

Гемоложко изследване на фасетирани ювелирни минерали от Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, София

Николета Цанкова, Радостин Паздеров

София, Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“

Gemological study of faceted jewelry minerals from the Museum of Mineralogy, Petrography, and Resources at the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski” Sofia

Nikoleta Tzankova, Radostin Pazderov

Sofia, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”; E-mails: nikoleta.tzankova@mgu.bg, rpazderov@mgu.bg

Abstract. Selected samples from the main geological exposition in the Museum of Mineralogy, Petrography, and Resources at the University of Mining and Geology “St. Iv. Rilski” were analyzed using standard gemological equipment such as a refractometer, polariscope with conoscopic lens, diffraction grating spectroscope, dichroscope, Hanneman gem filter set, and 10x triplet magnification loupe. This study aimed to identify and characterize mineral varieties for their gemological quality and processing. The identified mineral varieties include almandines, almandine-spessartine, aquamarines, rubellites, spinel-red, blue sapphires, olivines, and seventy-three corundums of different colors and sizes. These results aid in classifying the studied samples and contribute to the existing database for each of them.

Keywords: faceted jewelry minerals, museum, portable gemological equipment.

Резюме. Цел на изследването е с недеструктивни гемоложки методи с преносима апаратура да бъдат определени минералните разновидности и качествените характеристики на избрани образци от основната гемоложка експозиция в Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към МГУ „Св. Ив. Рилски“, както и оценка на типа и качеството на обработка им. Използваната гемоложка апаратура включва: рефрактометър, полярископ с коноскопска леща, оптичен спектроскоп с дифракционна решетка, дихроскоп, комплект филтри на Ханеман, лупа триплет с увеличение 10x. Определените минерални разновидности са както следва: алмандини, алмандин-спесартин, аквамарини, рубелити, шпинел-червен, сини сапфири, оливини и седемдесет и три броя корунди, представляващи колекция от различни цветове с еднакъв размер. Получените резултати допълват базата данни за всеки от изследваните образци, което допринася за яснота и коректност при класифицирането им.

Ключови думи: фасетирани ювелирни минерали, музей, преносима гемоложка апаратура.

Въведение

Голяма част от постъпилите и постъпващи в Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към МГУ „Св. Ив. Рилски“ минерали са по линия на частни дарения или закупени от частни лица. Към тях се отнасят както образци, които понастоящем са изложени в експозицията му, така и такива, които са заведени към основни и обменни фондове. Разнообразието на тези

образци по отношение на видове, разновидности и находища, е значително.

Определянето и етикирането на част от образците е извършвано основно по макроскопски белези и по сведения на лицата, които са ги предоставили като дарение или от които са закупени. За обработените минерали е неприложимо кристаломорфоложко изследване, определяне на твърдост и др. В тази връзка възниква необходимостта от допълнителна апаратурна реви-

зионна диагностика на фасетираните ювелирни минерали, което би допринесло за внасянето на яснота и коректност при класифицирането им.

Цел на изследването е с неструктивни стандартни гемоложки методи да бъдат определени минералните разновидности и качествените характеристики на основната част от фасетираните прозрачни цветни ювелирни минерали, влизащи в състава на експозиционния фонд на Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към МГУ „Св. Ив. Рилски“, както и оценка на типа и качеството на обработка им.

Материал и методи на изследване

Критериите за подбор на минералите за изследване са съобразени с общоприетите класификационни признаци на ювелирните минерали (Kostov, 2003; Wise, 2003; Harizanov, 2004; Read, 2005; Dominy, 2013). Изследвани са тринадесет единични фасетиран кристала и седемдесет и три броя фасетиран сапфири, принадлежащи към лот (партида), наречен “Rainbow line” (Табл. I). Образците са представени по каталожен номер както следва: 4372 – четири броя гранат от район Фауске в Норвегия, колекция Кранц (Табл. Ia); 4581 – два броя берил от щат Минас Жерайс, Бразилия, колекция Кранц (Табл. Ib); 4605 и 4620 – два броя турмалин от

н. Пала, Калифорния, колекция Кранц (Табл. Ic); 5536 – един шпинел, дарение от фирма „Интергеоресурс“ (Табл. Id), 5554 – два броя корунд от неизвестно находище, дарение от проф. Стойнова (Табл. Ie); 5633 и 5634 – два броя оливин, обмен (Табл. If) и 11462 – седемдесет и три броя корунд от н. Андиламена, о. Мадагаскар, дарение от Стефан Янев (Табл. Ig).

