šiame straipsnyje apžvelgsime visus granato



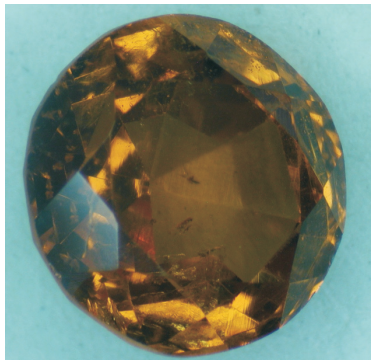
1 pav. Almandinas (Indija).



2 pav. Piropas (Rusija).



3 pav. Demantoidas, andradito atmaina (Uralas, Rusija).



4 pav. Hesonitas, grosuliario atmaina (Indija).



5 pav. Rožinis grosuliaras, grosuliario atmaina (Indija, A. Kleišmanto nuotraukos).

grupės mineralus, o detaliau išanalizuosime žaliuos spalvos granato atmainas.

Tyrimo metodai

Buvo tirti žalsvų atspalvių granatų 13 mineralų ir 4 mineralų agregatai. Juose buvo nustatyti cheminių elementų kiekiai. Cheminės analizės duomenys nustatyti indikuotos plazmos optinės emisijos spektrometru OPTIMA 7000 DV Hardware Guide (gamintojas – Perkin Elmer).

Bendra granatų charakteristika. Granatas (lot. *granatus* – „grūdą“) – silikatų klasės silicinis (nezosilikatas) mineralas. Granatas būna įvairių spalvų: raudonas, rudai raudonas, violetiniai raudonas, rausvas, žalias, geltonai žalias, juodai rudas, juodas, bespalvis. Bendra granato formulė yra $X_3Y_2(SiO_4)_3$, čia: X_3 gali būti magnis,

kalcis, geležis, manganas, rečiau – titanas, fosforas, itris; Y_2 – aluminis, geležis, rečiau – chromas, vanadis, cirkonis.

Kartais silicis gali būti iš dalies pakeistas aliuminio, o silicio tetraoksidas (SiO_4) – tetrahidroksido (OH)₄ grupe. Magnis ir geležis granatų grupėje gali izomorfiškai keisti vienas kitą, bet kuriuo santykiu; trivalenčiai elementai aluminis ir geležis taip pat gali tarpusavyje keistis. Dažniausiai bet kurios granato atmainos cheminė sudėtis retai atitinka savo formulę – dažniausiai būna susimaišiusios kelios atmainos.

Priklausomai nuo cheminių elementų pasiskirstymo mineralo yra skiriamos dvi granatų eilės: piralspito ir ugrandito. Piralspito eilės raudonos spalvos mineralai, susidarę kristalinėse uolienose, yra piropas $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$, almandinas $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$, spesartinas $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$. Ugrandito eilės žaliuos spalvos mineralai, susidarę karbonatinėje aplinkoje, yra uvarovitas $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$, andradito $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$ atmaina – demantoidas ir grosuliario $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ atmainos – tsavoritas ir hidrogrosuliaras. Granato eilės pavadinimas sudarytas iš pirmų granato grupių raidžių. Piralspito – nuo žodžių piropas + almandinas + spesartinas; ugrandito – nuo uvarovitas + grosuliaras + andraditas.

Granatų atmainos, jų pavadinimų kilmė ir paplitimas. Manoma, kad granato pavadinimą sukūrė 1270 m. viduramžių alchemikas Albertas Didysis. Nuo 1803 m. terminas buvo taikomas daugiau nei tuzinui įvairių panašios cheminės sudėties mineralų.

Piropo pavadinimas kilęs iš graikų kalbos žodžio, kuris reiškia „ugnis“. Pirmą kartą šią atmainą 1803 m. taip pavadino Abraomas Verneris. Gryno piropo dar nerasta, gamtoje jis aptinkamas kaip mišinys su almandinu ir grosuliaru. Dažniausiai aptinkamas magminėse uolienose ir serpentizuotuose peridotituose arba kimberlituose, susietas su deimantu, serpentinu, špineliu, piroksenais ir olivinu.

