

Minerały grupy granatów – występowanie oraz zastosowanie w rekonstrukcji warunków PT powstawania skał metamorficznych

mgr Karolina MIZIELIŃSKA
Okręgowy Urząd Górniczy w Warszawie

TREŚĆ: W artykule opisano zagadnienie naukowe z dziedziny petrologii skał metamorficznych. Zajmuje się ona badaniem właściwości fizycznych i chemicznych skał, które uległy procesom przeobrażania pod wpływem oddziaływania na nie względnie wysokich warunków PT, ich klasyfikacją oraz genezą. Granaty z punktu widzenia geologii stanowią przydatne narzędzie w oszacowaniu warunków temperaturowo-ciśnieniowych powstawania skał metamorficznych, co w połączeniu z datowaniem skał umożliwia określenie historii geologicznej danego regionu. Aspekt ten opisano na przykładzie metapelitów granatonośnych z jednostki Pinkie (Spitsbergen). Fragment niniejszej pracy poświęcono również środowisku występowania granatów oraz wystąpieniom tych minerałów w Polsce.

SŁOWA KLUCZOWE: grupa granatów, geotermobarometria, Spitsbergen

Wstęp

Minerały grupy granatów należą do najliczniejszej gromady minerałów, którą są krzemiany. Cechuje się ona powszechnością występowania w rozmaitych środowiskach geologicznych i jest charakterystyczna dla wielu typów skał. Są to minerały o znaczeniu skałotwórczym, stanowiące około 75% składu skał zarówno skorupowych, jak i płaszczowych. Z uwagi na wytrzymałość w szerokim zakresie warunków temperaturowo-ciśnieniowych (PT), wysoką twardość oraz liczne podstawienia rozmaitych pierwiastków w ich ogólnym wzorze chemicznym tworzą rozpowszechnioną grupę minerałów. W wyniku postępu technologicznego z punktu widzenia współczesnej petrologii granaty stały się użytecznym dla naukowców składnikiem skał. Odgrywają kluczową rolę w geotermobarometrii, której zadaniem jest oszacowanie zakresu ciśnień i temperatur powstałych skał metamorficznych.

Metody geotermobarometrii stosują kalibracje, które opierają się na zagadnieniach termodynamiki oraz wykorzystują paragenezy mineralne (współwystępujące związki chemiczne cechujące się wspólnym pochodzeniem), m.in. biotyt, piroksen, plagioklaz, oliwin, polimorfy ($\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$). Ich duże rozpowszechnienie oraz wysoka

odporność chemiczna i fizyczna sprawiają, że są bardzo dobrym materiałem do badań skał wielu lokalizacji.

Pierwsze prace podjęte w celu sprecyzowania warunków ciśnieniowo-temperaturowych powstałych skał za pomocą geotermometrów i geobarometrów, służących odpowiednio do szacowań temperatury i ciśnienia, związane są z okresem międzywojnia. Lata powojenne były natomiast czasem rozkwitu omawianej gałęzi petrologii [7].

1. Grupa granatów

1.1. Przedstawiciele główni i podrzędni

Minerały grupy granatów stanowią jedną z pięciu grup w supergrupie granatów (wg Komisji Nazewnictwa i Klasyfikacji Nowych Minerałów Międzynarodowej Asocjacji Mineralogicznej – CNMNC IMA). Każdą charakteryzuje odmienny skład chemiczny z rozmaitymi podstawieniami na pozycjach {X}, [Y], (Z) w ogólnym wzorze chemicznym $\{X\}_3[Y]_2(Z)_3\text{O}_{12}$ [3], co wynika z ich budowy strukturalnej. Ponadto granaty są grupą minerałów izostrukturnalnych, tj. wykazujących podobną budowę sieci krystalicznej, dlatego też charakteryzują się bogactwem podstawień, a tym samym zróżnicowaniem

składem chemicznym. W warunkach naturalnych tworzą roztwór stały (szeregi izomorficzne).