Оптичните характеристики на фасетираните образци, а именно – показател на лъчепречупване, оптически характер (изотропен, анизотропен), осност (едноосен или двуосен), оптически знак (положителен или отрицателен) и стойност на двулома, са определени с рефрактометър RGM 900 – професионален модел за диагностика на ювелирни минерали в лабораторни условия. С използването на подходящи имерсионни течности, с него могат да бъдат измерени показатели на лъчепречупване от 1,400 до 1,810. Оптичният характер и осността на образците са изследвани допълнително със стационарен полярископ с коноскопска леща за визуализация на коноскопските фигури. Изследването за плеохроизъм в минералите е проведено с калцитов призмов дихроскоп с две калцитни призми с увеличение 8х. Дихроскопът позволява да се различат изотропни от анизотропни минерали, както и едноосни минерали с дихроизъм от двуосни с трихроизъм. За получаване на допълнителна информация за



ТАБЛИЦА I

Изследвани образци: *a* – гранати от район Фауске, Норвегия, колекция Кранц: кръгла брилянтна шлифовка 6,0×5,9×3,6 mm и 7,0×6,0×4,2 mm, овал 6,7×7,4×2,5 mm, стъпаловидна шлифовка 5,4×4,5×3,3 mm; *b* – берил, щат Минас Жерайс, Бразилия, колекция Кранц: багет 29,5×15,2×9,0 mm, овал 20,0×15,1×9,2 mm; *c* – турмалин, н. Пала, Калифорния, колекция Кранц: кръгла брилянтна шлифовка с редуциран брой фасети 1,9×1,8×1,0 mm и 2,2×2,1×1,6 mm; *d* – шпинел, дарение от фирма „Интергеоресурс“: смесен тип фасетиране 11,4×10,0×4,8 mm; *e* – корунд, неизвестно находище, дарение от проф. Стойнова: стъпаловидна шлифовка 30,1×15,0×9,2 mm и смесен тип фасетиране 20,2×15,1×9,0 mm; *f* – перидот, обмен, смесен тип фасетиране 3,2×3,2×2,2 mm и 3,5×3,5×2,4 mm; *g* – корунди, н. Андиламена, о. Мадагаскар, дарение от Стефан Янев, размери: смесен тип фасетиране 2,0×2,0×1,2 mm.

PLATE I

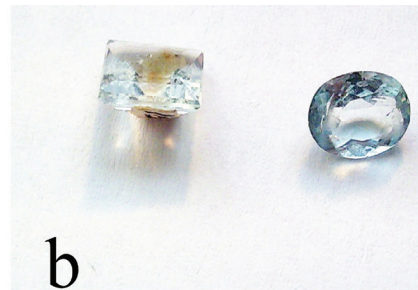
Studied samples: *a*, garnets from the region of Fauske, Norway, Kranz collection: round brilliant cut 6.0×5.9×3.6 mm and 7.0×6.0×4.2 mm, oval 6.7×7.4×2.5 mm, step cut 5.4×4.5×3.3 mm; *b*, beryl, Minas Gerais, Brazil, Krantz collection: baguette 29.5×15.2×9.0 mm and oval 20.0×15.1×9.2 mm; *c*, tourmaline, Pala, California, Krantz collection: round brilliant cut with a reduced number of facets 1.9×1.8×1.0 mm and 2.2×2.1×1.6 mm; *d*, spinel, a donation from Intergeoresources company: mixed cut 11.4×10.0×4.8 mm; *e*, corundum, unknown deposit, a donation from Prof. Stoynova: step cut 30.1×15.0×9.2 mm and mixed cut 20.2×15.1×9.0 mm; *f*, peridot, exchange: mixed cut 3.2×3.2×2.2 mm and 3.5×3.5×2.4 mm; *g*, corundums, n. Andilamena, o. Madagascar, a donation from Stephan Yanev: mixed cut 2.0×2.0×1.2 mm.

