

A B S T R A C T

Mineralogical study of phosphate-bearing pegmatite from Michałkowa in the Sowie Mts.

The Michałkowa pegmatite is one of three phosphate pegmatites known in Poland, and one of two such pegmatites, along with the Lutomia pegmatite, present in the Góry Sowie unit. Mineralogy and geochemistry of the pegmatite allow to classify it as a primitive body of LCT signature that represents phosphate subtype of the rare-element pegmatite class. The origin of the pegmatite relates to injections of an anatectic melt, mobilized by decompression of the exhumed metasedimentary–metavolcanic Góry Sowie complex, into magmatic gneisses and amphibolites ~380–370 Ma ago.

The pegmatite at Michałkowa was almost completely excavated in the 19th century as a source of raw quartz and feldspars. Currently, a small adit in rocks on the Lisiec Mt. in the middle part of the Dział Michałowicki Range and a small and disappearing dump of residual material after the excavation are the only relics of that mining activity. Some years ago, at the turn of the centuries, relics of the phosphate mineralization, in the form of nodules reaching 5 cm, still could be encountered in the dump material. However, currently such findings are practically impossible. Moreover, in most cases, it is difficult to locate several-centimeter-large samples with such a mineralization within the zoning scheme of the primary pegmatite vein, which, in turn, renders impossible comprehensive evaluation of mineralogical and geochemical evolution of the pegmatite during its consolidation.

Phosphate mineralization in the pegmatite forms three genetic assemblages: (i) magmatic, which is a result of exsolution from a high-temperature Li-bearing, graffonite-like parent phase, and crystallization prompted by a high-temperature fluid enriched in Na and Ca; (ii) metasomatic, comprising products of alteration of the magmatic phosphates influenced by the fluid mentioned above; (iii) hydrothermal and weathering, which crystallized under hydrothermal conditions or formed by alteration of the magmatic and metasomatic phosphates affected by hydrothermal solutions and/or meteoric water.

Forty-nine phosphate minerals were recognized in the collected material. They include:

- forty existing minerals, i.e., approved by the Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification of the International Mineralogical Association (IMA-CNMNC), including sarcopside and maneckiite, for which Michałkowa is the type locality accepted by the IMA-CNMNC [a proposal for maneckiite was prepared by Adam Pieczka and Bożena

Gołębiowska, the supervisor and associate supervisor of the Doctor Thesis, in collaboration with Adam Włodek and the author of the Thesis (all from the AGH University of Science and Technology) and Frank C. Hawthorne from the University of Manitoba],

- eight potentially new phosphate phases unknown to date, which, after completion of their characteristics in terms of physical and optical features, chemical compositions and crystal structures may be submitted to the IMA-CNMNC for voting as new minerals originated from this pegmatite,
- three new mineral phases not mentioned in the Doctor Thesis [grafonite-(Mn), grafonite-(Ca), beusite-(Ca)], which following positive voting a new classification proposal for the grafonite–beusite group by Frank C. Hawthorne and Adam Pieczka, replace the Michalkowa pegmatite minerals grafonite and beusite, however, described in the Doctor Thesis with their old names (the proposal changes and broadens the existing classification of the grafonite–beusite series and makes the Michalkowa village the type locality for grafonite-(Ca) (A. Pieczka, *unpublished information*).

Within the 40 recognized phosphate minerals, the pegmatite at Michalkowa is the only occurrence in Poland for johnsomervilleite, ferrohagendorfite, maghagendorfite, willieite, ferrowillieite, qingheiite-(Fe), arrojadite-(KNa), wicksite, maneckiite, lazulite, gormanite, souzalite, childrenite, eosforite and phosphosiderite. Beside potential new minerals, the pegmatite is also the occurrence of a few very rare minerals, e.g., it is the sixth known occurrence of johnsomervilleite; third one of ferrohagendorfite, maghagendorfite; qingheiite(Fe) and arrojadite-(KNa); fourth of ferrowillieite and wicksite; and maneckiite is known only from this pegmatite.