Almandino pavadinimas kilęs nuo Alabandos vietovės Turkijoje, kur buvo išgaunami „alabandos karbunkulai“, aprašyti dar Plinijaus 77 m. pr. Kr. Pavadinimą 1546 m. suteikė Georgijus Agrikola. Tai labiausiai paplitusi granatų atmaina, dažniausiai randama kristaliniuose skaluose, gneisuose ir amfibolituose.

Spesartinas. Pavadintas nuo Spesarto vietovės Vokietijoje. 1832 m. jam pavadinimą davė F. Biodanas. Tai mažiau paplitęs granatas, aptinkamas granitiniuose pegmatituose, riolituose ir uolienose su padidėjusiu mangano kiekiu, susietas su rodolitu, kvarcu ir sfereritu. Dideli oranžinio atspalvio juvelyriniu atžvilgiu kokybiški kristalai randami Minas Žerajo vietovėje Brazilijoje ir Madagaskare.

Grosuliaras. Taip pavadintas 1811 m. A. Vernerio dėl panašumo savo spalva į agrasto uogą – *R. grossularia*. Aptinkamas kontaktinio ir regioninio metamorfizmo klintyse, susietas su volastonitu, kalcitu, vezuvianu, diopsidu ir epidotu. Reikšmingiausios radimvietės yra Meksikoje (Mondos) ir Pietų Afrikos Respublikoje (Transvalyje).

Andraditui pavadinimą 1868 m. davė Braunas Deno brazilų mineralogo Jorgo d'Andrado garbei, kuris pirmasis aprašė šią atmainą. Paprastai aptinkamas kontaktinio metamorfizmo klintyse – Frankline (JAV), serpentinitiniuose ir chloritiniuose skalūnuose – Urale (Rusija), San Benito provincijoje (JAV).

Uvarovita H. Hesas 1832 m. pavadino grafo Uvarovo, Sankt Peterburgo Rusijos mokslų akademijos prezidento, garbei. Aptinkamas serpentinituose, susietas su chromitu, chromito radimvietėse Outokumpu (Suomija), Biserske (Uralas), Rioruse (Norvegija), Pik-Psete (Prancuzija), titano turintys granatai randami šarminėse uolienose, pvz. nefelininiuose sienituose.

Dėl labai didelio izomorfizmo K. Frėjus išskiria kimceitą ir goldmanitą. *Kimceitas* $\text{Ca}_3\text{Zr}_2(\text{Al}_2\text{Si})\text{O}_{12}$ randamas karbonatituose, o *goldmanitas* $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – kontaktinio metamorfizmo klintiniuose smiltainiuose, turinčiuose savo sudėtyje urano ir vanadžio (Фрея, 1985; Бетехтин, 1956).

Granatų spalvos. Granatus galėtume sukirstyti ir pagal spalvas.

Raudonieji granatai – grosuliaras, piropas, almandinas, spesartinas (mandarino granatas), rodolitas, avietinis granatas (grosuliario atmaina), rozolitas (grosuliario atmaina), imperialinis granatas (šviesiai rožinė, skaidri grosuliario atmaina);

Geltonieji granatai – topazolitas (andradito atmaina), hesonitas (cinamoninis granatas, grosuliario atmaina), tsavoritas (smaragdiškai žalia grosuliario atmaina);

Žalieji granatai – demantoidas (andradito atmaina), uvarovitas, agrastinis granatas (grosuliario atmaina), hidrogrosuliaras (grosuliario atmaina), tsavoritas (grosuliario atmaina);

Juodas granatas – melanitas (andradito atmaina);

Bespalvis ir baltas granatas – Leukogranatas (grosuliario atmaina), grosuliaras;

Daugiaspalviai arba polichrominiai granatai – grosuliarai.

Rečiausi granatai yra žalios spalvos, todėl ir kaip tyrimo objektą pasirinkome žaliuosius granatus.