ТАБЛИЦА I



a

PLATE I



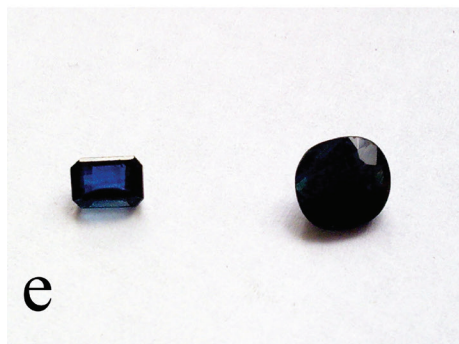
b



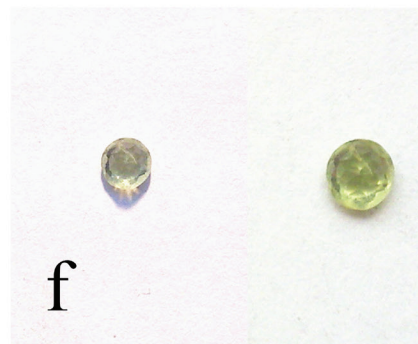
c



d



e



f



g

идентификация на минералите беше използван комплект филтри на Ханеман (Liddicoat, 1993; Dominy, 2013; Hodgkinson, 2015).

Спектърът на поглъщане на светлината от минералите е определен с оптичен спектроскоп OPL с дифракционна решетка за разлагане на бялата светлина и превръщането ѝ в поле от

спектрални линии с равномерно разпределение на цветовите области (Winter, 2003; Anderson, Payne, 2006; Hodgkinson, 2015). Използваният спектроскоп позволява равномерно разпределение на цветовите области.

Типът и качеството на фасетиране са оценени със стандартна лупа за оценка с увеличение 10

пъти и еталонни данни за различен тип фасетиране (Gilbertson, 2016).

За определяне на минералните видове и разновидности са използвани идентификационни таблици за ювелирни минерали (Guenther, 1991; Wise, 2003; Henn, Milisenda, 2004; Dedeyne, Quintens, 2007).

Резултати и дискусия

Резултатите от изследваните цветни ювелирни минерали от Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към МГУ „Св. Ив. Рилски“ са представени по-долу по ред на каталожния номер, с който са картотекирани.

№ 4372 – гранат от район Фауске в Норвегия, колекция Кранц, 4 броя (Табл. Ia)

Три от образците са с брилянтен тип фасетиране, представено от триъгълни и четириъгълни фасети на короната (горната част над рундиста) и павилиона (долната част под рундиста), като двата минерала с кръгла форма на рундиста (поясът между короната и павилиона, за който се закрепват в метал) са с тегло по 1,50 ct, а третият с овален рундист е с тегло 1,31 ct. Четвъртият минерал е фасетиран стъпаловидно с редуциран брой правоъгълни стени с тегло 0,95 ct.

Цветът на минералите е виолетово-червен с тон на наситеност на цвета 60 по скала от 10 до 100 с изключение на образеца с овален рундист, който е червено-оранжев със същия тон на наситеност.

Показателят на лъчепречупване и на четирите изследвани образци е над скалата на рефрактометъра. Гранатът като минерален вид се характеризира с голям брой разновидности, представляващи междинни членове от изоморфни редици (Tzankova, 2007). Stockton & Manson (1985) разграничават осем типа ювелирни разновидности на граната въз основа на техния химичен състав: пироп, пироп-алмандин, алмандин, алмандин-спесартин, спесартин, пироп-спесартин, гросулар и андрадит. Измерването на техните оптични характеристики е определящо при класифицирането им. Показателите на лъчепречупване на ювелирните разновидности на гранатите, определени по Ханеман (Maharaj, 2016, p. 13), са както следва: за пироп

(виолетово-червен, червено-оранжев) варира от 1,714 до 1,742; за пироп-алмандин (червено-оранжев, червено-виолетов) от 1,742 до 1,785; за алмандин (оранжево-червен, виолетово-червен) от 1,785 до 1,830; за алмандин-спесартин (червено-оранжев, оранжево-червен) от 1,810 до 1,820; за спесартин (жълто-оранжев, червено-оранжев) от 1,780 до 1,810; за пироп-спесартин (червеникавожълт, виолетов) от 1,742 до 1,780; за гросулар (зелен, червено-оранжев) от 1,730 до 1,760 и за андрадит (жълтеникаво-зелен, оранжево-ожълт) от 1,880 до 1,895.

В спектрите на поглъщане на образците, изследвани с оптичен спектроскоп, се установяват ясно тъмни ивици при 520, 570 и 680–690 nm, като само за граната с овален рундист ивици на поглъщане над 570 nm не бяха наблюдавани. Тези спектри са характерни съответно за алмандин и алмандин-спесартин (Stockton, Manson, 1985; Henn, Milisenda, 2004).