Wszystkie minerały grupy granatów są izomorficzne, lecz nie wszystkie tworzą szeregi izomorficzne. W literaturze wyróżnia się zazwyczaj dwa tego typu szeregi, których nazwy pochodzą od skrótów ich głównych przedstawicieli, tzn. od trzech najpowszechniejszych minerałów:

1. szereg piralspitu z przedstawicielami o następujących wzorach chemicznych (rys. 1):
 - 1) **pirop**, $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
 - 2) **almandyn**, $\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
 - 3) **spessartyn**, $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
2. szereg ugrandytu z przedstawicielami o następujących wzorach chemicznych (rys. 2):
 - 1) **uwarowit**, $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
 - 2) **grossular**, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
 - 3) **andradyt**, $\text{Ca}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$.

Wymienione minerały zostały pogrupowane na podstawie bardzo zbliżonego składu chemicznego (minerały grupy piralspitu charakteryzują się występowaniem Al na pozycji [Y], zaś w minerałach grupy ugrandytu – Ca na pozycji {X}). Właściwość ta wskazuje, iż częściej tworzą się paragenezy zawierające granaty z poszczególnych grup niż w połączeniu obu grup. Są to najpospolitsze minerały spośród supergrupy granatów, zwykle stanowią dominujący składnik w roztworze. Pozostałe minerały grupy granatów, a zatem nietworzące szeregów izomorficznych, są znacząco mniej powszechnymi związkami, zazwyczaj tworzą podrzędne ilości w ogólnej objętości roztworu granatów piralspituowych bądź ugrandytowych. Należy do nich przykładowo schorlomit – $\text{Ca}_3(\text{Fe,Ti})_2(\text{Si,Fe})_3\text{O}_{12}$, goldmanit – $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ znany ze złóż uranu i wanadu oraz knorringit – $\text{Mg}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ będący wskaźnikiem prospekcyjnym w poszukiwaniach diamentów [4, 8].

2.2. Występowanie

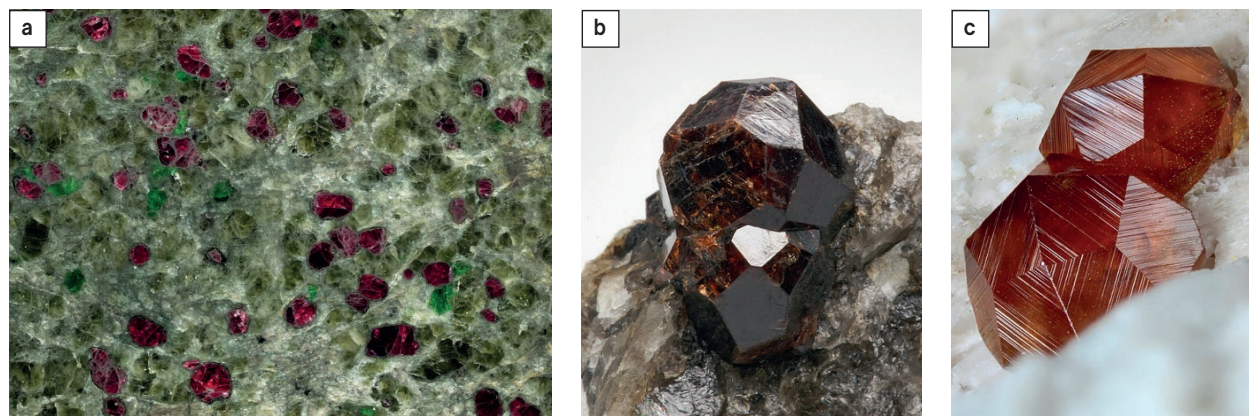
Ze względu na odpowiednie parametry fizykochemiczne, budowę strukturalną i wytrzymałość w szerokim zakresie warunków temperaturowo-ciśnieniowych granaty tworzą rozpowszechnioną grupę minerałów.

Większość granatów spotykanych na powierzchni Ziemi pochodzi ze skał metamorficznych powstałych w wyniku przeobrażeń kontaktowych bądź regionalnych. Minerały te najczęściej związane są z temperaturami powyżej 400°C i ciśnieniem ponad 0,4 GPa [1]. Dolną granicę ich powstania wyznacza facja albitowo-epidotowo-hornfelsowa metamorfizmu kontaktowego (300°C; 0,1–0,2 GPa). Produktem tej facji są granaty bogate w Mn i Ca – spessartyn (rys. 1c) oraz grossular (rys. 2b). Minerały te spotykane są w skarnach, w których występują w paragenezie z scheelitem. Co więcej, grossular znany jest z łupków wapniowo-krzemianowych. Innym produktem omawianego metamorfizmu jest andradyt (rys. 2c), który podobnie jak spessartyn i grossular powstaje na kontakcie metasomatycznych skał wapniowych z zasadowymi ciałami intruzywnymi. Ponadto występuje wśród hornfelsów piroksenitowo-plagioklazowych.

