

Czesław AUGUST,* Ryszard KRYZA*

SYLLIMANIT W GNEJSACH I MIGMATYTACH BLOKU SOWIOGÓRSKIEGO

SPIS TREŚCI

Streszczenie	141
Wstęp	141
Rozprzestrzenienie syllimanitu w skałach sowiogórskich	142
Pozycja strukturalna i powiązania paragenetyczne syllimanitu	143
Gnejsy fibrolitowe	143
Strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe	144
Problem genezy syllimanitu	146
Wnioski petrogenetyczne	148
Literatura	149
Sillimanite in gneisses and migmatites of the Sowie Mts. (Central Sudetes) — Summary	151

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych, mikroskopowych i chemicznych skał sowiogórskich zawierających syllimanit. Wyróżniono dwie zasadnicze formy występowania syllimanitu: gnejsy fibrolitowe i strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe w gnejsach i migmatytach. Struktury gnejsów fibrolitowych powstały przed zakończeniem fałdowań sprzężonych z migmatytyzacją skał sowiogórskich. Syllimanit w strefach syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych utworzył się

w późnym stadium rozwoju metamorficznego, prawdopodobnie w wyniku strefowej mobilizacji i częściowego odprowadzenia z gnejsów i migmatytów alkaliów, żelaza i magnezu. Wysoka temperatura (powyżej 600°C) była charakterystyczna nie tylko dla okresu migmatytyzacji skał sowiogórskich, ale również dla późniejszych etapów ewolucji metamorficznej, po częściowej homogenizacji gnejsów i migmatytów.

WSTĘP

Zmetamorfizowane skały bloku sowiogórskiego od dawna są przedmiotem wnikliwych badań tektonicznych i petrologicznych, mających na celu ustalenie pozycji geologicznej tej najstarszej w Sudetach jednostki strukturalnej. Z przedwojennych opracowań geologicznych bloku gnejsowego istotne znaczenie miały: obszerna monograficzna praca Kalkowsky'ego (1878), opracowania kartograficzne Dathego (1904), Finckha (1924), Meistera i Fischera (1935) oraz petrograficzne studia Scheumanna (1936) i Hentschela (1943) — fide Grocholski (1967). Wiele nowych szczegółów o budowie geologicznej jednostki sowiogórskiej wniosły badania polskich geologów. Teisseyre i Oberc (w: Oberc *et al.* 1957), Oberc (1972) i Grocholski (1967a, b, 1969) zajmowali się problematyką tektoniki bloku sowiogórskiego, zaś autorami petro-

graficznych opracowań są: Smulikowski (1952), Polański (1955) oraz Juskowiak i Ryka (1960). W ostatnich latach petrogenezą skał w Górach Sowich zajmował się Morawski (1973), natomiast badania geochemiczne gnejsów sowiogórskich prowadzili Zawidzki (1971) i Sachanbiński (1971).

Syntetyczny pogląd na ewolucję metamorficzną skał bloku sowiogórskiego, oparty w dużej mierze na wcześniejszych badaniach m. in. Polańskiego (1955) i Grocholskiego (1967), przedstawił Morawski (1973). Zgodnie z tym poglądem w rozwoju metamorficznym skał sowiogórskich można wyróżnić trzy etapy. W pierwszym etapie, w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia, serie skał osadowych, głównie szarogłazowych i mułowcowych, zostały zmienione w gnejsy z dystenem i almandynem. Etap drugi, ko-

* Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, ul. Cybulskiego 30, 50-205 Wrocław.

rełowany z intensywnymi fałdowaniami, obejmował migmatytyzację i lokalną mikroklinizację gnejsów. Istniejące warunki, zwłaszcza wysoka temperatura, sprzyjały przemianom dystenu w syllimanit i umożliwiały fibrolityzację biotyту. W ostatnim, trzecim stadium metamorfozy doszło do częściowej homogenizacji gnejsów i migmatytów oraz powstania niewielkich żył granitoidowych.

W podanej koncepcji rozwoju metamorficznego skał bloku sowiogórskiego wiele problemów jest niedostatecznie wyjaśnionych i udokumentowanych. Do nich należy zagadnienie genezy i pozycji strukturalnej syllimanitu, minerału pospolicie występującego w skałach sowiogórskich. Wyjaśnienie tego problemu może stanowić istotny przyczynek do odtworzenia petrogenety skał omawianego obszaru.

Na temat genezy syllimanitu w skałach krystalicznych bloku sowiogórskiego wypowiadali się między innymi Meister (1932), Polański (1955), Grocholski (1967a), Morawski (1973) i Sachanbiński (inf. ustna). Autorzy ci zgodnie uważają, że decydujący wpływ na powstanie syllimanitu miał pierwotny skład osadów bogatych w minerały ilaste. Polański (1955) i Morawski (1973) próbują ustalić warunki, w jakich powstał ten minerał. Zdaniem Polańskiego syllimanit w Górach Sowich pozostaje w bliskim czasowo związku

z procesem anatektycznego upłynnienia skał w warunkach subfacji almandynowo-syllimanitowej. Morawski uważa, że syllimanit jest minerałem powstałym w wyniku fibrolityzacji biotyту oraz przeobrażenia dystenu w czasie migmatytyzacji kompleksu gnejsowego.

Syllimanit w skałach sowiogórskich jest minerałem istotnym nie tylko dla odtworzenia petrogenety skał tego obszaru. Od kilku lat jest również przedmiotem badań prowadzonych w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, mających na celu określenie przydatności gnejsów fibrolitowych, jako surowca dla przemysłu materiałów ogniotrwałych.

Celem niniejszego opracowania jest uzupełnienie dotychczasowych poglądów o pozycji strukturalnej i genezie syllimanitu w oparciu o nowe obserwacje zebrane przez C. Augusta w części przedgórskiej bloku sowiogórskiego i R. Kryzę na obszarze Gór Sowich.

Autorzy pragną gorąco podziękować doc. dr. habil. Alfredowi Majerowiczowi za pomoc przy prowadzeniu badań i pisaniu pracy oraz dr. Michałowi Sachanbińskiemu za uwagi i wymianę poglądów na temat przedstawionych w opracowaniu zagadnień.

ROZPRZESTRZENIENIE SYLLIMANITU W SKAŁACH SOWIOGÓRSKICH

Syllimanit w postaci fibrolitowych skupień jest bardzo rozpowszechniony w skałach bloku sowiogórskiego, ale w dużym i charakterystycznym nagromadzeniu występuje tylko w odmianie określonej jako gnejsy fibrolitowe. Na mapie Grocholskiego i Sawickiego (vide Grocholski 1967; fig. 1) gnejsy te zostały wydzielone w części górskiej jako wąska strefa o szerokości nie przekraczającej 1 km i długości około 10 km, między Głuszycą i Jedlińską Kopą na północnym zachodzie a rejonem Kamionek na południowym wschodzie. Ponadto tworzą one kilka mniejszych wystąpień w okolicy Jugowic i Walimia. Na przedpolu Gór Sowich gnejsy fibrolitowe zajmują niewielki obszar w południowej jego części. Strefa tych skał, o powierzchni około 10 km², rozciąga się na wschód od Bielawy, w okolicy Owiesna, a mniejszy obszar (ok. 1,5 km²) leży na południowy zachód od Przedborowej. Należy zaznaczyć, że na obszarach skartowanych jako gnejsy fibrolitowe, skały te nie stanowią jedynej odmiany, często nawet nie dominują wśród innych gnejsów i migmatytów. Na wspomnianej mapie nie uwzględniono zróżnicowania teksturalnego gnejsów fibrolitowych.

Poza gnejsami fibrolitowymi, syllimanit występuje

również w innych odmianach skał sowiogórskich (Polański 1955; Grocholski 1967a; Morawski 1973). Autorzy niniejszej pracy także stwierdzili obecność tego minerału w licznych odsłonięciach na bloku sowiogórskim. Występuje on również w różnych odmianach paragnejsów, m. in. w gnejsach drobnoziarnistych, nielaminowanych z Jugowic i gnejsach smużystych z Olszyna. Obecność syllimanitu stwierdzono też w różnych typach migmatytów sowiogórskich zarówno w paleosomie, jak i neosomie. Jest on dość pospolitym składnikiem migmatytów warstewkowych (stromatytów) z Bystrzycy Górnej, Jugowic, Walimia, Owiesna i okolic Przedborowej. Występuje też w ptygmatycznie pofałdowanych migmatytach z Jugowic i masywu Wielkiej Sowy. Poza tym jego obecność stwierdzono w tzw. gnejsach homofanicznych (nebulitach) w Rościszowie i na Babim Kamieniu, w granitoidowych żyłach z rejonu Głuszycy i Walimia oraz w pegmatycie nad jeziorem zaporowym w Lubachowie (Kryza 1977). Syllimanit występuje też w odmianach gnejsów o specyficznym składzie mineralnym — w gnejsach mikroklinowych z Głuszycy i Zagórza Śląskiego, a także w gnejsach kordierytowych z rejonu Dzieńmorowic i Podlesia.