The Michalkowa pegmatite is a peculiar pegmatite in terms of occurrence of the wicksite-group phosphates. One of the three minerals previously known in the wicksite group (**wicksite**, tassieite, bederite) was identified. The new mineral, **maneckiite**, being a $M^{(3)}$ Mn-analogue of wicksite, and its Al-enriched variety were also recognized during studies and preparation of the Doctor Thesis and successively accepted by the IMA-CNMNC. Furthermore, two other new mineral phases, representing $M^{(2)}$ Al- and $M^{(2)}$ Fe²⁺-analogues of maneckiite, hitherto still not approved by the IMA-CNMNC, were identified as well.

The other, not phosphate components of the pegmatite (quartz, plagioclase, K-feldspar, *biotite*, muscovite, oxy-schorl to foitite tourmaline, almandine garnet, andalusite, sillimanite, unrecognized oxide minerals, pyrite, chalcopyrite and sphalerite) were briefly mentioned as the rock-forming and accessory minerals. Finally, the Michalkowa pegmatite was shortly compared with the Lutomia pegmatite in terms of internal textures in phosphate nodules, differences in phosphate mineralization and in degree of Mn-Fe fractionation.

Considered the atypical and rare mineral composition of the pegmatite, it should be

acknowledged that the Michałkowa pegmatite, although existing currently only residually, is a unique geological formation and mineralogical locality worldwide. Although small in sizes, it may be comparable in terms of diversity of the phosphate mineralization only with a few world-class pegmatites, e.g., the Palermo pegmatites in the USA or Cañada pegmatite in Spain.

Anna Grochowina

15.11.2016r.

STRESZCZENIE

„Studium mineralogiczne pegmatytu fosforanowego z Michałkowej”

Pegmatyt z Michałkowej jest jednym z trzech polskich pegmatytów (Michałkowa, Lutomia, Szklary), które mogą być uważane za pegmatyty fosforanowe, w tym jednym z dwóch, wraz z pegmatytem z Lutonii, zlokalizowanych bezpośrednio w bloku sowiogórskim. Czynniki geologiczne pozwalają klasyfikować oba te pegmatyty jako prymitywne pegmatyty LCT, klasy pierwiastków rzadkich, subtymu fosforanowego. Ich pochodzenie jest związane z intruzjami w gnejsy migmatyczne i amfibolity stopu anatektycznego typu LCT, mobilizowanego dekompresją ekshumowanego metaosadowo–metawulkanicznego kompleksu sowiogórskiego około 380–370 mln lat temu.

Pegmatyt Michałkowej był jednym z obiektów XIX-wiecznej eksploatacji pegmatytów w rejonie sowiogórskim w celu uzyskania surowca skaleniowo-kwarcowego. W efekcie tej działalności został on prawie kompletnie wybrany, a relikdami tej dawnej działalności wydobywczej jest kilkumetrowa sztolnia w grupie skałek na zboczu G. Lisiec w środkowej części Działu Michałowskiego w Górach Sowich, oraz niewielka i stopniowo zanikająca hałda materiału odpadowego pozostałego po tej eksploatacji. Jeszcze na początku XXI wieku można było w materiale tej hałdy znaleźć pozostałości mineralizacji fosforanowej w formie nodul o rozmiarach do 5 cm; obecnie takie znaleziska są praktycznie niemożliwe. W wielu przypadkach trudno też jest na podstawie zwykle kilkucentymetrowych próbek pegmatytu zawierających mineralizację fosforanową określić dokładnie lokalizację takiej próbki w pierwotnej żyłę, co uniemożliwia precyzyjne śledzenie ewolucji geochemicznej tego pegmatytu wraz z postępem jego krystalizacji.

Mineralizację fosforanową pegmatytu tworzą 3 zespoły genetyczne: (i) zespół fosforanów magmowych powstałych w wyniku eksolucji wysokotemperaturowej fazy grafitonitopodobnej zawierającej również Li oraz fosforanów krystalizujących w środowisku wzbogaconym w wysokotemperaturowy fluid wzbogacony w Na i Ca; (ii) zespół metasomatyczny powstający przez przeobrażenie fosforanów eksolucyjnych oddziaływaniem wspomnianego fluidu; (iii) zespół fosforanów hydrotermalnych i wietrzeniowych.