Górną granicę krystalizacji granatów powstałych w wyniku metamorfizmu niskich ciśnień określa facja piroksenowo-hornfelsowa, charakteryzująca się wyższymi temperaturami, dochodzącymi do 800°C. W warunkach tej facji krystalizuje almandyn (rys. 1b), który występuje wśród ponownie zmetamorfizowanych łupków [1].

Granaty to nie tylko minerały szerokiego wachlarza ciśnień i niskich temperatur, są także właściwe dla warunków wysokiego stopnia metamorfizmu regionalnego (środowiska orogeniczne). Najwyższe temperatury opisuje facja granulitowa (od 700°C do ultrawysokich temperatur – UHT – wynoszących ponad 1000°C), zaś najwyższe ciśnienia facja eklogitowa, w której krystalizacja następuje w zakresie od 1,2 do 1,6 GPa i osiąga do 3 GPa (ultrawysokie ciśnienia – UHP). Dolną granicę krystalizacji w środowisku orogenicznym wyznacza facja zieleńcowa (300°C; 0,6 GPa).

Głównym składnikiem skał metamorfizmu regionalnego jest almandyn (rys. 1b), który ze względu na szeroki zakres krystalizacji jest stabilny, począwszy od niskiego po wysoki stopień metamorfizmu. Znajdowany jest wraz z piropem (rys. 1a) w eklogitach powstałych w warunkach najwyższych ciśnień przy umiarkowanych/niskich temperaturach. Jest także właściwy dla warunków UHT, w których tworzą się granulity. Związany



► Rys. 1. Szereg piralspitu: a) lherzolit granatonośny (pirop barwy czerwonej osiągający do 1 cm) pochodzący z hałd kopalni kimberlitowej w Kimberley (Afryka Ptd.) (fot. www.mindat.org/photo-102513.html, b) kryształy almandynu (do 5 mm) wykrystalizowane na kwarcu [12] www.mindat.org/photo-287786.html i c) kryształy spessartynu (9 mm) (fot. www.mindat.org/photo-169388.html)

► Fig. 1. Pyrospites: garnet lherzolite (red pyrope up to 1 cm) from the Kimberley kimberlite mine dumps (South Africa) [11], b) almandine crystals (to 5 mm) crystallize in quartz [12] and c) spassartine crystals (9 mm)

jest również z zieleńcami oraz amfibolitami, w których współwystępuje z magnezowym piralspitem, a także w łupkach łyszczykowych i gnejsach, gdzie tworzy kryształy mieszane ze spessartynem. Kryształy spessartynu (rys. 1c) są także spotykane w obrębie skał niskich facji metamorficznych – fylitach.

Kolejnym produktem metamorfizmu zachodzącego w strefach subdukcji i strefach orogenicznych jest grossular (rys. 2b). Podobnie jak minerały z grupy ugrandytu, związany jest z serpentynitami, wchodzi także w skład gnejsów i eklogitów [1]. Pirop (rys. 1a) to typowy minerał skał magmowych, szczególnie ultrazasadowych, tzn. perydotytów, kimberlitów i lamproitów. Jest również produktem metamorfizmu regionalnego. Natomiast uwarowit (rys. 2a), który zawiera w swojej strukturze atomy chromu, związany jest głównie z chromitytami. Roztwory stałe bogate w cząsteczki almandynu i spessartynu oraz granaty zasobne w człony piropu, grossularu i andradytu bywają także spotykane w ultrazasadowych skałach magmowych, tj. perydotyt, iherzolit [8].

Wysoka twardość (6,5–7,5) i gęstość (3,5–4,2 g/cm³) granatów czyni je minerałami odpornymi na procesy erozyjne i wietrzeniowe. Ich ziarna są częstym allochtonicznym składnikiem skał osadowych, w których występują w formie klastów. Minerały detrytyczne o składzie granatu znajduje się ponadto w osadach strefy brzegowej, w których tworzą duże nagromadzenia w brudach, a nieco mniejsze na grzbietach zmarszczek. Ich wysokie koncentracje występują również na dnach koryt rzecznych.