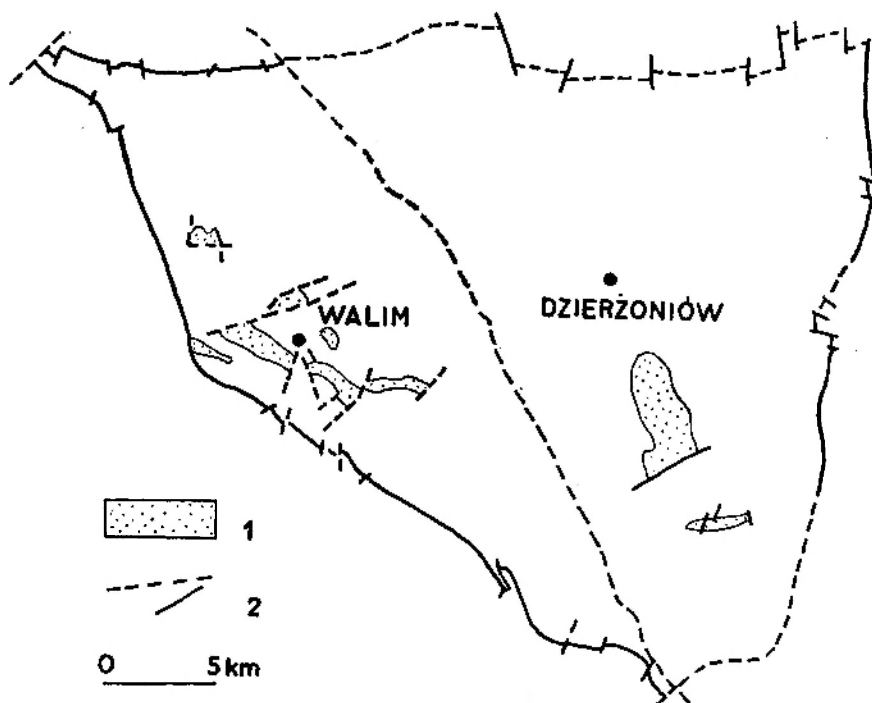


Fig. 1

Rozprzestrzenie gnejsów fibrolitowych na bloku sowiogórskim (wg mapy Grocholskiego 1967)

1 - gnejsy fibrolitowe; 2 - uskoki

Distribution of the fibrolite gneisses in Sowie Góry Block (after the map by Grocholski 1967)

1 - fibrolite gneisses; 2 - faults

POZYCJA STRUKTURALNA I POWIĄZANIA PARAGENETYCZNE SYLLIMANITU

Z obserwacji terenowych i badań mikroskopowych wynika, że w skałach sowiogórskich paragenety z syllimanitem mają różne formy i zróżnicowany jest ich stosunek względem struktur tektonicznych. Wydaje się, że na bloku sowiogórskim mamy do czynienia

z co najmniej dwiema zasadniczymi formami występowania syllimanitu. Stąd też oddzielnie zostaną omówione gnejsy fibrolitowe oraz strefy syllimanito-muskowitowo-kwarcowe w różnych odmianach gnejsów i migmatytów.

GNEJSY FIBROLITOWE

Wśród sowiogórskich gnejsów fibrolitowych zawierających znaczną ilość syllimanitu można wyróżnić dwie odmiany:

- gnejsy fibrolitowe o teksturze guzkowej (nodularnej);
- gnejsy fibrolitowe łusczkowe (o teksturze bezguzkowej).

Gnejsy fibrolitowe o teksturze guzkowej (nodularnej) spotykane są głównie na obszarach wydzielonych na mapie jako gnejsy fibrolitowe. W odsłonięciach obserwuje się je m. in. w rejonie Moszny i Włodarza, między Głuszycą i Walimem, na wschód od Głuszycy, a na przedpoju Gór Sowich na południowy zachód od Przedborowej, na wzgórzu oznaczonym kotą 396,5 m n.p.m.

Są to skały barwy popielatoszarej, na ogół drobnoziarniste, o teksturze soczewkowatej, ze słabo zaznaczoną foliacją. W zasadzie nie wykazują oznak migmatytyzacji. Guzki fibrolitowo-kwarcowe, o wielkości 0,2—2 cm, tkwią w drobnoziarnistej masie skalnej złożonej z kwarcu, skaleni i biotyту. W skałach z rejonu Głuszycy i Walimia mają one kształt oczek, czasem lekko spłaszczonych, natomiast w gnejsach na przedpoju Gór Sowich tworzą silnie spłaszczone soczewki, często przechodzące w formy żyłkowe (pl. I, 1, 2). Guzki fibrolitowo-kwarcowe układają się zgodnie z foliacją skały, a ich spłaszczenie naśladuje jej przebieg. W odsłonięciu, w odległości 1,2 km na wschód od Walimia, przy szosie do Rościszowa, obserwuje się zafałdowane gnejsy fibroli-

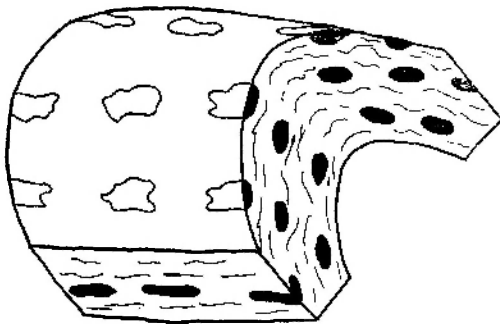


Fig. 2

Schemat obrazujący zgodne ułożenie guzków fibrolitowo-kwarcowych z zafałdowaną foliacją w gnejsach fibrolitowych (na podstawie obserwacji w skałkach przy szosie z Walimia do Rościszowa, około 1,2 km na wschód od Walimia)

Sketch showing concordant arrangement and folding of the fibrolite-quartz modules and foliation in fibrolite gneisses (based on observations made at the outcrop by the road from Walim to Rościszów, about 1.2 km east from Walim)

towe, w których guzki układają się wraz z foliacją w plastyczne fałdy (fig. 2).

Z obserwacji mikroskopowych wynika, że gnejsy fibrolitowe o teksturze guzkowej zbudowane są z kwarcu, oligoklazą (ok. 18 % An), czasem pokaźnej ilości mikroklinu oraz biotytu, fibrolitu i muskowitu. W mniejszej ilości występuje granat, akcesorycznie zaś dysten, apatyt, cyrkon i minerały rudne. Fibrolit tworzy nieprawidłowe, piłśniowate formy w centralnej części guzków, otoczone ziarnami kwarcu (pl. I, 5). Charakterystyczny jest brak skaleni w sąsiedztwie skupień fibrolitowo-kwarcowych. Biotyt opływa guzki, ulegając niekiedy procesowi częściowej fibrolityzacji i muskowityzacji. W agregatach fibrolitowych obserwuje się drobne grudki minerałów rudnych (pl. I, 6). Włóknisty muskowit (określany dalej przez autorów nazwą „fibromuskowit”) tworzy często rodzaj otoczki wokół skupień fibrolitu. Nie ma jednak wyraźnych dowodów na to, czy muskowit jest młodszy od syllimanitu, czy też minerały te powstały w jednym procesie.

Brak bezpośrednich kontaktów syllimanitu, przede wszystkim ze skaleniami, w dużym stopniu utrudnia ustalenie kolejności krystalizacji głównych składników skały, a tym samym określenie względnego wieku syllimanitu w guzkach. Jedyne forma guzków i ich zgodny stosunek względem foliacji i plastycznych fałdów (prawdopodobnie z okresu migmatytyzacji) świadczą o stosunkowo wczesnym powstaniu struktur guzkowych w gnejsach fibrolitowych.

Druga odmiana gnejsów fibrolitowych o teksturze łuseczkowej (bezugzkowej) makroskopowo jest trudniejsza do wydzielenia w terenie. Są to skały drobnoziarniste o barwie jasnoszarej i składzie mineralnym zbliżonym do składu mineralnego gnejsów fibrolito-

owych o teksturze guzkowej. Dominuje tu ksenomorficzny kwarc i kseno- lub hipautomorficzny oligoklaz (15–20 % An). W mniejszej ilości występują: biotyt, mikroklin, fibrolit, granat, czasem dysten, akcesorycznie zaś apatyt, cyrkon i minerały rudne. Syllimanit tworzy wydłużone agregaty równomiernie rozmieszczone w skałe i wraz z blaszkami biotytu podkreślające foliację. Biotyt ulega często procesowi fibrolityzacji i muskowityzacji. W skupieniach biotytowo-muskowitowo-fibrolitowych spotkać można nieprawidłowe i wydłużone grudki minerałów rudnych, powstałych być może z przeobrażenia biotytu w fibrolit lub muskowit. W sąsiedztwie fibrolitowych agregatów występuje ksenomorficzny kwarc, natomiast nie spotyka się skaleni. W plagioklazach czasem obserwuje się drobne, fasolkowate relikty dystenu.

Dysten w tych skałach i w innych odmianach gnejsów i migmatytów ma zawsze charakter reliktowy. Wykazały to również wcześniejsze badania Polańskiego (1955) i Morawskiego (1973). Tworzy on drobne, poniżej 0,1 mm ziarna, zawsze otoczone plagioklazem (pl. II, 1, 2). Czasem obserwuje się pseudomorfozy muskowitu po dystenie. Mineral ten należy do najstarszych składników skał sowiogórskich.

Niekiedy w gnejsach fibrolitowych o teksturze łuseczkowej spotyka się wśród agregatów fibrolitowych formy przypominające andaluzyt. Skupienia tego minerału stosunkowo dobrze zachowane, jednak o cechach niewystarczających do całkowitej pewnej identyfikacji, stwierdził w gnejsach ze wzgórza Babi Kamień A. Żelaźniewicz (inf. ustna). Dość silny relief i słaba dwójłomność to cechy charakterystyczne tkwiącego wśród agregatów fibrolitowych minerału, będącego przypuszczalnie reliktowym andaluzytem.

