

Hydrotermalne przeobrażenia granitów z Borowa oraz Strzelina (Sudety) na tle wybranych masywów granitoidowych

Justyna Ciesielczuk*

Hydrothermal alteration of the Borów and Strzelin granites (the Sudetes Mts) in comparison with other granitic massifs. *Prz. Geol.*, 50: 783–786.

S u m m a r y. Hydrothermal alteration of granitoids have become a subject of world-wide interest because of recovery of geothermal heat and the radioactive waste storage problems. This paper describes hydrothermal alteration of the Borów and Strzelin granites (the Sudetes Mts., Poland) in comparison with granitoids: Maine, USA, Aspo, SE Sweden, Stripa, S Sweden, Beauvoir, a part of the Echassieres granitic cupola, Central Massif, France, Auriat, Central Massif, France and Ashio, Japan.

The following features were taken into consideration: neighbouring rocks, the age of granitoids, the mineral composition of unaltered rocks, primary minerals which were altered, association of primary and secondary hydrothermal minerals and the composition of hydrothermal fluids. The cause of various association of hydrothermal minerals in the investigated granitoids can be as follows: a decrease of temperature of hydrothermal fluid, thermal vertical and horizontal gradients, a distance from the vein or change in chemical composition of fluids. The composition of hydrothermal minerals in the described granitoids corresponds to minerals which are indicators of low-grade metamorphism, so-called hydrothermal metamorphism.

Key words: hydrothermal alteration, granitoids, Maine, Aspo, Stripa, Beauvoir, Auriat, Ashio, Strzelin, Borów

Masywy granitoidowe, w mniejszym lub większym stopniu, są poddane hydrotermalnemu przeobrażeniu. W literaturze obecnie sporo miejsca poświęca się temu zagadnieniu, gdyż wbrew wcześniejszym sądom okazuje się, że objętość hydrotermalnie przeobrażonych granitoidów stanowi często niemały procent całego masywu. Wzrastające zainteresowanie nieprodukcyjnymi skałami granitoidowymi wynika głównie z dynamicznie rozwijającej się geotermii oraz możliwości wykorzystania ich jako najbardziej bezpiecznych dla natury i człowieka miejsc składowania odpadów radioaktywnych. Problem hydrotermalnych przeobrażeń jest rozważany zarówno teoretycznie najczęściej z punktu widzenia termodynamiki (Henley i in., 1984), jak i analizowany na konkretnych przykładach (Ferry, 1979; Parnaux & Petit, 1991; Eliasson, 1993; Hamasaki i in., 1995; Ciesielczuk, 2000). Autorzy szczegółowo analizują sytuację geologiczną i tektoniczną danego masywu, ustalają, które minerały zostały przeobrażone i w jakim stopniu, określają skład chemiczny oraz temperaturę fluidu, powodującego hydrotermalne przeobrażenia, sposób i szybkość migracji oraz czynniki umożliwiające migrację poprzez masyw granitoidowy, ustalają reakcje, jakie zachodziły pomiędzy fluidem a skałą, charakter przeobrażeń oraz obliczają bilanse masy, z których jasno wynika, czy doszło do wymiany składników, a jeżeli tak, to jakich.

W zależności od sposobu powstawania minerałów hydrotermalnych, za minerały hydrotermalne pierwotne są uważane te minerały, które powstały w wyniku krystalizacji wprost z roztworu hydrotermalnego. Minerały hydrotermalne wtórne powstają natomiast w wyniku reakcji zastępowania minerałów budujących skałę wyjściową, inicjowanych przez roztwór hydrotermalny.

Do głównych przejawów hydrotermalnych przeobrażeń w granitach należy:

- występowanie żył mineralnych o różnej miąższości;
- zastępowanie minerałów pierwotnych w skałe macierzystej przez minerały wtórne;

- obecność minerałów hydrotermalnych pierwotnych w żyłach, szczelinach, mikroszczelinach i wzdłuż granic ziarn oraz wtórnych, w bogatszych w wapń częściach plagiokla-

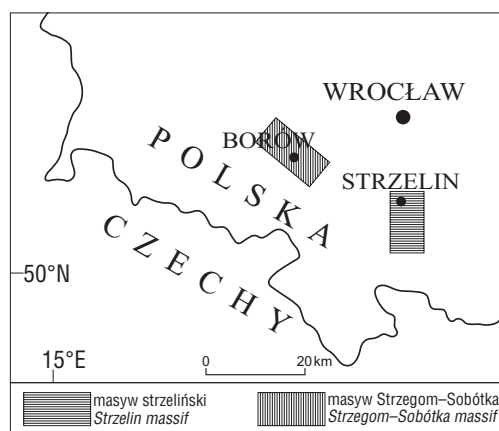
zów lub wzdłuż uprzywilejowanych płaszczyzn lupliwości;