Pomimo ograniczeń jakie musiano narzucić badaniom mineralogicznym materiału zebranego na powyższej hałdzie zawierającego w swym składzie fosforany z uwagi na znaczny stopień skomplikowania teksturalnego i kompozycyjnego napotykanych faz, udało się zidentyfikować i stosunkowo szczegółowo opisać 49 faz fosforanowych. W liczbie tej znajduje się:

- 40 minerałów istniejących, w tym dwóch (sarkopsyd i maneekiit), dla których pegmatyt w Michałkowej jest lokalizacją typową uznaną przez IMA-CNMNC (propozycja maneekiitu została przygotowana przez promotora rozprawy, promotora pomocniczego, doktorantkę, A. Włodka oraz Franka C. Hawthorne z Uniwersytetu Manitoba),
- 8 faz o składach dotychczas nieznanymi, które, przy odpowiednio uzupełnionej charakterystyce cech fizycznych, składu chemicznego i struktury krystalicznej mogą być aplikowane do IMA-CNMNC jako nowe minerały pochodzące z tego pegmatytu,
- trzy nowe fazy mineralne nie wspomniane w tekście [graftonit-(Mn), graftonit-(Ca), beusyt-(Ca)], zastępujące w pegmatycie Michałkowej te, które w rozprawie zostały opisane pod istniejącymi nazwami 'graftonit' i 'beusyt'. Przygotowywana propozycja do IMA-CNMNC przez Franka C. Hawthorne i promotora rozprawy, zmienia i rozszerza istniejącą klasyfikację szeregu graftonit-beusyt, oraz wprowadza Michałkową jako lokalizację typową dla graftonitu-(Ca) (A. Pieczka, *inf. ustna*).

Z pośród 40 istniejących minerałów fosforanowych dla 15 pegmatyt z Michałkowej jest jedynym miejscem ich występowania w Polsce (johnsomervilleit, ferrohagendorfit, maghagendorfit, willieit, ferrowillieit, qingheiit-(Fe), arrojadyt-(KNa), wicksyt, maneekiit, lazulit, gormanit, souzalit, childrenit, eosforyt, fosfosyderyt).

Poza potencjalnie nowymi minerałami pegmatyt Michałkowej jest też miejscem występowania kilku minerałów bardzo rzadkich, np. znanych jest jedynie 5 wystąpień johnsomervilleitu poza Michałkową; ferrohagendorfitu – 2; maghagendorfitu – 2; ferrowillieitu – 3; qingheiitu-(Fe) – 2, arrojadytu-(KNa) – 2; wicksytu – 3, maneekiit znany jest jedynie z pegmatytu w Michałkowej.

Warto zwrócić uwagę, iż pegmatyt Michałkowej jest szczególną lokalizacją pod względem występowania minerałów grupy wicksytu. Rozpoznano tutaj jeden z trzech wcześniej znalezionych minerałów fosforanowych tworzących grupę wicksytu (**wicksyt**, tassieit, bederyt). Rozpoznano nowy minerał, **maneekiit**, stanowiący $M^{(3)}$ Mn-analog wicksytu oraz opisano odmiany wicksytów najsilniej wzbogacone w Al. W trakcie przygotowywania rozprawy doktorskiej rozpoznano też dwa potencjalnie nowe minerały należące do tej grupy – $M^{(2)}$ Al-analog i $M^{(2)}$ Fe²⁺-analog maneekiitu.

Inne, nie fosforanowe składniki tego pegmatytu (kwarc, plagioklaz, K-skaleń, *biotyt*, muscowit, turmalin o składzie oksy-schorlu lub foitytu, almandyn, andaluzyt, sillimanit, nierozpoznane minerały tlenkowe, piryty, chalkopiryty i sfaleryty) zostały wspomniane skrótowo jako składniki skałotwórcze, bądź akcesoryczne. Finalnie, pegmatyt z Michałkowej został porównany z

pegmatytem fosforanowym Lutonii pod względem tekstur napotykanym w nodulach fosforanowych, różnic w mineralizacji fosforanowej oraz stopnia frakcjonacji Mn-Fe.

Biorąc pod uwagę wszystkie wskazane powyżej dane kompozycyjne trzeba uznać, iż istniejący obecnie już tylko szczątkowo pegmatyt Michałkowej jest utworem geologicznym i lokalizacją mineralogiczną unikalną w skali świata. Chociaż mały gabarytami, może być pod względem zmineralizowania porównywany z kilkoma innymi obiektami światowymi o znacznie bardziej ustalonej renomie, np. pegmatytami Palermo w USA, czy też pegmatytem Cañada w Hiszpani.