Przedstawiony opis odnosi się do dwóch odmian gnejsów fibrolitowych, najbardziej typowych i najczęściej spotykanych w bloku sowiogórskim. Rzadko natomiast spotyka się w skałach tego obszaru syllimanit o pokroju słupkowym i igiełkowym. Gnejsy z tą odmianą syllimanitu występują m. in. w dolinie Srebrnego Potoku, na południe od Wielkiej Sowy oraz lokalnie w okolicy Owiesna (wzgórze 323,5 m npm). Z uwagi na niedostateczną ilość szczegółowych obserwacji, trudno obecnie wyjaśnić przyczyny, które spowodowały odmienne wykształcenie syllimanitu w opisywanych skałach.

STREFY

SYLLIMANITOWO-MUSKOWITOWO-KWARCOWE

Skupienia fibrolitu, poza opisanymi właściwymi gnejsami fibrolitowymi, obserwuje się w różnych, niemal wszystkich odmianach gnejsów i migmatytów

bloku sowiogórskiego. Trzeba zaznaczyć, że fibrolit występuje w roli składnika pobocznego w wielu odmianach gnejsów sowiogórskich, gdzie wykształcony jest zupełnie podobnie, jak w opisanych wyżej gnejsach fibrolitowych, bez tekstury guzkowej. Tylko mała zawartość tego składnika, trudna do stwierdzenia makroskopowo, jest powodem nie zakwalifikowania tych skał do gnejsów fibrolitowych. Oczywiście granica między gnejsiem fibrolitowym a gnejsiem zawierającym fibrolit jako składnik poboczny jest umowna.

Bardzo charakterystyczne i pospolite w skałach sowiogórskich są ponadto skupienia syllimanitu określane przez autorów jako „strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe”. Nazwa ta odnosi się do nieprawidłowych, żyłkopodobnych skupień fibrolitu, muskowitu i kwarcu, często o charakterze sprasowanych agregatów, na ogół niezgodnych z foliacją i laminacją skał. Spotyka się je w różnych odmianach gnejsów i migmatytów. Ich długość waha się od kilku do kilkudziesięciu centymetrów (pl. I, 3). Lokalnie, w rejonie Owiesna i Głuszycy, można obserwować w gnejsach i migmatytach duże nagromadzenie tego typu skupień fibrolitu. Wskutek wietrzenia tworzą one na powierzchniach spękań i foliacji nieprawidłowe, brodawkowate narośla. Skały te na mapach Meistera (1935) i Grocholskiego (1967) są zaliczone do gnejsów fibrolitowych lub syllimanitowych. Wydaje się, że w znacznej części mogły się one rozwinąć z właściwych gnejsów fibrolitowych o teksturach guzkowych lub łuseczkowych.

Strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe spotyka się m. in. w gnejsach smużystych z Olszyńca, w migmatytach o teksturze ptygmatytowej w Jugowicach, w stromatytach i migmatytach fałdowych w rejonie Zagórza Śląskiego, Walimia i Głuszycy. Są one niezgodne z foliacją gnejsów, często naśladują przebieg powierzchni osiowych drobnych fałdów (fig. 3). W migmatytach spotyka się je zarówno w paleosomie, jak i w neosomie. O skupieniach syllimanitu, niezgodnych z leukokratycznymi żyłami w migmatytach nad Jeziorem Bystrzyckim wspomina też Grocholski w *Przewodniku Geologicznym po Sudetach* (1969). Autor ten uważa, że w danym przypadku mamy do czynienia z syllimanitem późniejszym od migmatytyzacji. W Jugowicach obserwować można podobne strefy z fibrolitem przecinające fałdki ptygmatyczne migmatytów, a zatem młodsze od struktur tektonicznych z okresu migmatytyzacji.

Z obserwacji mikroskopowych wynika, że syllimanit w opisywanych strefach występuje zawsze w paragenzie z ksenomorficznym, często kataklasycznie zdeformowanym kwarcem i strzępiastym lub włóknistym muskowitem (fibromuskowitem). Cechą

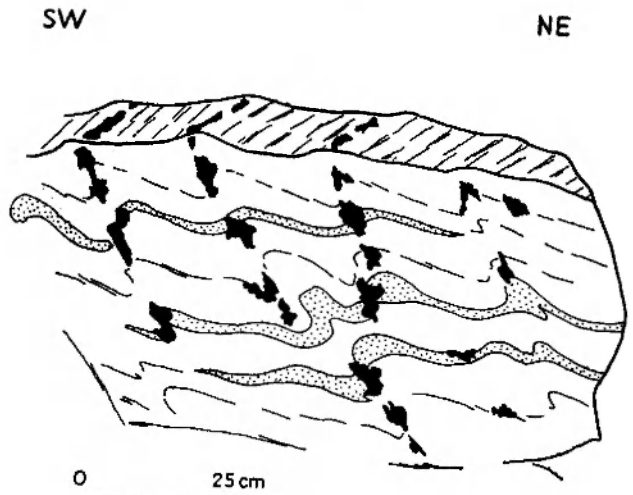


Fig. 3

Strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe rozwinięte głównie według powierzchni osiowych drobnych fałdów w migmatytach o teksturze febitowej. Szkic odstonięcia na wschód od Głuszycy (duża skałka w odległości 2,4 km na zachód od szczytu Włodarza) — kropki — żyłki leukokratyczne, na czarno oznaczone skupienia fibrolitu

Sillimanite-muscovite-quartz aggregates developed mainly along the axial surfaces of small folds in migmatites with febitic structure. Sketch of the outcrop east of Głuszycy (the big outlier 2.4 km west from the top of Włodarz Mt.) — dotted — leucocratic veins; black — concentrations of fibrolite

charakterystyczną tych stref jest prawie brak w nich skaleni i biotyту — istotnych składników wszystkich gnejsów i migmatytów sowiogórskich. Fibrolit z kwarcem i muskowitem tworzą skupienia korodujące biotyt i przypuszczalnie też skaleni zarówno plagioklaz, jak i mikroklin (pl. II, 2–5). Podczas gdy stosunek agregatów fibrolitowo-muskowitowo-kwarcowych do skaleni skały zawierającej opisywane skupienia syllimanitu jest czasem dyskusyjny i może być różnie interpretowany, to korozja biotyту przez fibrolit nie budzi raczej wątpliwości. Podobny sąd na temat zastępowania biotyту przez fibrolit wyraża również Morawski (1964, 1973). Muskowit zwykle otacza syllimanit i sprawia wrażenie otoczki reakcyjnej między fibrolitem a pozostałymi składnikami skały. W skupieniach fibrolitu i muskowitu obserwuje się grudki minerałów rudnych.

Podobne do opisywanych formy syllimanitu spotyka się też w tzw. gnejsach homofanicznych, między innymi na wzgórzu Babi Kamień, na północ od Walimia, a szczególnie pospolite są one w granitoidach intruzyjnych z rejonu Wielkiej Sowy. Mają one postać nieprawidłowych, tektonicznie sprasowanych agregatów (pl. I, 4). W ich ułożeniu nie można na ogół dopatrzeć się wyraźnej prawidłowości. Na przykład w granitoidach z Walimia wydłużone agregaty fibrolitowe czasem naśladują przebieg granic żył grani-

toidów, ale często ułożone są względem nich ukośnie lub nawet prostopadle. Pod mikroskopem ujawnia się specyficzna struktura tych skupień syllimanitu. Fibrolit i muskowitz koncentrują się głównie w przestrzeniach międzyziarnowych i na wór sieci oplatają ziarna silnie zdeformowanego kwarcu (pl. II, 6). Wydaje się, że krystalizacja syllimanitu w opisywanych agregatach była następstwem silnej deformacji tektonicznej skał.

Złożone stosunki paragenetyczne spotyka się w gnejsach kordierytowych z okolic Podlesia i Dzień-

morowic. Syllimanit w tych skałach jest zwykle otoczony kordierytom korodującym biotyt i granat. W gnejsach tych występują również typowe strefy fibrolitowo-kwarcowe. Z uwagi na słabe poznanie gnejsów kordierytowych, nie będą one w tej pracy szerzej dyskutowane.

Opisane strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe mogą wykazywać w różnych skałach pewne różnice w formie lub położeniu względem struktur tektonicznych. Być może szczegółowa analiza strukturalna pozwoli na wydzielenie kilku ich generacji.

PROBLEM GENEZY SYLLIMANITU

W świetle przedstawionych faktów wydaje się, że syllimanit w gnejsach fibrolitowych i w strefach syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych nie mógł utworzyć się w jednym, prostym procesie. Warunki fizyczne oraz przemiany mineralne, jakie towarzyszyły powstawaniu syllimanitu, w obu przypadkach trudno dokładnie odtworzyć. Niektóre reakcje między minerałami, zachodzące podczas dyskutowanych procesów, można wyprowadzić w oparciu o stosunki strukturalne ziarn mineralnych oraz oznaki korozji i zastępowania jednych minerałów przez inne.