- stopniowe zanikanie przemian hydrotermalnych od żył i szczelin w kierunku skały macierzystej.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie problemu hydrotermalnych przeobrażeń granitów okolic Strzelina (masyw strzeliński) i Borowa (masyw Strzegom–Sobótka; ryc. 1) w porównaniu z wybranymi masywami granitoidowymi świata. W granicę strzelińskim były badane zmiany okołozylne, dostępne dla badacza w Łomie Głównym. Łom ten jest założony w miejscu, gdzie intruzja granitoidowa stanowi stosunkowo rozległy pień. W sąsiednim kamieniołomie Mikoszków, założonym na żyłę granitoidowej, nasilenie przeobrażeń hydrotermalnych jest znikome. W kamieniołomie w Borowie badaniom podlegał silnie przeobrażony granit występujący w kruchej strefie ścinania, która odsłania się w ścianie północnej kamieniołomu Borów 17 (Ciesielczuk, 2000).

W celach porównawczych zostało wybranych sześć masywów granitoidowych:

- 1 — Maine, USA (Ferry, 1979);
- 2 — Aspo, południowo-wschodnia Szwecja (Eliasson, 1993);



Ryc. 1. Lokalizacja granitów ze Strzelina i Borowa. Pasami poziomymi zaznaczono obszar występowania masywu strzelińskiego, pasami pionowymi masywu Strzegom–Sobótka

Fig. 1. Location of the Strzelin and Borów granites. Location of the Strzelin massif is marked by horizontal lines, the Strzegom–Sobótka massif by vertical lines

*Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec; jciesiel@ultra.cto.us.edu.pl

3 — Stripa, południowa Szwecja (Eliasson, 1993);

4 — granit Beauvoir, występujący w granitoidowym kompleksie Echassieres, północna część Masywu Centralnego, Francja (Merceron i in., 1992);

5 — Auriat, Masyw Centralny, Francja (Parneix i Petit, 1991);

6 — Ashio, Japonia (Hamasaki i in., 1995).

Skały sąsiadujące, skład petrograficzny i mineralny, przypuszczalny skład fluidu oraz wiek poszczególnych masywów granitoidowych został podany w tab. 1.

Jak wynika z tab. 1 wybrane masywy granitoidowe znajdują się w różnym położeniu zarówno geograficznym, jak i geologicznym. Skład petrograficzny skał sąsiadujących jest bardzo różnicowany, podobnie jak wiek poszczególnych masywów. Zbieżny natomiast jest skład mineralny granitoidów nieprzeobrażonych oraz minerałów, które uległy przeobrażeniu. Fakt ten wynika głównie z przynależności do tej samej grupy skał oraz tendencji poszczególnych minerałów pierwotnych do ulegania przeobrażaniu pod wpływem oddziaływania roztworów hydrotermalnych, których skład jest również podobny w analizowanych masywach granitoidowych.

Analizując asocjacje minerałów powstałych pod wpływem przeobrażenia przez roztwory hydrotermalne uwagę zwracają następujące fakty:

□ prawie w każdym masywie występują takie minerały wtórne, jak: chloryt, muskowit (lub serycyt), minerały ilaste, tytanit oraz minerały grupy epidotu, minerały żelaza (głównie hematyt), węglany i skalenie;

□ spośród minerałów hydrotermalnych pierwotnych, krystalizujących w szczelinach we wszystkich masywach powszechne są: kwarc, chloryt, kalcyt, minerały ilaste oraz fluoryt i skałen potasowy;

□ istnieje duże zróżnicowanie w ilości minerałów hydrotermalnych, zarówno wtórnych, jak i pierwotnych, wahająca się odpowiednio od 3 (granitoid Ashio) do 13 (granitoidy Aspó i Auriat) oraz od 4 (granit z Borowa) do 14 minerałów (granit ze Strzelina);