W Polsce skupiska granatów znane są z Dolnego Śląska, podrzędnie z łupków krystalicznych Karkonoszy i Tatr, bywają też spotykane w formie ziaren detrytycznych w piaskach bałtyckich. Są znajdowane w łupkach łyszczykowo-granatowych Dolnego Śląska, m.in. w paśmie łupkowym Stara Kamienica–Świeradów-Zdrój, w skarnie z Gębyszcz położonych w masywie strzeleńskim oraz w skałach metamorficznych Łądką i Śnieżnika [5]. Almandynowe granaty opisano w pegmatytach Piławy Górnej oraz Lubachowa na obszarze masywu Gór Sowich. Minerały szeregu ugrandytu spotykane są w nefrytach masywu serpentynitu Gogołów–Jordanów.

Ponadto granaty występują w przekrystalizowanych wapieniach i skarnach na kontakcie intruzji kłodzko-złotostockiej, w obrębie skał metamorficznych Śnieżnika Kłodzkiego, znane są też z łomu granitów z Grabie. Natomiast andradytowe granaty opisano w kopalni

dolomitów „Rędziny” położonej w pobliżu Kamiennej Góry [2]. Z uwagi na wysokie walory estetyczne znajdują zastosowanie w jubilerstwie oraz zdobią płyty skalne pozyskiwane na blaty, nagrobki, okładziny ścienne itp.

3. Geotermobarometria

3.1. Charakterystyka metody

Geotermobarometria to metoda pozwalająca z dużą dokładnością oszacować temperaturę i ciśnienie skał krystalicznych za pomocą geotermometru i geobarometru, czyli kalibracji odpowiednio podatnych na zmiany temperatury i ciśnienia. Jako że granat charakteryzuje się stałą budową strukturalną, wykorzystuje się kalibracje oparte na pierwiastkach, które rejestrują zmiany PT podczas epizodów magmowych lub metamorficznych oraz dążą do osiągnięcia równowagi chemicznej w trakcie tych procesów, w wyniku zachodzących reakcji (geotermobarometr fizyczny). Geotermometr czuły na zmieniającą się temperaturę bazuje na reakcjach wymiany pierwiastków między dwoma związkami chemicznymi (np. Fe²⁺-Mg pomiędzy granatem a biotytem lub granatem a klinopiroksenem). Natomiast geobarometr wykorzystuje pierwiastki rejestrujące zmiany ciśnieniowe, które biorą udział w reakcjach typu net-transfer, czyli bazują na wymianie kilku różnych pierwiastków między odmiennymi minerałami, prowadząc do powstania zupełnie nowych związków chemicznych (np. GASP, w którym wymiana pierwiastków zachodzi między czterema związkami chemicznymi, tj. granat z członem grossularu, polimorf Al₂(SiO)₄O, krzemionka i plagioklaz) [9, 10]. Zastosowanie danej kalibracji zależy m.in. od typu analizowanej skały, ogólnych warunków jej powstania oraz stężenia pierwiastka w związku chemicznym.

3.2. Zastosowanie zonalnych kryształów granatu w oszacowaniu PT

Granaty wykazujące budowę zonalną mogą służyć jako precyzyjny geotermobarometr. Charakteryzują się zróżnicowanym składem od jądra ku krawędziom, gdzie każda ze stref różni się zawartością Mg, Fe, Ca lub Mn. Taki układ świadczy o zmieniających się warunkach PT w czasie wzrostu minerału, podczas których pierwiastki dążą do osiągnięcia między sobą równowagi chemicznej. Dokładna analiza każdej kolejnej zony pozwala wyzna-



► Rys. 2. Szereg ugrandytu: a) kryształy uwarowitu (do 1 mm) (fot. www.mindat.org/photo-282807.html), b) kryształ grossularu (6 mm) (fot. www.mindat.org/photo-1233297.html) i c) kryształy andradytu w skarnie (do 2,5 mm) (fot. www.mindat.org/photo-682313.html)

► Fig. 2. Ugrandites: a) uvarovite crystals (to 1 mm), b) grossular crystals (to 6 mm) and c) andradite crystals in skarn (to 2,5 mm)

czyć ścieżkę PT krystalizacji granatów w skałach metamorficznych, a tym samym przebieg procesu, w wyniku którego powstały badane tzw. pasowe granaty. Jest to metoda Gibbsa, a jej wyniki obarczone są niewielkimi błędami.