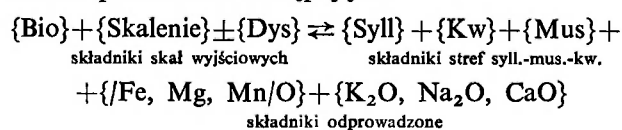
W gnejsach fibrolitowych syllimanit utworzył się przypuszczalnie w jednym z głównych okresów rekrystalizacji metamorficznej skał bloku sowiogórskiego. Powstał on kosztem wcześniejszych, bogatych w glin minerałów. Prawdopodobnie rolę substratu odgrywał głównie dysten, a w niektórych przypadkach być może też andaluzyt. Produktem tych przemian był m. in. syllimanit. Zdaje się, że minerał ten rekrystalizował później niż granat i biotyt (pl. II, 5). Muskowit mógł tworzyć się równocześnie z fibrolitem, lub — co wydaje się również prawdopodobne — w okresie późniejszym. Niektóre przemiany mineralne, towarzyszące krystalizacji syllimanitu w gnejsach fibrolitowych, ilustruje następujące równanie:



Oczywiście równanie to, oparte na obserwacjach mikroskopowych, jest znacznym uproszczeniem procesu, który doprowadził do powstania syllimanitu w gnejsach fibrolitowych. Przede wszystkim nie ujmuje ono trudnej do określenia roli skalenia w tym procesie.

Strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe, w przeciwieństwie do struktur gnejsów fibrolitowych, rozwijały się w późnych stadiach ewolucji metamorficznej skał sowiogórskich. Są one wyraźnie późniejsze od struktur tektonicznych z okresu migmatytyzacji i spotyka się je w odmianach gnejsów i migmatytów reprezentujących nawet końcowe etapy rozwoju omawianego kompleksu skał. Procesy, które doprowa-

dziły do utworzenia tych skupień syllimanitu mogły m. in. objąć swym zasięgiem właściwe gnejsy fibrolitowe, ale nie ograniczały się tylko do nich. Z badań mikroskopowych wynika, że proces tworzenia się stref syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych w różnych odmianach gnejsów i migmatytów polegał na zastępowaniu głównych składników tych skał — skalenia i biotyту (lokalnie też dystenu) — przez fibrolit, muskowitz i kwarc. Proces ten, o dość szerokim, może nawet regionalnym zasięgu, postępował wzdłuż pewnych predysponowanych powierzchni w skałach i był przypuszczalnie następstwem silnej deformacji tektonicznej. Przemiany mineralne, towarzyszące powstawaniu stref syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych, można przedstawić następująco:



Efektom tych przemian było wzbogacenie omawianych stref w Al_2O_3 i SiO_2 oraz zubożenie ich w alkalia, żelazo i magnez. Teoretycznie możliwe były dwie drogi przebiegu tego procesu:

1. dopływ Al i Si wzdłuż pewnych powierzchni;
2. mobilizacja i odprowadzanie z nich alkaliów — Fe i Mg.

Biorąc pod uwagę własności geochemiczne pierwiastków, zwłaszcza małą zdolność glinu do migracji, wydaje się, że dominującą rolę odgrywał drugi proces, czyli strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe mogły powstać w wyniku lokalnej mobilizacji i odprowadzania alkaliów, żelaza i magnezu, i wywołanego przez to wzbogacenia omawianych stref w glinę i krzemionkę.

Powyższe przemiany mineralne dobrze ilustruje diagram A'FK (Winkler 1974), gdzie mogą być przedstawione wszystkie minerały biorące udział w dyskutowanych procesach (fig. 4). Obrazuje on między innymi rolę muskowitzu, jako produktu reakcji między zespołem biotyt-skaleń potasowy, a będącą

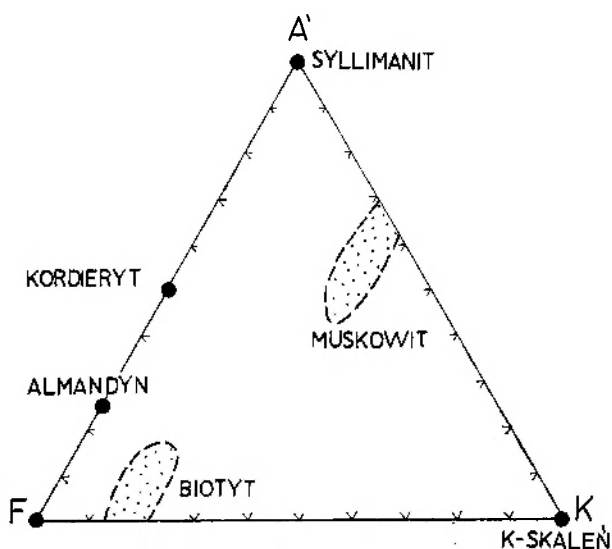


Fig. 4

Diagram A'FK (vide Winkler 1974) ilustrujący skład minerałów biorących udział w procesie tworzenia fibrolitu w skałach sówiogórskich

A'FK diagram (vide Winkler 1974) illustrating compositions of minerals taking part in the sillimanite forming processes in the Sowie Góry rocks

w nadmiarze glinę. Rolę muskowitu w gnejsach kordierytowych zdaje się przejmować kordieryt.

Z zestawienia analiz chemicznych skał sówiogórskich wynika, że nie ma dużych różnic w składzie chemicznym właściwych gnejsów fibrolitowych oraz innych odmian gnejsów i migmatytów (tab. 1). Jednak o powstaniu syllimanitu decyduje nie tylko sumaryczna zawartość Al_2O_3 w skale, ale ważną rolę odgrywa też procentowy udział CaO. Duża zawartość tego tlenku powoduje związanie znacznej ilości gliny w plagioklazie (anortyt zawiera dwukrotnie więcej Al_2O_3 niż skałki alkaliczny) i nie sprzyja tworzeniu się minerałów bogatych w glin. Dla wyjaśnienia tego problemu w odniesieniu do skał sówiogórskich wykorzystano diagram Winchestera (1974; fig. 5). Przedstawia on zakres stabilności syllimanitu i dystenu w zależności od zawartości Al_2O_3 i CaO w skale, po osiągnięciu odpowiednich warunków ciśnienia i temperatury.

Pole A na diagramie odpowiada składem amfibolitom i skałom wapienno-krzemianowym. W skałach, dla których stosunek $Al_2O_3:CaO$ mieści się w polach A i B, nie utworzy się dysten ani syllimanit, nawet po osiągnięciu potrzebnych warunków ciśnienia i temperatury. W polu C' mieszczą się skały, w których może występować dysten lub syllimanit, pod warunkiem, że nie towarzyszy im muskowit oraz zostaną spełnione wymagane warunki ciśnienia i temperatury. Pole C'' odpowiada skałom charakteryzującym się wysokim stosunkiem $Al_2O_3:CaO$, w których dysten lub syllimanit mogą występować razem z muskowitem,

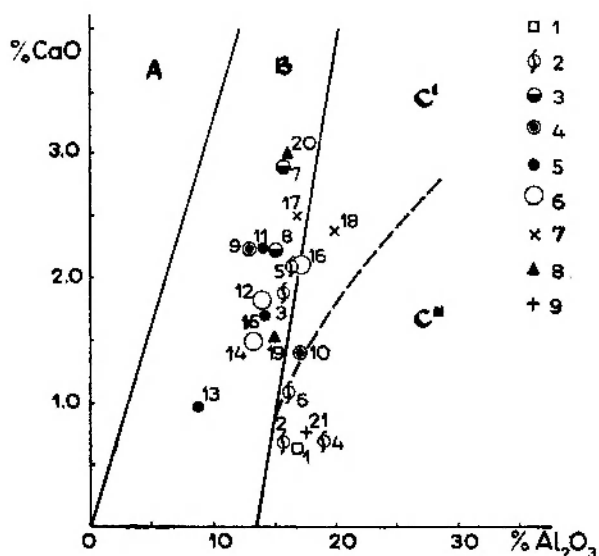


Fig. 5

Diagram Winchestera ujmujący zależność między stabilnością syllimanitu (i dystenu) a zawartością CaO i Al_2O_3 w skałach

punkty oznaczone cyframi reprezentują skały sówiogórskie: 1 - granulit; 2 - gnejsy fibrolitowe; 3 - gnejsy nielaminowane; 4 - migmatyty; 5 - melanosom migmatytów; 6 - leukosom migmatytów; 7 - gnejsy homofaniczne (nebulity); 8 - gnejsy mikroklinowe; 9 - granit (opis i lokalizacja prób w tabeli 1)

Winchester's diagram showing the relation between stability of sillimanite (or kyanite) and CaO and Al_2O_3 content in rocks numbered points represent the Sowie Góry rocks: 1 - granulite; 2 - fibrolite gneisses; 3 - nonlaminated gneisses; 4 - migmatites; 5 - melanosome of migmatites; 6 - leucosome of migmatites; 7 - homofaneous gneisses (nebulites); 8 - microcline gneisses; 9 - granite (for detail descriptions see table 1)

jeżeli tylko metamorfizm osiągnie warunki temperatury i ciśnienia potrzebne dla utworzenia tych minerałów.

Granulit znad jeziora w Zagórze Śląskim, zawierający dużą ilość dystenu, na diagramie leży w polu C'' (próba 1). Również trzy spośród pięciu analiz gnejsów fibrolitowych charakteryzują się stosunkiem $Al_2O_3:CaO$ przypadającym na pole C'' (próby 2, 4, 6). Dwa pozostałe gnejsy fibrolitowe (3 i 5) leżą w pobliżu granicy BC'. W polu C'' znajduje się ponadto granitoid z rejonu Małej Sowy zawierający liczne skupienia fibrolitu. Natomiast większość analiz gnejsów, migmatytów (w ogólności oraz odrębnie paleosomów i neosomów) oraz gnejsów homofanicznych mieści się w polu B. Jeżeli skały te zawierają skupienia fibrolitu, a często tak właśnie jest (np. próby 11, 12, 13, 14, 15), to widocznie minerał ten nie jest w równowadze z wszystkimi składnikami skały. Wygląda na to, że utworzył się on tylko w pewnych strefach, w warunkach nie sprzyjających osiągnięciu stanu równowagi w całej skale. Z diagramu wynika, że małe, pozornie nieistotne różnice w składzie chemicznym skał pierwotnych, mogły mieć decydujące znaczenie przy tworzeniu dystenu i syllimanitu w gnejsach i migmatytach sówiogórskich.