□ temperatury powstawania minerałów hydrotermalnych w poszczególnych masywach zostały określone w następujących przedziałach: ok. 425°C i ciśnienie 3500 barów w granitoidzie Maine, 300–400°C w granitoidzie Aspó, 400–210°C i niższe w granitoidzie Beauvoir, 140–200°C w granitoidzie Ashio, 200–300°C (główna faza krystalizacji) w masywie strzegomskim (Janeczek, 1985), 100–400°C w granicie strzelińskim (Stępisiewicz, 1977), przy czym współwystępowanie prehnitu i laumontytu, przy nieobecności pumpellyytu zawęża przedział temperatury od 210 do 250°C i ciśnienia od 1 do 2,2 kbar (Ciesielczuk, 2000);

□ skład mineralny przeobrażonych granitoidów Maine, Aspó, Stripa, Auriat, Ashio, Strzelina i Borów odpowiada niskim facjom metamorficznym, począwszy od zeolitowej, poprzez nie w pełni wykształconą fację prehnitowo-pumpellyitową do dolnej zielenicowej facji metamorficznej (tab. 2), co jest tłumaczone zainicjowaniem temperatur metamorficznych ok. 100–400°C w sąsiedztwie szczelin (metamorfizm hydrotermalny).

Poza wyżej wymienionymi cechami przeobrażeń hydrotermalnych, badanymi w każdym omawianym granitoidzie, poszczególni autorzy zwrócili uwagę na następujące fakty. Eliasson (1993) stwierdził dwu-, a nawet trzykrotny wzrost porowatości granitu przeobrażonego hydrotermalnie oraz znaczny spadek gęstości i podatności magnetycznej w stosunku do granitu nieprzeobrażonego. Ponadto wykazał, że tworzenie się minerałów żelaza barwiących granit Stripa na kolor czerwony jest związane z końcowym, niskotemperaturowym (150–250°C) stadium

hydrotermalnym oraz wskazał na istnienie zależności pomiędzy ilością szczelin a stopniem przeobrażenia granitu.

W granitoidach Beauvoir i Auriat Merceron i in. (1992) oraz Parneix i Petit (1991) wyróżnili trzy etapy działalności hydrotermalnej, związane z różnymi systemami szczelin i różniące się wiekiem, składem mineralnym oraz temperaturą powstawania. Natomiast Hamasaki i in. (1995) zauważyli, że wody gruntowe krążące obecnie w szczelinach granitoidu Ashio rzadko lub wcale go nie przeobrażają, gdyż nie znaleźli minerałów powstających w temperaturze niższej niż 100°C.

Ciesielczuk (2000) wykazała na przykładzie granitu strzelińskiego, że przeobrażenia masywów granitoidowych są dużo bardziej zaawansowane, niż mogłoby się wydawać. Działalność roztworów hydrotermalnych jest najczęściej widoczna w granitoidach pod postacią cienkich żyłek otoczonych kilkucentymetrową strefą zmienionego granitu. Fakt ten jest wprawdzie zauważany, jednak często niedostatecznie doceniany. Na przykład, autorka niniejszego opracowania oszacowała objętość jaką zajmują hydrotermalnie przeobrażone granity w granicie strzelińskim i okazało się, że przeobrażeniu uległo aż ok. 20% granitu. Rzeczywista objętość skały przeobrażonej może być jeszcze większa, gdyż powyższe szacowanie nie uwzględnia zmian izotopowych, których nie da się zbadać zastosowanymi metodami petrograficznymi.

Różne są zdania autorów na temat przyczyn zróżnicowania stopnia przeobrażeń oraz asocjacji minerałów hydrotermalnych, występujących na różnych głębokościach i w różnych odległościach od szczelin w analizowanych granitach. Eliasson (1993) i Merceron i in. (1992) uważają, że tą przyczyną jest wyłącznie obniżanie temperatury roztworu hydrotermalnego, krążącego w granitoidach Aspó i Beauvoir, a nie zmiana jego chemizmu. Parneix i Petit (1991) dodają występowanie gradientów temperatury: pionowego, ok. 150°C na 1 km głębokości oraz poziomego, występującego wokół żył, które były bezpośrednią przyczyną zróżnicowania paragenez mineralnych w granicie Auriat. Hamasaki i in. (1995) twierdzą, że stopień przeobrażeń w granitoidzie Ashio zależy wyłącznie od odległości od szczeliny, nie zaś od głębokości. Janeczek (1985) udowodnił, że przyczyną zróżnicowania paragenez mineralnych w pegmatytach, występujących w różnych częściach masywu Strzegom–Sobótka, są głównie zmiany składu chemicznego roztworów hydrotermalnych. August (1994) natomiast, podając model przeobrażeń hydrotermalnych występujących wokół kwarcowych żył w granitoidzie Strzegom–Sobótka, uważa, że głównymi czynnikami powodującymi przeobrażenia są zarówno temperatura, jak i skład chemiczny roztworu hydrotermalnego, migrującego szczelinami i spękaniem pochodzenia tektonicznego.