Под полярископ само образецът с овална форма на рундиста показва аномално двойно лъчепречупване. При него, за разлика от останалите минерали със същия каталожен номер, при изследване с дихроскоп се наблюдава псевдодихроизъм в розови до малиновочервени тонове.

Под рубинов филтър цветът на четирите наблюдавани образци е сив. При наблюдение под комбинирания филтър на Ханеман за партиди от минерали, цветът на фасетираните с овална форма на рундиста гранат е розов, а за останалите – малиновочервен.

Четирите изследвани образца са с множество включения, някои от които видими с невъоръжено око. Качеството на фасетиране, включващо брой фасети, пропорции, дебелина на рундиста и степен на полировка, е ниско и за четирите образца.

Въз основа на изложените по-горе данни изследваните от нас образци с брилянтен тип фасетиране и кръгъл рундист, както и стъпаловидно обработеният, отговарят на виолетово-червен алмандин, а образецът с овална форма на рундиста – на червено-оранжев алмандин-спесартин. Възможно е различните минерални разновидности да са добити от различни находища. Алмандини, продавани като добити от района Фауске, може да са от находище Бувикнакен в Северна Норвегия (mindat.org). То е открито в началото на 70-те години от норвежкия колекционер Корнелиусен. В него от слюдени шисти

се добиват идиоморфни алмандинови кристали с размер до 3 cm (Lindahl, Vralstad, 2009).

№ 4581 – берил от щат Минас Жерайс, Бразилия, колекция Кранц, 2 броя (Табл. Ib)

Единият образец е фасетиран в брилянта шлифовка с форма на рундиста овал, тегло 0,73 ct, бледосиньо-зелен на цвят с тон на наситеност 40. Другият берил е обработен стъпаловидно тип багет с тегло 0,93 ct. Той е със същия цвят, но с по-светъл тон – 20 по скала от 10 до 100.

Минералите са анизотропни, едноосни, отрицателни. Под полярископ с коноскопска леща се наблюдава характерната коноскопска фигура за едноосните минерали. Стойностите на показателите на лъчепречупване са $RI_{\max} = 1,583$ и $RI_{\min} = 1,575$, като при четирите двойни измервания с рефрактометър по-високият показател остава константен. Двулом – 0,008. Под Aqua-филтър се установи типичният за аквамарините зелен цвят. Образците съдържат трудно различими включения при изследване със стандартна лупа за оценка с увеличение 10 пъти, което определя чистотата им като много висока.

Щат Минас Жерайс е известен с добива на висококачествени аквамарини. Цветът на изследваните минерали не е допълнително манипулиран, а този на образца, фасетиран с овална форма на рундиста, е близък до най-търсения и желан цвят на аквамарина на пазара.

Качеството на фасетиране и на двата образца е ниско. Установиха се множество нарушения (очуквания) по ръбовете на фасетите и павилиона.

№ 4605 и № 4620 – турмалин от н. Пала, Калифорния, колекция Кранц, 2 броя (Табл. Ic)

Образците са фасетирани в кръгла брилянтна шлифовка с редуциран брой фасети. Общото им тегло е 0,1 ct. Цветът на минералите е розов, характерен за минералната разновидност рубелит, вероятно елбаит, с цветова зоналност (Henry et al., 2011, p. 911, appendix Table 1). Стойностите на показателите на лъчепречупване са $RI_{\max} = 1,645$ и $RI_{\min} = 1,624$, двулом – 0,021. Минералите са едноосни, отрицателни с непроменлив по-висок показател на лъчепречупване

при четирите двойни измервания. С дихроскоп се наблюдава ясно изразен дихроизъм в бледорозов и наситенорозов цвят. Под полярископ се установи анизотропност и характерната за едноосните минерали коноскопска фигура. Под рубинов филтър турмалините изглеждат сиви.

Двата изследвани турмалина са ценни музейни образци, тъй като са представители на рядко срещаната в природата розова цветова разновидност на турмалина. Не се установиха индикации за нагряване или облъчване с кобалт-60, поради което считаме, че цветът е природен.

№ 5536 – шпинел, дарение от фирма „Интергеоресурс“, 1 брой (Табл. Id)

Образецът е с тегло 5,58 ct и е обработен в смесен тип фасетиране – брилянтен на короната и стъпаловиден на павилиона. Цветът е червен със слаб виолетов оттенък, тон 80. Оцветяването е хомогенно. Минералът е изотропен с показател на лъчепречупване 1,719. Под спектроскоп се наблюдават широк пояс на поглъщане в зеления и виолетовия сектор при 410 и 540 nm и няколко тесни ивици на поглъщане над 650 nm.