Analizy chemiczne skał sowiogórskich (w procentach wago-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	66,80	63,29	71,81	65,07	65,65	63,99	63,96	66,66	68,74	65,26
Al ₂ O ₃	17,04	15,98	15,86	19,06	16,53	16,34	15,82	15,35	13,12	17,25
Fe ₂ O ₃	2,55	3,84	,57	1,74	2,30	4,26	1,64	1,00	1,81	1,79
FeO	4,06	2,80	5,17	5,05	4,87	4,85	5,17	4,67	5,46	5,21
MnO	,92	,10	,17	śl	śl	śl	śl	śl	śl	śl
MgO	1,55	2,77	2,76	1,95	1,90	,72	2,62	2,01	2,72	,41
CaO	,65	,70	1,92	,72	2,05	1,10	2,90	2,23	2,24	1,40
Na ₂ O	2,47	1,14	1,02	1,65	3,65	2,95	3,05	3,70	2,05	2,40
K ₂ O	2,68	3,44	2,15	2,85	1,50	-2,40	2,25	2,30	1,95	3,80
P ₂ O ₅	,28	,21	,11	,02	,15	,02	,42	,19	,09	,15
TiO ₂	,23	1,34	,05	,04	,05	,05	,80	,50	,80	,60
H ₂ O ⁺	,52	1,54	1,73	} 2,25	} 1,05	2,71	,85	,83	,63	1,24
H ₂ O ⁻	,17	,31	,39			,20	,10	,13	,04	,16
suma	99,92	98,46	101,71	100,40	99,70	99,59	99,58	99,57	99,65	99,67

- Granulit. Zagórze Śląskie, południowy brzeg jeziora (Juskowiak, Ryka 1960)
Granulite. Location: Zagórze Śląskie, southern shore of lake (after Juskowiak, Ryka 1960)
- Gnejs fibrolitowy. Rejon Walimia (Malisz 1974)*
Fibrolite gneiss. Loc.: vicinity of Walim (after Malisz 1974)
- Gnejs fibrolitowy. Rejon Walimia (Malisz 1974)*
Fibrolite gneiss. Loc.: vicinity of Walim (after Malisz 1974)
- Szary, drobnoziarnisty gnejs fibrolitowy z wyraźną laminacją. Owiesno, wzgórze na południowy zachód od wsi (August 1975)
Grey fine-grained fibrolite gneiss with distinct lamination. Loc.: Owiesno, hill SW of the village (after August 1975)
- Popielato-szary, drobnoziarnisty gnejs fibrolitowy o teksturze guzkowej. Przedborowa, wzgórze 396,5 m npm. na południowy zachód od wsi (August 1975)
Ashen-grey, fine-grained fibrolite gneiss with nodular texture. Loc.: Przedborowa, hill 396,5, SW of the village (after August 1975)
- Szary, drobnoziarnisty gnejs fibrolitowy z wyraźną laminacją. Owiesno, wzgórze 323,7 m npm na północ od wsi (August 1975)
Grey, fine-grained fibrolite gneiss with distinct lamination. Loc.: Owiesno, hill 323,7, north of the village (after August 1975)
- Ciemnoszary, bardzo drobnoziarnisty gnejs nielaminowany (typu „leptytowego”). Jedlinka, wrzynka kolejowa 300 m na zachód od mostu kolejowego na Bystrzycy (Kryza)
Dark-grey, very fine-grained nonlaminated gneiss (“leptite” type). Loc.: Jedlinka, outcrop along railway track, 300 m west from the railway bridge over Bystrzyca River (after Kryza)
- Ciemnoszary, drobnoziarnisty gnejs luseczkowy. Lokalizacja jak dla próby 7 (Kryza)
Dark-grey fine-grained gneiss with flaky texture. Loc.: same as in sample 7 (after Kryza)
- Szary, średnioziarnisty migmatyt o teksturze flebitowej. Zagórze Śląskie, odsłonięcie przy zakręcie szosy na południowym brzegu jeziora, około 600 m na północny wschód od ujścia Młynówki (Kryza)
Grey medium-grained migmatite with flebitic structure. Loc.: Zagórze Śląskie, outcrop near the road on the southern shore of lake, about 600 m NE from the mouth of Młynówka creek (after Kryza)
- Szary, drobnoziarnisty migmatyt o teksturze stromatytowej (gnejs warstewkowy) z fibrolitem. Bystrzyca Górna, przekop kolejowy około 300 m na południe od kościoła (Kryza)
Grey fine-grained migmatite with stromatitic structure (layered gneiss). Loc.: Bystrzyca Górna, outcrop along the railway track about 300 m south from the church (after Kryza)
- Ciemny, drobnoziarnisty gnejs nielaminowany – melanosom migmatytu o teksturze pygmatytowej. Jugowice, odsłonięcie przy moście na Bystrzycy, na zachód od wsi (Kryza)
Dark fine-grained nonlaminated gneiss (= melanosome of pygmatite). Loc.: Jugowice, outcrop near the bridge over Bystrzyca River, west of the village (after Kryza)
- Biaława, drobnoziarnista skała aplitoidowa – leukosom migmatytu

WNIOSKI PETROGENETYCZNE

Z przedstawionych obserwacji wynika, że w skałach bloku sowiogórskiego mamy do czynienia z co najmniej dwiema odmiennymi formami występowania syllimanitu. Reprezentują one dwa różne etapy rozwoju metamorficznego.

Struktury właściwych gnejsów fibrolitowych i występujący w tych skałach syllimanit powstały w okresie migmatytyzacji lub wcześniej przed zakończeniem fałdowań sprzężonych z migmatytyzacją. Wydaje się, że gnejsy fibrolitowe stanowią pewne horyzonty powstałe z osadów bardziej zasobnych w minerały ilaste w porównaniu ze skałami otaczającymi. Podobny

pogląd wyraża większość dotychczasowych badaczy: Polański (1955), Morawski (1964, 1973), Grocholski (1967a) i Sachanbiński (inf. ustna). Duża zawartość Al₂O₃ w tych osadach sprzyjała utworzeniu minerałów bogatych w glinę, po osiągnięciu odpowiednio wysokich ciśnień i temperatur. Syllimanit w gnejsach fibrolitowych powstał przypuszczalnie kosztem zasobnych w Al₂O₃ minerałów (dysten, andaluzyt?), utworzonych we wcześniejszych stadiach metamorfozy.

Strefy syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowe są wyraźnie późniejsze od struktur z okresu migmatytyzacji i nakładają się na wszystkie odmiany gnejsów i migmatytów, reprezentujące różne, w tym i późne, postmigmatytyzacyjne etapy rozwoju metamorficznego omawianego obszaru. Utworzenie tych stref było prawdopodobnie wynikiem mobilizacji i odprowa-

* Analizy 2 i 3 obarczone są pewnym błędem — sumy tlenków znacznie odbiegają od 100,00%

There is an analytical error in the analyses 2 and 3; their oxide totals differ from the expected 100.00%

Tabela 1

wych) – Chemical analyses of the Sowie Góry rocks (weight %)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
67,71	73,69	76,14	75,18	69,58	72,34	66,40	63,06	69,08	67,14	70,42
14,55	14,28	8,86	13,64	14,24	17,26	17,19	19,95	15,27	16,28	17,66
1,80	,95	1,78	1,79	,13	} 1,04	1,53	} 3,55	3,48	,12	} 2,09
4,67	,58	4,40	1,34	4,55		2,84		1,34	4,33	
śl	śl	śl	śl	,05	śl	śl	,05	,03	,08	śl
2,01	,80	1,71	,91	2,50	,20	1,71	1,26	1,00	1,60	,91
2,24	1,82	,98	1,54	1,73	2,10	2,58	2,38	1,53	3,00	,77
3,40	3,15	2,00	3,45	3,23	6,00	4,00	3,85	3,38	3,18	3,75
1,80	4,00	2,65	1,25	2,14	1,04	2,30	4,10	3,10	2,76	4,10
,10	,10	,09	,09	,14	śl	,08	,22	,24	,10	śl
,60	—	,60	,20	,72	,20	,40	,50	,53	,54	,20
,68	,34	,78	,55	,70	,14	,70	,18	,86	1,15	,23
,07	—	,05	,02	,10	,22	,16	,34	,14	,12	,35
99,63	99,71	100,04	99,96	99,81	100,54	99,83	99,44	99,98	100,40	100,48