Podsumowując należy stwierdzić, że charakter przeobrażeń hydrotermalnych obserwowany w wybranych masywach granitoidowych (Eliasson, 1993; Ferry, 1979; Hamasaki i in., 1995; Merceron i in., 1992; Parneix i in., 1991; Ciesielczuk, 2000) różni się i jest uzależniony od wielu czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć: skład mineralny, petrograficzny i chemiczny skały macierzystej, sytuację tektoniczną (układ, szerokość oraz następstwo szczelin i spękań w granicie), zmiany (lub ich brak) składu chemicznego roztworu hydrotermalnego, temperaturę, ciśnienie, lotność, np. CO₂, O₂ i in., pH, potencjał redukująco-utleniający, możliwość i czas migracji i penetracji masywu przez roztwór (roztwory) hydrotermalny oraz możliwość wielokrotnego doprowadzania i odprowadzania roztworów hydrotermalnych.

Tab. 1. Charakterystyka poszczególnych masywów granitoidowych

Table 1. Characteristic of granitoid massifs

Charakterystyka masywu	Maine ¹	Aspo ²	Stripa ²	Beauvoir ³	Auriat ⁴	Ashio ⁵	Strzelin	Borów
skały budujące masyw	monzonit, granodioryt	granit biotytowy	granit muskowitowy	leukokratyczny granit albitowo-lepidolityowy	monzogranit	granodioryt, dioryt kwarcowy	granit biotytowy ⁶	granit biotytowy ⁶
skały sąsiadujące	zmetamorfizowane piaskowce, pelity i skały węglanowe (S, S-D)	brak danych	brak danych	łupki mikowe (PZ ³)	gnejsy (C), łupki mikowe (O i S), granit ze złożem uranu pochodzenia hydrotermalnego (290–300 mln lat)	piaskowce, łupki, czerty i wapienie (PZ), tufy, skały granitoidowe (Pg), ryolity (Ng), lawy andezytowe, tufy (Q)	gnejsy, łupki łyszczykowe, amfibolity i skały wapienne -krzemianowe (Prekambr), metazlepińce, kwarcyty, łupki kwarcytowo-serycytowe (D1+2)7,8	gnejsy, metagabro, amfibolity, bazalty, serpentynity ¹¹
wiek	dewon?	brak danych	brak danych	321–290 mln lat	324 mln lat	krede, 87 mln lat	347+/-12 mln lat ⁹	280 mln lat ¹²
skład niezmienionego granitoidu	Ms, Bt, Pl, Mc, Qtz, Grt, Ilm, Ttn, Mnz, Ap	Pl, Qtz, Mc, Bt, Ttn, Mgt, Ap, Ep, Fl, Zrn, Mnz, Cal	Mc, Pl, Qtz, ponadto Ms, Chl, Ep, Ttn oraz leukoksen, Cal, Prh i Mnz	Qtz, Ab, K-sk, Lpd, Toz, Ap, Cst, Mik-Pir, Ttl, Zrn, Fl, fosforany litowe	Qtz, Mc, Pl, fengit, Bt, ponadto: Ser, Ab, Ap, Zrn, Mnz, Tur	Qtz, K-sk, Pl, Bt	Pl, Qtz, Mc, Bt, Zrn, Ttn, Ap, Chl ⁶	Pl, Mc, Ab, Qtz, Bt, Zrn, Ttn, Chl ⁶
minerały, które uległy przeobrażeniom	Bt, Pl, Mc	Bt, Pl, Mgt	Bt, Chl	Ab, ortoklaz, Lpd, Ms	oligoklaz, Bt, Chl, Qtz	Bt, Pl, Qtz, K-sk	Bt, Pl, Mc, Chl ⁶	Bt, Pl, Mc ⁶
minerały wtórne, obecne w skale macierzystej	Ep, Cal, Ms, Chl, Ttn	Chl, K-sk, Ser, Ep, tlenki Ti, Vrm, Ab, Ss, Min.il, Hem, Gt, Lim, Ttn	Chl, Ms, Hem, FeOOH, Gt, Ss	Qtz, Ms, Prl, Don, Tos, Kln, Fl, Ill, I/S	Chl, Rt, K-sk, Ep, Ttn, Fl, Py, I/S, Ill, Hem, Dol, Kln, Ank	Ill, Chl, Cal	Chl, Ttn, Min.il, Ab, Ser, Prh, Ms, Czo, Lmt, Ca ¹ , Ss ⁶	Chl, Ttn, Min.il, Ab, Ser, Prh, Ss ^{6,14}
minerały hydrotermalne pierwotne, krystalizujące w szczelinach		Vrm, Chl, Prh, Ep, Cal, Tlc?, Sm, Qtz, K-sk, Fl, Ttn	Chl, Ep, Cal, Qtz, Hem, Prh, Fl	Qtz, Ms, Prl, Don, Tos, Kln, Fl, Ill, I/S, tlenki żelaza, Gt	K-sk, saponit, Cor, Cal, Qtz, Py, Ccp, Ill, Dol, I/S, Chl	Qtz, Ill, Chl, Lmt, Ca ¹	Qtz, K-sk, Ab, Ms, Chl, Czo, Prh, Lmt, Kln, Cal, Po, Sp, Py, Ccp ⁶	Qtz, Sk, Chl, F ^{16,14}
skład roztworów hydrotermalnych	CO ₂ , H ₂ O (również wolne CO ₂) oraz K ⁺ , Na ⁺ , Ca ²⁺ , H ⁺ , Fe ²⁺ , Mg ²⁺ , Fe ³⁺ , Mn ²⁺ , Ti ⁴⁺	wysoka aktywność K ⁺ i Na ⁺	brak danych	niskie zasolenie (1–10 wt% NaCl), niska gęstość, niskie pH, bardzoniska zawartość: Mg ²⁺ , Fe, wysoka: Li ⁺ , Na ⁺ i K ⁺	niskie zasolenie, niskie stężenie jonowe, skład chemiczny podobny do składu chemicznego wody gruntowej	brak danych	Al ³⁺ , Na, K, Li ⁺ , wysoka zawartość Ca ²⁺ , BO ₃ ³⁻ , HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻ , S ²⁻¹⁰	NaCl, KCl oraz Li (0,004–0,014%), Na (1–4%), K (0,500,9%), Cl (2–5,5%), Br (0,04–0,05%) ¹³