С невъоръжено око се наблюдават множество включения и пукнатини в целия обем на минерала. Качеството на фасетиране е ниско, с драскотини по фасетите и отчупвания по ръбовете на павилиона и короната.

Червените шпинели са най-рядко срещани в природата и най-желани от любителите на минерали. Изследваният образец е с най-скъпия цвят за шпинела и представлява ценен музейен експонат, особено в учебения музей, в който студентите от МГУ „Св. Ив. Рилски“ провеждат част от упражненията си по минералогия и гемология.

№ 5554 – корунд от неизвестно находище, дарение от проф. Стойнова, 2 броя (Табл. Ie)

Единият от образците е с тегло 0,40 ct, фасетиран стъпаловидно, а другият е с тегло 0,75 ct и смесен тип фасетиране – брилянтен на короната и стъпаловиден на павилиона с овална форма на рундиста.

Стъпаловидно остененият корунд е прозрачен син сапфир с най-желания син цвят без виолетов или зелен оттенък и с тон на наситеност 80. Измерените показатели на лъчепречуп-

ване са характерни за корунда: $RI_{\max} = 1,770$ и $RI_{\min} = 1,762$, двулом 0,008. По-високият показател на лъчепречупване остава непроменен при проведените четири двойни измервания, което опреля минералите като анизотропни, едноосни, отрицателни. Под полярископ с коноскопска леща ясно се наблюдава характерната за едноосните минерали коноскопска фигура. Дихроизмът е слаб. Минералът е с висока чистота, включенията са трудно забележими под лупа с увеличение 10 пъти. Качеството на остеняване е много добро.

Сапфирът със смесен тип фасетиране е тъмносин на цвят с тон 90, полупрозрачен. С невъоръжено око се наблюдава паралелно-ивичеста зоналност в оцветяването от синьо до тъмносиньо-зелено. С рефрактометър са измерени следните две стойности за показател на лъчепречупване: $RI_{\max} = 1,772$ и $RI_{\min} = 1,763$, двулом 0,009. Наблюдаваният дихроизъм е в син и зелен цвят. Чистота на минерала е ниска, както и качеството на остеняване по отношение на пропорции, съразмерност на фасетите и полировка.

Двата изследвани сини сапфира се различават значително един от друг по цвят (цветът определя 60% от цената) и качество на обработката. Въпреки това и двата минерала са изключително ценни музейни образци. Първият от тях може да служи като еталон за най-търсения цвят при сините сапфири, докато вторият образец илюстрира цветовата зоналност в природните минерали.

№ 5633 и № 5634 – оливин, обмен, 2 броя (Табл. If)

Двата образца с тегло 0,2 ct и 0,16 ct са постъпили в музея по линия на обмен и са с неизвестен географски произход. Фасетирането е от смесен тип – кръгла непълна брилянтна за короната и стъпаловидна за павилиона. Цветът е жълто-зелен, характерен за минералната разновидност на перидота – оливин. Минералите са анизотропни под полярископ. При наблюдение с лупа силно раздвояват ръбовете на срещуположните фасети, което е признак за голям двулом, характерен за оливина. Качеството на обработка е добро с идеално кръгъл диаметър на рундиста. Цветът на минералите е по-жълт от най-търсената цвятна разновидност – хризолит, но въпреки това

те представляват ценни образци и обогатяват гемоложката експозиция в музея.

№ 11462 – корунд от н. Андиламена, о. Мадагаскар, дарение от Стефан Янев, 73 броя (Табл. Ig).

Картотекираните под този номер минерали представляват набор от 73 бр. еднакви по размер корунди – сапфири и рубини. Те са обработени в смесен тип фасетиране – стъпаловиден на короната и брилянтен стил на павилиона, с квадратна форма на рундиста. Общото им тегло е 12,40 ct. Образците са от безцветни до оцветени в различни нюанси на синия, зеления, жълтия, оранжевия, червения и виолетовия цвят. Те са анизотропни под полярископ с показатели на лъчепречупване, характерни за корунда. При изследване с дихроскоп се установява силен дихроизъм в зависимост от основния цвят: розов и бледожълто-розов за розово-червените корунди, тъмносин и синьо-зелен за сините сапфири. При по-голямата част от оцветените в синьо корунди се установи паралелноивичеста цвятна зоналност. Значението на този комплект като музейни образци е рядко срещаната възможност посетителите в музей да видят в една експозиция всички цвятни разновидности на корунда.