- o teksturze ptygmatytowej. Jugowice, odsłonięcie przy moście na Bystrzycy, na zachód od wsi (Kryza)
Whitish fine-grained aplite rock (= leucosome of ptygmatite). Loc.: Jugowice, outcrop near the bridge over Bystrzyca River, west of the village (after Kryza)
13. Ciemnoszary, drobnziarnisty gnejs – melanosom migmatytu o teksturze flebitowej. Zagórze Śląskie, zachodnia część dużej skałki poniżej wieży zamku Grodno (Kryza)
Dark-grey fine-grained gneiss (= melanosome of migmatite with flebitic structure). Loc.: Zagórze Śląskie, western part of big outlier below the tower of Grodno castle (after Kryza)
14. Białoszara, drobnziarnista skała aplitoidowa – leukosom migmatytu o teksturze flebitowej. Lokalizacja jak do próby 13 (Kryza)
Whitish-grey fine-grained aplite rock (= leucosome of migmatite with flebitic structure). Loc.: same as in sample 13 (after Kryza)
15. Ciemny, drobnziarnisty gnejs luseczkowy. Jugowice, odsłonięcie przy moście na Bystrzycy, na zachód od wsi (Morawski 1973)
Dark fine-grained flaky gneiss. Loc.: Jugowice, outcrop near the bridge over Bystrzyca River, west of the village (after Morawski 1973)
16. Biaława, drobnziarnista skała aplitoidowa – leukosom migmatytu o teksturze stromatytowej. Walim, skałki przy szosie do Rościszowa, około 1,2 km na wschód od Walimia (Kryza)
Whitish fine-grained aplite rock (= leucosome of migmatite with stromatitic structure). Loc.: Walim, outlier near the road to Rościszów, about 1,2 km east from Walim (after Kryza)
17. Szary, średnio- i równziarnisty nebulit (gnejs homofaniczny) o teksturze bezładnej. Lubachów, odsłonięcie na północnym brzegu jeziora, 250 m na południe od zapory (Kryza)
Grey medium-grained and equigranular nebulite (homofaneous gneiss) with massive structure. Loc.: outcrop on the northern shore of lake, 250 m south from the dam (after Kryza)
18. Szary, grubziarnisty nebulit (gnejs homofaniczny) o teksturze bezładnej. Rościszów, skałka między potokiem a szosą do Walimia, około 900 m na zachód od wsi (Kryza)
Grey coarse-grained nebulite (homofaneous gneiss) with massive structure. Loc.: Rościszów, outlier between the stream and the road to Walim, about 900 m west from the village (after Kryza)
19. Różowy, średnioziarnisty gnejs oczkowy bogaty w biotyt. Głuszycza, odsłonięcie przy szczycie wzgórza 638,6 m n.p.m. na wschód od wsi (Morawski 1962)
Pink medium-grained augen gneiss rich in biotite. Loc.: Głuszycza, outcrop near the top of hill 638,6, east of the village (after Morawski 1962)
20. Gnejs mikroklinowy „serii oczkowej”. Sokolec, odsłonięcie przy ostrym zakręcie szosy powyżej wsi (Morawski 1973)
Microcline gneiss of "augen series". Loc.: Sokolec, outcrop near the turn-road above the village (after Morawski 1973)
21. Jasnoszary, średnioziarnisty granit o teksturze bezładnej. Rzecza, skałka „Kamień Gwarków” na zachodnim stoku Małej Sowy (Kryza)
Light-grey medium-grained granite with massive structure. Loc.: Rzecza, outlier "Kamień Gwarków" at the western side of Mała Sowa Mt. (after Kryza)

dzenia z nich alkaliów, żelaza i magnezu, i związanego z tym wzbogacenia w glinę i krzemionkę. Proces ten, o znacznym rozprzestrzenieniu, zachodził tylko wzdłuż pewnych, predysponowanych powierzchni w skałach i był następstwem intensywnej deformacji tektonicznej. Wydaje się, że z fazą ruchów towarzyszących powstawaniu stref syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych można wiązać również intruze niewielkich ciał granitoidów z rejonu Wielkiej Sowy, zawierających liczne skupienia fibrolitu.

Mając na uwadze warunki fizyczne, w jakich może krystalizować syllimanit (Richardson *et al.* 1969),

należy przyjąć, że wysoka temperatura, przewyższająca 600°C, była charakterystyczna nie tylko dla etapu migmatytyzacji skał sówiogórskich, ale również dla kolejnego okresu ich ewolucji metamorficznej, po częściowej homogenizacji gnejsów i migmatytów.

Oprócz wniosków o znaczeniu głównie regionalnym, nasuwa się też uwaga o charakterze ogólnym. Nie wykluczone, że przedstawiony w pracy mechanizm powstawania stref syllimanitowo-muskowitowo-kwarcowych może stanowić jedno ze źródeł frontów metasomatycznych, niosących alkalia i pierwiastki grupy żelaza.

LITERATURA

- AUGUST C., 1975: Gnejsy syllimanitowe przedpola Gór Sowich. Mpis. Bibl. Inst. Nauk Geol. Univ. Wrocław, s. 1–41.
- GROCHOLSKI W., 1967a: Tektonika Gór Sowich. Structure of the Sowie Mts. *Geol. Sudetica*, vol. 3, s. 181–249.
- 1967b: Gnejsy sówiogórskie w świetle badań strukturalnych. The Sowie Góry gneisses in the light of structural studies. *Rocz. P. T. Geol.*, t. 37, z. 3 s. 291–300.
- 1969: Mezostruktury obszaru gnejsów sówiogórskich na

- Przedgórze Sudeckim. Mezostructures of the Sowie Góry gneisses in the Foreland of the Sudetes Mts. *Rocz. P. T. Geol.*, t. 39, z. 4, s. 651–674.
- JUSKOWIAK O., RYKA W., 1960: Uwagi o granulitach z okolic Zagórza Śląskiego i Bystrzycy Górnej. Notes on granulites from vicinity of Zagórze Śląskie and Bystrzyca Górna (Sowie Mts.) *Kwart. Geol.*, vol. 4, nr 2, s. 291–310.
- KRYZA R., 1977: Pegmatyt z kordieritem w serpentynitach okolic Lubachowa (Góry Sowie). Cordierite-bearing pegmatite in serpentinites of the environs of Lubachów (Sowie Góry Mts, Sudetes). *Rocz. P. T. Geol.*, vol. 47, z. 2, s. 247–263.
- MALISZ I., 1974: Występowanie gnejsów syllimanitowych w północnej części Gór Sowich. Mpis. Bibl. Inst. Nauk Geol. Uniw. Wrocław., s. 1–28.
- MEISTER E., 1932 (1925): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preussen Blatt Gnadendorf. Preuss. Geol. Landesanst., Berlin s. 21–24.
- MORAWSKI T. 1964: Charakterystyka petrograficzna skał otoczenia mineralizacji barytowych w rejonie Głuszycy, Modliszowa i Srebrnej Góry. Mpis. Arch. Inst. Geol. Uniw. Wrocław., s. 1–81.
- 1973: The Sowie Góry Area and its petrological problems, [w:] *Revue des problemes geologiques des zones profondes de l'ecorce terrestre en Basse Silesie*. Warszawa, s. 44–58, 200–209.
- OBERC J., 1972: Budowa geologiczna Polski, t. IV, Tektonika, cz. 2, Sudety i obszary przyległe, Wyd. Geol., Warszawa, s. 37–54.
- POLAŃSKI A., 1955: Studia nad metamorfozą formacji krystalicznych Gór Sowich. On the metamorphism of crystalline formations of the Sowie Mts (Middle Sudeten), *Arch. Miner.*, vol. 18, z. 2, s. 211–284.
- Przewodnik geologiczny po Sudetach, 1969: praca zbiorowa pod red. W. Grocholskiego, Wyd. Geol., Warszawa, s. 250–282.
- RICHARDSON S. W., GILBERT M. C., BELL P. M., 1969: Experimental determination of kyanite-andalusite and andalusite-sillimanite equilibria; the aluminium silicate triple point. *Am. J. Sci.*, 267, s. 259–72.
- SACHANBIŃSKI M., 1971: Geochemia berylu w skałach krystalicznych Gór Sowich. *Pr. Nauk. Inst. Chem. Nieorg. i Met. Pierw. Rzad. Polit. Wrocław.* nr 3, s. 178–187
- 1974: Gnejsy syllimanitowe (fibrolitowe) Gór Sowich, [w:] *Opracowanie geologiczne wystąpień kwarcytów, kwarcu, łupków kwarcytowo-grafitowych, spongiolitów i gnejsów syllimanitowych w województwie wrocławskim, cz. II*, Mpis. Bibl. Uniw. Wrocław., s. 85–115.
- SMULIKOWSKI K., 1952: Uwagi o starokrystalicznych formacjach Sudetów. The old crystalline formations of the Sudeten Moutains. *Rocz. P. T. Geol.*, t. 21, z. 1, s. 67–124.
- TEISSEYRE H., SMULIKOWSKI K., OBERC J., 1957: Regionalna geologia Polski, t. III. Sudety, z. 1, Kraków, s. 63–74.
- WINCHESTER J. A., 1974: The control of the whole-rock content of CaO and Al₂O₃ on the occurrence of the aluminium silicate polymorphs in amphibolite facies pelites. *Geol. Magazine*, vol. 3, nr 3, s. 205–211.
- WINKLER H. G. F., 1974: Petrogenesis of metamorphic rocks. (3-d ed.), Springer-Verlag, New York, 38–47, s. 90–93.
- ZAWIDZKI P., 1971: Pierwiastki śladowe w lyszczkach gnejsów Gór Sowich. Trace elements in micas from Sowie Góry gneisses. *Arch. Miner.*, t. 29, z. 1, 2, s. 119–157.