¹ wg Ferry (1979), ² wg Eliasson (1993), ³ wg Merceron i in. (1992), ⁴ wg Parneix & Petit (1991), ⁵ wg Hamasaki i in. (1995), ⁶ wg Ciesielczuk (2000), ⁷ wg Oberc, 1972, ⁸ wg Oberc-Dziedzic (1999), ⁹ wg Oberc-Dziedzic i in. (1996), ¹⁰ wg Stępisiewicz (1977), ¹¹ wg Majerowicza (1972), ¹² wg Pin i in. (1989), ¹³ wg Kozłowskiego (1973), ¹⁴ wg Augusta (1994)

Objaśnienia symboli jednostek stratygraficznych:

O — ordowik, S — sylur, D — dewon, C — karbon, PZ — paleozoik, Pg — paleogen, Ng — neogen, Q — czwartorzęd.

Objaśnienia skrótów mineralów (większość wg IMA, 1998):

Ab — albit, Ank — ankeryt, Ap — apatyt, Bt — biotyt, Cal — kalcyt, Ccp — chalkopiryt, Chl — chloryt, Cor — corrensynt, Cst — kasyteryt, Czo — klinozoizyt, Dol — dolomit, Don — donbazyt, Ep — epidot, Fl — fluoryt, Grt — granat, Gt — goethyt, Hem — hematyt, I/S — minerał mieszano-pakietowy illit — smektyt, Ill — illit, Ilm — ilmenit, Kln — kaolinit, K-sk — skałen potasowy, Lim — limonit, Lmt — laumontyt, Lpd — lepidolit, Mc — mikroklin, Mgt — magnetyt, Mik — mikrolit, Min.il. — minerały ilaste, Mnz — monacyt, Ms — muskowitz, Pir — pirochlor, Pl — plagioklaz, Po — pirotyt, Prh — prehnit, Prl — pyrofyllit, Py — piryty, Qtz — kwarc, Rt — rutyl, Ser — serycyt, Sk — skalenie, Sm — smektyt, Sp — sfaleryt, Ss — saussuryt, Tlc — talk, Tos — tosydyt, Toz — topaz, Ttl — tantalit, Ttn — tytanit, Tur — turmalin, Vrm — wermikulit, Zrn — cyrkon