3.3. Modelowanie termodynamiczne

Oszacowanie warunków temperaturowo-ciśnieniowych przy wykorzystaniu określonej próbki skalnej, w połączeniu z datowaniem izotopowym Sm-Nd, Lu-Hf przeprowadzonym na granacie, pozwala dokonać rekonstrukcji ścieżki P-T-t (ciśnienie-temperatura-czas) dla danego obszaru metamorficznego. Celem tej rekonstrukcji jest dostarczenie informacji o zachodzącym w przeszłości geologicznym procesie tektonicznym, m.in. o jego tempie, głębokości, maksymalnym ciśnieniu i temperaturze, przebiegu metamorfizmu oraz w połączeniu z datowaniem izotopowym (opartym o granat) o wieku próbki na różnych etapach procesu przeobrażania skał.

Ścieżka PT wyznaczana dla danej skały metamorficznej opracowywana jest za pomocą wielu narzędzi. Najcenniejszym z nich, dostarczającym bardzo dokładnych informacji na temat temperatury i ciśnienia, jest geotermobarometria. Wykorzystanie przykładowo przedstawionych par mineralnych występujących w równowadze termodynamicznej (granat-biotyt; granat-klinopiroksen; granat-polimorf $Al_2(SiO)_4O$ -krzemionka-plagioklaz) pozwala na skonstruowanie ścieżki od początku formowania się skały do momentu jej całkowitej krystalizacji. W modelowaniu termodynamicznym, poza kalibracją bazującą na parach mineralnych, pomocna jest analiza minerałów o budowie zonalnej. Oba te sposoby, przy wystarczającej liczbie reakcji z granatem, w których została osiągnięta równowaga termodynamiczna, służą do zrekonstruowania pełnej ścieżki dla konkretnej skały. Do pomocnych narzędzi służących do doprecyzowania jej przebiegu należą inkluzje mineralne i fluidalne oraz cechy teksturalne.

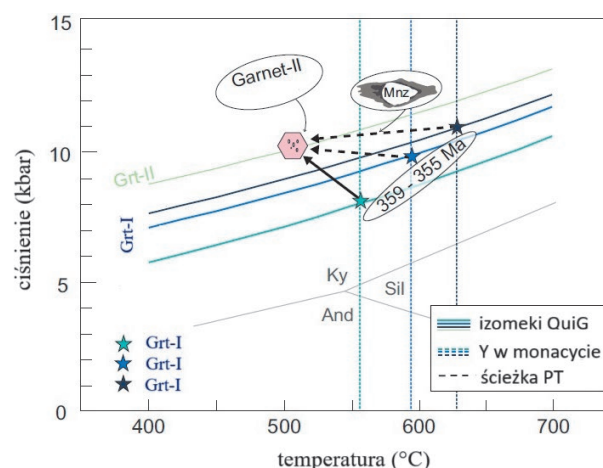
3.4. Wykorzystanie granatu w szacowaniu warunków PT na przykładzie jednostki Pinkie w archipelagu Svalbard (Spitsbergen)

Archipelag Svalbard jest niezwykle interesującym i cennym geologicznie obszarem, gdyż prawdopodobnie nosi zapis co najmniej pięciu wydarzeń orogenicznych, a jego paleogeografia pozostaje nierozwiązana. Cechuje się złożoną budową geologiczną, w jej obrębie występuje pasmo fałdowo-nasunięciowe, które przyczyniło się do powstania silnych deformacji w obrębie stref uskoków typu podatnego i kruchego [6].