Czesław AUGUST*, Ryszard KRYZA*

SILLIMANITE IN GNEISSES AND MIGMATITES OF THE SOWIE MTS (CENTRAL SUDETES)

ABSTRACT: The results of field observations, and the microscopic and chemical analyses of the Sowie Góry rocks containing sillimanite are presented in this paper. Two main modes of the sillimanite occurrences have been distinguished, namely that in 1. fibrolite gneisses, and that in 2. sillimanite-muscovite-quartz aggregates in gneisses and migmatites. The textures of the fibrolite gneisses are inferred to have originated before the folding associated with migmatitization of the Sowie Góry rocks. The sil-

limanite present in sillimanite-muscovite-quartz aggregates was formed at a later stage of the metamorphism, presumably as a result of selective mobilization and partial removal of K_2O , Na_2O , CaO , FeO , and MgO . The present authors conclude that a high temperature (above $600^\circ C$) predominated not only during the time of migmatitization of the Sowie Góry rocks, but also during the latter metamorphic stages (i.e., after partial homogenization of gneisses and migmatites).

Summary

In the Sowie Góry Block, within the rocks mapped as fibrolite gneisses, sillimanite is found in considerable and characteristic concentrates (fig. 1). Additionally, it is found in smaller quantities in other varieties of gneisses and migmatites. Parageneses containing sillimanite show various forms and structural positions. Among these parageneses, it is possible to distinguish two major modes of occurrences: 1. fibrolite gneisses and 2. sillimanite-muscovite-quartz aggregates.

The fibrolite gneisses are not a uniform rock group. Nodular fibrolite gneisses are the most characteristic variety of these rocks. Sillimanite occurs in them as fibrous concentrates associated with quartz. These minerals form small (0.2–2) nodules (pl. I, 1, 2, 5) surrounded by ashen-grey fine-grained matrix consisting of quartz, oligoclase (about 18% An), microcline (sometimes in considerable amounts), biotite, and minor minerals (garnet, kyanite, apatite, zircon, opaques). Fibrolite is connected with fibrous muscovite (fibromuscovite) and quartz (pl. I, 5). The fibrolite-quartz nodules are found in structural concordance with the foliation in these rocks, and are arranged as smooth folds (fig. 2). Therefore, it seems that nodular structures of the rocks had been formed before the end of the folding associated with the migmatitization of Sowie Góry gneisses.

Flaky fibrolite gneisses (without nodular texture) are another variety of these rocks. They are very fine-grained and lack any signs of migmatitization. The mineral composition of these rocks is similar to that of the nodular fibrolite gneisses. The only important difference is that fibrolite concentrations do not form nodules but are evenly distributed within the rocks. Generally, they parallel the rock foliation and are folded together with the latter.

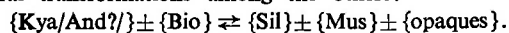
In both varieties of the fibrolite gneisses biotite is partially corroded by fibrolite. In these rocks, as well as in some other

gneisses and migmatites, relict kyanite is found forming small oval inclusions in plagioclase (pl. II, 1, 2). In places, relics of poorly preserved (and often difficult to identification) andalusite are observed.

The term "sillimanite-muscovite-quartz aggregates" is used herein to define the irregular or veinlike concentrates of sillimanite (fibrolite), muscovite, and quartz. In general the aggregates are oblique to the foliation and lamination in gneisses and migmatites. Their length ranges from a few up to few tens of centimetres (pl. I, 1, 3, 4; fig. 3).

The sillimanite aggregates occur in various types of the Sowie Góry gneisses and migmatites, including the homofanous gneisses and intrusive granitoids of Wielka Sowa Mt. region. They cut the smooth folds, including the ptygmatic folds in migmatites from Jugowice, and it is therefore concluded, that the aggregates are younger than the structures formed during migmatitization. The sillimanite in aggregates, most frequently fibrolite-shaped, is accompanied by xenomorphic, and often cataclastically deformed grains of quartz and fibrous muscovite. These minerals corrode the biotite and, probably also feldspars of the adjacent rocks (pl. II, 2–5). In places, fibrolite and muscovite are concentrated along the margins of strongly deformed quartz grains (pl. II, 6). It is inferred that the crystallization of sillimanite in the aggregates was subsequent to the strong deformation of the rocks.

The sillimanite in fibrolite gneisses and in sillimanite-muscovite-quartz aggregates could not originate from a single process. In fibrolite gneisses it arose during the migmatitization, or even earlier, due to the process containing the following mineral transformations among the others:

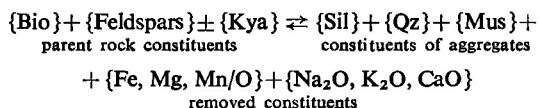


The present authors agree with the opinion of some previous investigators that the fibrolite gneisses, themselves, ori-

* Institute of Geological Sciences of the Wrocław University, ul. Cybulskiego 30, 50–205 Wrocław.

ginated from sediments originally rich in clay minerals and represent a sort of horizons within the gneisses and migmatites of the Sowie Góry Block.

Sillimanite-muscovite-quartz aggregates developed at a late stage of the metamorphic evolution of the Sowie Góry rocks, namely after the migmatitization. In this process the main constituents of the parent gneisses and migmatites (i.e., feldspars and biotite, and locally also kyanite) were replaced by fibrolite, muscovite, and quartz. The replacement took place only along certain structurally preferred surfaces in rocks and was presumably preceded by a strong deformation of these rocks. It seems that the enrichment of certain surfaces in Al_2O_3 and SiO_2 was the result of local mobilization and partial removal of K_2O , Na_2O , CaO , FeO , and MgO . The process contained the following transformations:



In Winchester's diagram (fig. 5), showing the relation between the stability field of sillimanite (or kyanite) and the Al_2O_3

and CaO content in rocks, the Sowie Góry fibrolite gneisses correspond to the stability field of sillimanite C'' (samples 2, 4, and 6) or are located near the BC' margin (samples 3 and 5). The kyanite-rich granulite from Zagórze Śląskie (sample 1) and the sillimanite-rich granitoid from Walim (sample 21) are also located in the C'' field. However, most of analysed gneisses and migmatites of the Sowie Góry Block correspond to the field B, where sillimanite is not stable. If the sillimanite occurs in the rocks (sillimanite-muscovite-quartz aggregations in samples 11–14, and 15) then the thermodynamic equilibrium was not attained in the whole rock.

On the account of the p, T conditions of sillimanite stability (Richardson *et al.* 1969) it should be assumed that the temperature higher than $600^\circ C$ predominated not only during the time of migmatitization of the Sowie Góry rocks, but also during the subsequent period of their metamorphic evolution (i.e., after partial homogenization of gneisses and migmatites).

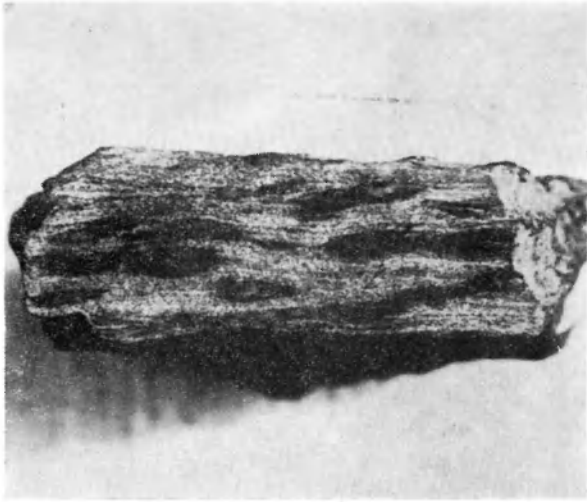
Acknowledgments: The present authors are indebted to Doc. dr hab. Alfred Majerowicz for his continuing help and critical comments on the manuscript, and to Dr Michał Sachanbiński for his helpful discussions of various aspects of the sillimanite genesis.