Изводи и заключение

Представените нови данни за ювелирните минерали от експозиционния фонд на Музея по минералогия, петрография и полезни изкопаеми към МГУ „Св. Ив. Рилски“ (оптични характеристики, определени минерални разновидности), допринасят за пълното им класифициране. Качеството на фасетиране на повечето от изследваните образци е ниско, но всички те представляват ценни музейни експонати, заради притежавания от тях цвят, цвятна зоналност или включения.

Дейностите и резултатите от изпълнението на тази задача намират приложение в учебния процес по гемология в МГУ „Св. Ив. Рилски“. Представената методика на изследване с преносима апаратура, може да служи като модел за неструктивно изследване на фасетирани ювелирни музейни образци.

Благодарности: Изследването е финансирано по проект към НИД при МГУ „Св. Ив. Рилски“ №112/2008 г. Авторите изказват благодарност на музейния уредник инж. Катерина Иванова за пълното съдействие по време на изследването. Изказваме своята благодарност към анонимните рецензенти и редактора на списанието за положения труд.

Литература References

- Anderson, B., J. Payne. 2006. *The Spectroscope and Gemmology*. Nashville, Tennessee, GemStone Press, 288 p.
- Dedeyne, R., I. Quintens. 2007. *Tables for Gemstone Identification*. Gent, Glirico, 309 p.
- Dominy, G. M. 2013. *The Handbook of Gemology*. Palma, Mallorca, Amazonas Gem Publications, 654 p.
- Gilbertson, A. 2016. Value factors, design, and cut quality of colored gemstones (non-diamond). – *The GemGuide*, January/February, 1–31.
- Guenther, B. 1991. *Tables of Gemstone Identification*. Kirschweiler, Verlagsbuchhandlung E. Lenzen, 207 p.
- Harizanov, H. 2004. *Gemmological Finds in Bulgaria*. Sofia, New Bulgarian University, 88 p. (in Bulgarian).
- Henn, U., C. C. Milisenda. 2004. *Gemmological Tables for the Identification of Gemstones. Synthetic Stones, Artificial Products and Imitations*. Idar-Oberstein, German Gemmol. Assoc., 40 p.
- Henry, D., M. Novak, F. C. Hawthorne, A. Ertl, B. L. Dutrow, P. Uher, F. Pezzotta. 2011. Nomenclature of the tourmaline-superfgroup minerals. – *Am. Mineral.*, 96, 895–913.
- Hodgkinson, A. 2015. *Gem Testing Techniques*. Edinburgh, Valerie Hodgkinson publ., 552 p.
- Kostov, R. I. 2003. *Gemmology*. Sofia, Pensoft, 453 p. (in Bulgarian).
- Liddicoat, R. 1993. *Handbook of Gem Identification*. GIA Publ. Inc., Chicago, 364 p.
- Lindahl, I., T. Vralstad. 2009. Granat i Nordland - vurdering av utnyttelse av granat i fast fjell med spesiell fokus på Salt-en-regionen. – *Norges Geologiske Undersøkelse. Rapport 2009.015* (Norways geological survey. Report 2009.015), 31 p. https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2009/2009_015.pdf.
- Maharaj, D. 2016. *Chemical Classification of Gem Garnets*. MSc dissertation, University of Pretoria, Pretoria, 188 p. <http://hdl.handle.net/2263/51329>, https://www.gemology-online.com/Maharaj_Chemical_2016%20.pdf.
- Read, P. G. 2005. *Gemmology*. Oxford, Elsevier Butterworth-Heinemann, 325 p.
- Stockton, C., D. V. Manson. 1985. A proposed new classification for gem quality garnets. – *Gems and Gemology, Winter*, 205–217.
- Tzankova, N. 2007. *Morphology and Crystal-chemistry of Garnets from the Metamorphic Rocks in the Frame of the Sakar Pluton, SE Bulgaria*. Sofia, Ph. D. Thesis, University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 211 p. (in Bulgarian).
- Winter, C. H. 2003. *A Student's Guide to Spectroscopy*. Leatherhead, OPL Press, 88 p.
- Wise, R. W. 2003. *Secrets of the Gem Trade: The Connoisseur's Guide to Precious Gemstones*. London, Brunswick House, 404 p.

Интернет източници:

<https://www.mindat.org/loc-13885.html>

Постъпила на 13.03.2024 г., приета за печат на 23.04.2024 г.

Отговорен редактор Филип Мачев