Jednostka Pinkie, położona w północno-wschodniej części Ziemi Księcia Karola, wyspy usytuowanej nieopodal zachodniego wybrzeża Spitsbergenu, zbudowana jest z neoproterozoicznych i wczesnopaleozoicznych skał metamorficznych. Badania petrologiczne przeprowadzone z wykorzystaniem granatu pochodzącego ze zmylonityzowanych granatowo-łyszczykowych łupków dostarczyły pierwszych informacji, które potwierdzają, że zachodzące w nich procesy metamorficzne miały związek z ruchami ellesmeryjskimi (zwanymi również

innuickimi). Pozwoliło to na zrozumienie procesu tektonicznego, który znajdował się u źródła procesów metamorficznych, a tym samym orogenezy, tzn. zmieniły teorię, która zakładała, że zasięg pasma fałdowo-nasunięciowego orogenu Ellemerian sięgał do formacji Old Red Sandstone na północno-zachodnim Svalbardzie, południowym Spitsbergenie oraz podłoża krystalicznego położonego na zachodnim wybrzeżu. Poszerzono ponadto wiedzę o geologicznej ewolucji Północnego Atlantyku i Wysokiej Arktyki [6]. Stwierdzeń tych dokonano na podstawie analiz petrograficznych różnorodnych paragenez z granatem (np. granat-staurolit-muskowit-biotyt-plagioklaz-kwarc). W ich trakcie zaobserwowano dwie generacje granatu (Grt-I i Grt-II, rys. 3) oraz mylonityzację, która silnie zdeformowała zespoły mineralne, w tym Grt-I. Generacje te cechują się odmienną morfologią, budową zonalną i procentowym udziałem członów mineralnych z grupy granatu. Ponadto Grt-I nosi ślady deformacji, co stanowi istotną informację dla określenia historii geologicznej jednostki Pinkie.

Oszacowanie warunków PT wykonano oddzielnie dla wskazanych generacji granatu. Dla wszystkich paragenez Grt-I zastosowano metodę opartą na wrostkach kwarcu i monacytu w granacie, które posłużyły do odpowiednio: oszacowania ciśnienia (geobarometr QuiG) i temperatury (geotermometr Y), zaś dla Grt-II użyto metody Gibbsa. Skonstruowana trajektoria PT krystalizacji granatu z dwoma generacjami pokazała, iż Grt-I krystalizował w temperaturze ok. 560-630°C i ciśnieniu ok. 7,5-10 kbar, a Grt-II w jednakowych warunkach PT we wszystkich badanych próbkach, tj. 500-550°C i 9-11 kbar (rys. 3) [6]. Ponadto geotermobarometria w połączeniu z metodą datowania chemicznego Th-U przybliżyła okres krystalizacji granatów, a zatem zachodzących procesów tektonometamorficznych, w wyniku których uformowane zostały metapelite granatonośne jednostki Pinkie, tj. 359-355 mln lat temu (na przełomie dewonu i karbonu) (rys. 3).



► Rys. 3. Ścieżka PT przedstawiająca krystalizację dwóch generacji granatów (Grt-I i Grt-II), pochodzących z metapelitów granatonośnych z jednostki Pinkie (zmodyfikowane na podstawie [6])

► Fig. 3. PT evolutionary path for Pinkie unit metapelites, which presents crystallisation two garnet generation (Grt-I and Grt-II), (modified based on [6])

4. Podsumowanie

Granaty, będące krzemianami, są jedną z pięciu grup tworzących supergrupę granatów. W jej skład wchodzi czternaście minerałów, które różnią się pierwiastkami w miejscu {X} oraz niekiedy w miejscu [Y] w ogólnym składzie chemicznym $\{X\}_3[Y]_2(Z_3)O_{12}$. Do głównych reprezentantów tej grupy należą najpowszechniej występujące minerały tworzące szeregi izomorficzne pirlspitu (pirop, almandyn, spessartyn) i ugrandytu (uwarowit, andradyt, grossular). Szeregi izomorficzne to inaczej minerały tworzące roztwór stały o różnym stosunku ilościowym składników, np. roztwór stały o składzie: $Py_{69-70}Alm_{15-16}Sp_{0-6}Gro_4And_4Uvar_5$. Granaty tej grupy to ważne minerały skałotwórcze. Ich typową cechą makroskopową jest czerwone, pomarańczowe, żółte lub zielone zabarwienie, wysoka twardość, wynosząca 6,5–7,5 w skali Mohsa, oraz gęstość mieszcząca się w przedziale 3,5–4,2 g/cm³. W skałach występują na ogół w formach zbliżonych do kulistych, pojedynczo lub w skupieniach. Związane są z różnorodnymi środowiskami geologicznymi. Najczęściej spotykane są w skałach metamorficznych przeobrażonych regionalnie i kontaktowo. Charakterystyczne są dla skał plutonicznych, jak również dla wulkanicznych, od bardzo ubogich po zasobne w krzemionkę. Bywają składnikami skał ilastych i wapiennych, są też gromadzone w utworach aluwialnych.