Tyrimų rezultatai

Vyraujančių cheminių elementų analizė. Cheminiai elementai buvo tiriami 13 mineralų ir 4 mineralų agregatuose. Atliekant cheminę tyrimų analizę granatų grupės mineraluose buvo nustatyti dešimties cheminių elementų kiekiai. Iš gautų tyrimo analizės duomenų nustatyta, kad cheminiai elementų kiekiai tiriamuose mineraluose kinta.

Tirtuose trijuose tsavorituose, kurių masė buvo nuo 0,037905 g iki 0,084185 g, atitinkamai nustatyta, jog didžiausią procentinę dalį sudaro kalcis ir aliuminis. Kalcio kiekis kinta nuo 23,963 proc. iki 26,094 proc, o aliuminio – nuo 11,034 proc. iki 12,187 proc. (1 lentelė).

Analizuojamuose penkiuose demantoiduose, kurių masė buvo nuo 0,007615 g iki 0,032945 g, atitinkamai nustatyta, kad didžiausią kiekį sudaro geležis ir kalcis. Kalcio procentinė dalis kinta nuo 16,877 proc. iki 22,901 proc.,

Lentelė. Granatų cheminių elementų kiekiai

| Mineralas | Cheminių elementų kiekiai | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Fe ⁿ⁺ , % | Cr ⁿ⁺ , % | Al ⁿ⁺ , % | Ca ⁿ⁺ , % | Mg ⁿ⁺ , % | Mn ⁿ⁺ , % | V ⁿ⁺ , % | Sn ⁿ⁺ , % | Ti ⁿ⁺ , % | Zr ⁿ⁺ , % |
| Tamsiai žalias tsavoritas | 0,686 | 0,702 | 11,307 | 23,963 | 3,494 | 0,295 | 0,154 | 0,954 | 0,200 | 0,010 |
| Vidutinio žalumo tsavoritas | 2,134 | 0,382 | 11,034 | 24,720 | 0,316 | 0,381 | 0,290 | 0,274 | 0,298 | 0,016 |
| Šviesiai žalias tsavoritas | 0,311 | 0,032 | 12,187 | 26,094 | 0,303 | 0,905 | 0,084 | 0,469 | 0,261 | 0,005 |
| Hidrogrosuliaras | 3,774 | 3,878 | 6,458 | 1,410 | 0,211 | 2,063 | 0,080 | 0,509 | 0,170 | 0,021 |
| Grosuliaras | 6,534 | 0,090 | 6,743 | 21,438 | 0,431 | 0,091 | 0,022 | 0,744 | 0,114 | 0,010 |
| Demantoidas 5 | 14,179 | 0,222 | 0,658 | 18,439 | 0,136 | 0,384 | 0,006 | 2,023 | 0,043 | 0,006 |
| Uvarovitas | 20,306 | 0,033 | 1,488 | 23,127 | 0,689 | 0,007 | 0,003 | 2,075 | 0,085 | 0,008 |
| Demantoidas 1 | 17,292 | 1,308 | 0,240 | 22,901 | 0,122 | 0,007 | 0,029 | 2,134 | 0,056 | 0,006 |
| Demantoidas 2 | 16,987 | 0,426 | 0,213 | 20,812 | 0,177 | 0,008 | 0,023 | 2,306 | 0,034 | 0,005 |
| Demantoidas 3 | 15,974 | 0,377 | 0,264 | 19,415 | 0,107 | 0,007 | 0,018 | 2,213 | 0,031 | 0,005 |
| Demantoidas 4 | 15,885 | 0,103 | 0,249 | 16,877 | 0,379 | 0,015 | 0,019 | 2,076 | 0,081 | 0,067 |
| Topazolitas 1 | 20,921 | 0,074 | 0,247 | 18,917 | 0,146 | 0,008 | 0,021 | 2,424 | 0,036 | 0,005 |
| Topazolitas 2 | 15,791 | 0,048 | 0,182 | 21,025 | 0,139 | 0,007 | 0,031 | 2,313 | 0,053 | 0,004 |
| Granatų agregatas 1 | 25,367 | 0,008 | 0,574 | 23,885 | 0,126 | 0,337 | 0,003 | 2,132 | 0,029 | 0,003 |
| Granatų agregatas 2 | 18,764 | 0,017 | 0,825 | 23,289 | 0,239 | 0,406 | 0,003 | 2,149 | 0,031 | 0,004 |
| Granatų agregatas 3 | 15,756 | 0,013 | 0,486 | 20,199 | 0,198 | 0,192 | 0,004 | 2,227 | 0,029 | 0,006 |
| Granatų agregatas 4 | 11,072 | 0,017 | 5,139 | 0,004 | 0,591 | 0,082 | 0,017 | 1,360 | 0,133 | 0,011 |

o geležies – nuo 14,179 proc. iki 17,292 proc.