Tab. 2. Facje metamorfizmu występujące w poszczególnych masywach granitoidowych
 Table 2. Metamorphic facies present in granitoid massifs

Facje metamorfizmu	Maine	Aspo	Stripa	Auriat	Ashio	Strzelin	Borów
zieleńcowa	■	■	■	■		■	
prehnitowo-pumpellyitowa		■	■			■	■
zeolitowa					■	■	

Literatura

- AUGUST C. 1994 — Hydrothermal alteration in the Strzegom–Sobótka granitoids. Igneous activity and metamorphic evolution of the Sudetes area. [In:] Igneous activity and metamorphic evolution of the Sudetes area. Mat. Konf., Wyd. UW: 21–23.
- CIESIELCZUK J. 2000 — Hydrotermalne przeobrażenia granitów z Borowa (masyw Strzegom–Sobótka) i Strzelina. Praca doktorska, niepublikowana, Arch. WNoZ UŚ: 1–170.
- ELIASSON T. 1993 — Mineralogy, geochemistry, and petrophysics of red coloured granite adjacent to fractures. SKB Technical Report 93–06, Stockholm: 1–78.
- FERRY J. M. 1979 — Reaction mechanisms, physical condition, and mass transfer during hydrothermal alteration of mica and feldspar in granitic rocks from south-central Maine, USA. Contrib. Miner. Petrol., 68: 125–139.
- HAMASAKI S., TSUKIMURA K., FUJIMOTO K., OMURA K. & IKEDA R. 1995 — Alteration minerals in granitic rock at Ashio as radionuclide adsorption materials. Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 353: 1275–1282.
- HENLEY R.W., TRUESDELL A.H. & BARTON P.B. JR 1984 — Fluid — mineral equilibria in hydrothermal systems. Rev. Econ. Geol., 1: 1–201.
- IMA 1998 — The nomenclature of minerals: a compilation of IMA reports. Can. Mineral.
- JANECZEK J. 1985 — Typomorficzne minerały pegmatytów masywu granitoidowego Strzegom–Sobótka. Geol. Sudet., 20: 1–66.

- KOZŁOWSKI A. 1973 — Kwarce pomagmowy masywu strzegomskiego i karkonoskiego, jego środowisko krystalizacji i pierwiastki śladowe. Acta Geol. Pol., 23: 341–364.
- MAJEROWICZ A. 1972 — Masyw granitowy Strzegom–Sobótka. Geol. Sudet., 6: 7–96.
- MERCERON T., VIEILLARD P., FOUILLAC A.M. & MEUNIER A. 1992 — Hydrothermal alterations in the Echassieres granitic cupola (Massif Central, France). Contrib. Mineral. Petrol., 112: 279–292.
- OBERC–DZIEDZIC T., PIN C., DUTHOU J.L. & COUTURIE J.P. 1996 — Age and origin of the Strzelin granitoids (Fore–Sudetic Block, Poland): $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ data. N. Jb. Miner. Abh., 171: 187–198.
- OBERC–DZIEDZIC T. 1999 — 1. The metamorphic and structural development of gneisses and older schist series in the Strzelin Crystalline Massif (Fore–Sudetic Blok, SW Poland). 2. The geology of the Strzelin granitoids (Fore–Sudetic Blok, SW Poland). 6th Meeting of the Petrology Group of the Mineralogical Society of Poland Sobótka–Górka, 14: 10–33.
- OBERC J. 1972 — Budowa geologiczna Polski. T. IV. Tektonika, cz. 2. Sudety i obszary przyległe. Wyd. Geol.
- PARNEIX J. C. & PETIT J. C. 1991 — Hydrothermal alteration of an old geothermal system in the Auriat granite (Massif Central, France): Petrological study and modelling. Chem. Geol., 89: 329–351.
- PIN C., PUZIEWICZ J. & DUTHOU J.-L. 1989 — Ages and origins of a composite granitic massif in the Variscan belt: A Rb–Sr study of the Strzegom–Sobótka Massif, W. Sudetes (Poland). N. Jahrb. Miner. Abh., 160: 71–82.
- STĘPISEWICZ M. 1977 — Fizykochemiczne warunki powstawania minerałów pomagmowych w granitoidach strzelińskich. Arch. Miner., 33: 61–71.