Granat to minerał stabilny w szerokim wachlarzu ciśnień i temperatur, współwystępujący z innymi minerałami (łyszczyk, staurolit, plagioklaz, piroksen, kwarc, kyanit itd.), z którymi dążył do osiągnięcia równowagi chemicznej, znalazł zastosowanie w szacowaniu warunków temperaturowo-ciśnieniowych metamorfizmu przy zastosowaniu metod geotermobarometrii. Wykorzystanie tych metod pozwala na obliczenie warunków PT osiągniętych podczas szczytowej fazy metamorfizmu, a powiązanie ich z badaniami petrograficznymi dostarcza wielu przydatnych informacji, m.in. pozwala na skonstruowanie hipotetycznej ścieżki przebytej przez skały w trakcie procesów metamorficznych oraz wnioskowanie na temat tempa pograżenia i wynoszenia skał. W konsekwencji umożliwia zrekonstruowanie środowiska tektonometamorficznego ich powstania. Natomiast połączenie petrologii z geochronologią umiejscawia zaistniałe procesy z największą dokładnością w przeszłości geologicznej. Dla zobrazowania przytoczono przykład wykorzystania granatu do oszacowania warunków PT i przedstawienia trajektorii jego uformowania w połączeniu z datowaniem chemicznym Th-U, co umożliwiło określenie, w jakim okresie geologicznym nastąpiło tworzenie metapelitów granatonośnych, a w związku z tym jednostki Pinkie archipelagu Svalbard. Ponadto wykorzystanie różnych metod geotermobarometrii daje pewność uzyskanych wyników.

Minerals of the garnet group – occurrence and application in the reconstruction of PT conditions of metamorphic rock formation

Abstract: The article describes an issue from the field of petrology of metamorphic rocks, which deals with the study of physical and chemical properties of rocks subjected to transformation processes under the influence of relatively high temperature-pressure (PT) conditions, their classification and genesis. From the point of view of geology, garnets are a useful tool in estimating the PT conditions of formation of metamorphic rocks, which, in combination with the dating of rocks, allows determining the geological history of a given region. This aspect is described on the example of garnet-bearing metapelites from the Pinkie unit (Spitsbergen), where the pressure and temperature conditions were estimated using appropriate methods, thus confirming the approximate period of garnet crystallization, i.e. the occurring tectonometamorphic processes. This paper also devotes a section to the environments where garnets occur and the occurrences of these minerals in Poland.

Literatura

1. Baxter E., Scherer E.: Garnet Geochronology: Timekeeper of Tectonometamorphic Processes, „Elements”, 2013, s. 433–438.
2. Bolewski A., Manecki A.: Mineralogia szczegółowa, Wydawnictwo PAE Warszawa 1993.
3. Grew E., Locock A., Mills S., Galuskina I., Galuskin E., Halenius U.: Nomenclature of the garnet supergroup, Wyd. American Mineralogist, USA, nr 98, 2013, s. 785–811.
4. Griffen D.: Silicate crystal chemistry, Oxford University Press Inc. 1992, s. 271–293.
5. Heflik W., Natkaniec-Nowak L.: Gemmologia, Wydawnictwo Antykwa 2011, s. 147–157.
6. Kościńska K., Spear F., Majka J., Faehnrich K., Manecki M., Piepjohn K., Dallmann W.: Deciphering late Devonian–early Carboniferous P–T–t path of mylonitized garnet-mica schists from Prins Karls Forland, Svalbard, Wyd. Journal of Metamorphic Geology, nr 38, s. 471–493.
7. Majka J., Budzyń B., Bazarnek J.: Geotermobarometria – możliwości i zastosowania, Wyd. Wszechświat, nr 105 (10–12), 2004, s. 227–232.
8. Wood B., Kiseeva E., Matzen A.: Garnet in the Earth's Mantle, Wyd. Elements, Canada, nr 9 (6), 2013, s. 421–426.
9. Winter J.: An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology, Wyd. Prentice Hall, s. 543–559.
10. Winter J.: Principles of Igneous and Metamorphic Petrology, Wyd. Pearson, wydanie drugie, s. 607–629.