Tyrimui pasirinktuose topazolitų mėginiuose, kurių masė buvo nuo 0,035095 g iki 0,038740 g, atitinkamai nustatyta, jog didžiausią procentinę dalį sudaro geležis ir kalcis. Kalcio kiekis kinta nuo 18,917 proc. iki 21,025 proc., o geležies – nuo 15,791 proc. iki 20,921 proc.

Analizuotame hidrogrosuliare, kurio masė buvo 0,045309 g, nustatyta, jog didžiausią kiekį sudaro aliuminis – 6,458 proc., beveik vienodą procentinę dalį sudaro chromas (3,878 proc.) ir geležis (3,774 proc.), šiek tiek mažesnę kiekį – manganas (2,063 proc.), nuo jo nedaug skiriasi kalcio užimama procentinė dalis – 1,410 proc.

Darbai pasirinktame grosuliario mineralo, kurio masė buvo 0,027825 g, nustatyta, jog didžiausią procentinę dalį sudaro kalcis – 21,438 proc., geležis – 6,534 proc. ir aliuminis – 6,458 proc., o šiek tiek mažesnę dalį užima manganas – 2,063 proc.

Spalvą lemiančių cheminių elementų analizė. Žalios spalvos granato mineralų atmainų spalva priklauso nuo chromo ir vanadžio. Atlikus cheminių elementų tyrimus mineralo atmainose nustatyta, jog daugiausia chromo turinti atmaina yra hidrogrosuliaras (3,878 proc.), o daugiausia vanadžio – tsavoritas (0,080–0,290 proc.). Tačiau hidrogrosuliaras turi mažai vanadžio (0,080 proc.), o tsavoritas turi mažai

chromo (0,032–0,702 proc.) (lentelė).

Demantoide procentinė chromo dalis sudėtyje yra nuo 0,033 iki 1,308 proc., o vanadžio – nuo 0,006 iki 0,029 proc. Grosuliaras chromo turi 0,090 proc., o vanadžio – 0,022 proc. Topazolitas chromo turi nuo 0,048 proc. iki 0,074 proc., o vanadžio – nuo 0,021 proc. iki 0,031 proc.

Nustatyta, kad mažiausiai chromo (0,033 proc.) ir vanadžio (0,003 proc.) turinti atmaina yra uvarovitas. Pagal atliktų tyrimų rezultatus nustatyta, kad uvarovitui pakanka net labai mažo chromo ir vanadžio kiekio, kuris suteiktų jam sodriai žalią spalvą.

Išvados

Žalios spalvos granatai susidaro karbonatinėje aplinkoje, kurios cheminėje sudėtyje yra kalcio.

Granato spalvos žalumas priklauso nuo cheminių elementų chromo ir vanadžio ir jų kiekio.

Atlikus cheminių elementų tyrimus mineralo atmainose nustatyta, jog daugiausia chromo turinti atmaina yra hidrogrosuliaras (3,878 proc.), o daugiausia vanadžio – tsavoritas (0,080–0,290 proc.).

Nustatyta, kad uvarovitui pakanka net labai mažo chromo (0,033 proc.) ir vanadžio (0,003 proc.) kiekio, kad suteiktų jam sodriai žalią spalvą.

Literatūra

- Бетехтин, А. Г. „Курс минералогии“, 1956, Р. 391–393.
 Буканов, В. „Цветные камни“ / Геммологический словарь, 2001, Р. 23–27.
 Фрея, К. Минералогическая энциклопедия. Недр, Ленинград, 1985.