PLANSZE I OBJAŚNIENIA

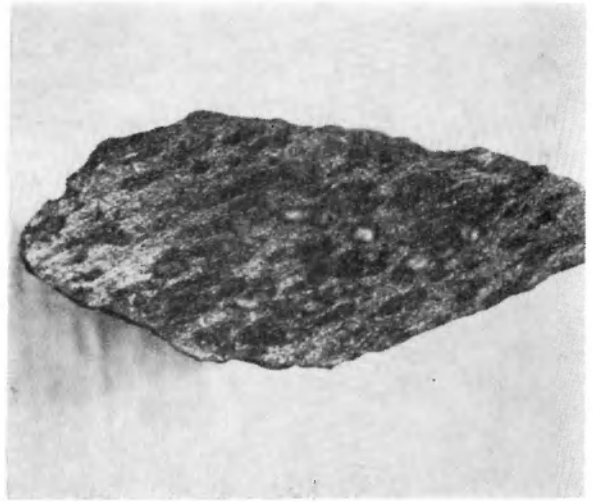
PLANSZA I

PLATE I

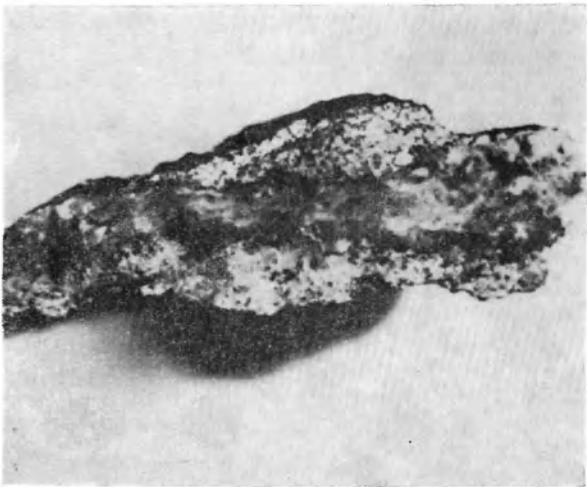
1. Gnejs fibrolitowy o teksturze guzkowej (nodularnej). Przedborowa, wzniesienie 396,5 m n.p.m. na południowy zachód od wsi
Nodular fibrolite gneiss. Przedborowa; the hill 396.5 SW of the village
2. Gnejs fibrolitowy o teksturze guzkowej. Szczyt góry Moszna między Walimem i Głuszycą
Nodular fibrolite gneiss. Top of Moszna Mt. between Walim and Głuszyca
3. Żyłkopodobna strefa sillimanitowo-muskowitowo-kwarcowa w migmatycie. Odślonięcie około 1,2 km na wschód od Walimia, przy szosie do Rościszowa
Veinlike sillimanite-muscovite-quartz aggregate in migmatite. Outcrop about 1.2 km west from Walim, by the road to Rościszów
4. Strefy sillimanitowo-muskowitowo-kwarcowe w gnejsie homofanicznym (nebulicie). Odślonięcie na południowym zboczu wzniesienia Babi Kamień, około 2,3 km na północ od Walimia
Sillimanite-muscovite-quartz aggregates in homofaneous gneiss (nebulite). Outcrop at the southern side of the Babi Kamień hill, about 2,3 km north from Walim
5. Guzek fibrolitowo-kwarcowy w gnejsie fibrolitowym. Szczyt góry Moszna między Walimem i Głuszycą. Bez analizatora. Pow. 25×
Fibrolite-quartz nodule in fibrolite gneiss. Top of Moszna Mt., between Walim and Głuszyca. One nicol. Mag. 25×
6. Skupienia fibrolitu z grudkami minerałów nieprzezroczystych. Lokalizacja jak na fotografii 5. Bez analizatora. Pow. 100×
Fibrolite concentrations and grains of opaque minerals. Same as in photo 5. One nicol. Mag 100×



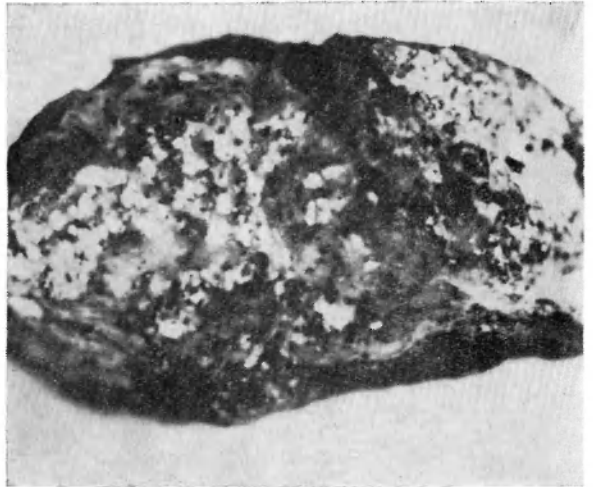
1



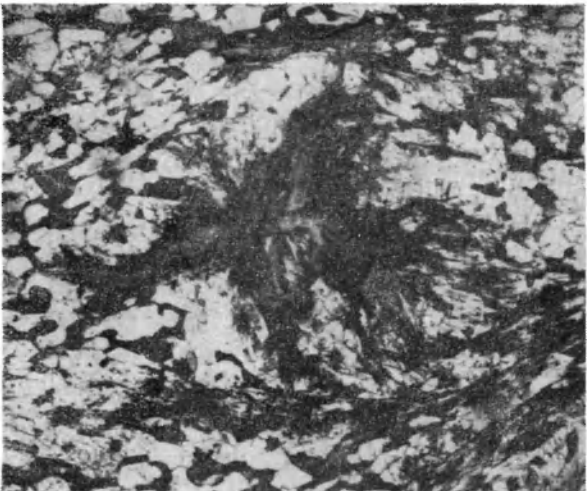
2



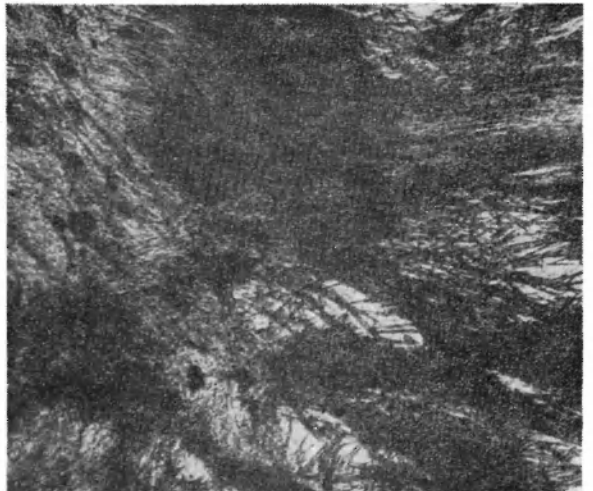
3



4



5



6

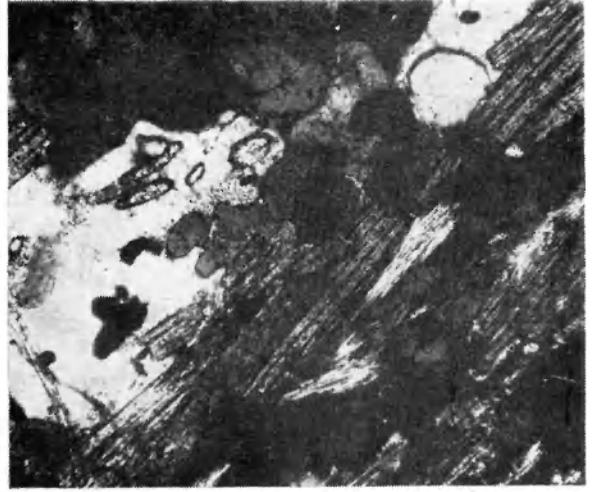
Czesław AUGUST, Ryszard KRYZA — Sillimanit w gnejsach i migmatytach bloku sowiogórskiego
Sillimanite in gneisses and migmatites of the Sowie Mts (Central Sudetes)

PLANSZA II
PLATE II

1. Relikty dystenu w plagioklazie (w dolnej części zdjęcia) skorodowanym przez mikroclin (ciemnoszary); u góry fibrolit z kwarcem zdają się wypierać mikroclin. Aplitoidowy leukosom migmatytu o teksturze stromatytowej. Odsłonięcie około 1,2 km na wschód od Walimia, przy szosie do Rościszowa. Nikole skrzyżowane. Pow. 100×
Kyanite relics in plagioclase (lower part of the photo) corroded by microcline (dark-grey). At the top of this photo, fibrolite and quartz seem to corrode microcline. Aplitoid leucosome of stromatitic migmatite. Outcrop about 1,2 km east from Walim, by the road to Rościszów. Crossed nicols. Mag. 100×
2. Reliktowy dysten w plagioklazie (owalne ziarna na jasnym polu); w prawej części zdjęcia biotyt zastępowany przez fibrolit i włóknisty muskowitz. Drobnodziarnisty gnejs smużysty. Jugowice, odsłonięcie przy moście na Bystrzycy, na zachód od wsi. Bez analizatora. Pow. 100×
Relict kyanite in plagioclase (oval grains in the light back-ground); at the right biotite replaced by fibrolite and fibrous muscovite. Fine-grained flaser gneiss. Jugowice, outcrop by the bridge over Bystrzyca River, west of the village. One nicol. Mag. 100×
3. Fibrolit (ciemny, w górnej części zdjęcia) w kwarcu (jasny) korodującym plagioklaz i pertytowy mikroclin. Granit średnioziarnisty. Rzeczka, odsłonięcie „Kamień Gwarków” na zachodnim stoku Małej Sowy. Nikole skrzyżowane. Pow. 100×
Fibrolite (dark, at the top of photo) in quartz (light) corroding plagioclase and perthitic microcline. Medium-grained granite. Rzeczka; outcrop „Kamień Gwarków” on the western side of Mała Sowa Mt. Crossed nicols. Mag. 100×
4. Plagioklaz (szary, zbliźniaczony) korodowany przez kwarc (jasny) zawierający skupienia włóknistego muskowitzu. Migmatyt o teksturze stromatytowej (gnejs warstewkowy). Bystrzyca Górna, przekop kolejowy, 300 m na południe od kościoła. Nikole skrzyżowane. Pow. 100×
Plagioclase (grey, twinned) corroded by quartz (light) enclosing fibrous muscovite. Migmatite with stromatitic structure (layered gneiss). Bystrzyca Górna; outcrop along the railway line 300 m south from the church. One nicol. Mag. 100×
5. Włóknisty muskowitz i fibrolit (igiełki o silnym reliefie) w otoczeniu granatu; układ włókien wskazuje na rotację granatu podczas krystalizacji syllimanitu i muskowitzu (w stronę przeciwną do ruchu wskazówek zegara). Ponadto widoczna korozja biotytu przez agregat fibrolitowo-muskowitzowy. Migmatyt o teksturze stromatytowej. Lokalizacja jak do fot. 4. Bez analizatora, pow. 100×
Fibrous muscovite and fibrolite (needles with a clear relief) surrounding the garnet; arrangement of fibres indicate the rotation of garnet during the crystallization of sillimanite and muscovite (anticlockwise direction of rotation). Moreover, biotite is corroded by fibrolite and muscovite. Migmatite with stromatitic structure. Locality same as in photo 4. One nicol. Mag. 100×
6. Fibrolit w strefie silnie kataklazycznie zdeformowanego kwarcu; igły syllimanitu koncentrują się wzdłuż granic ziarn i powierzchni deformacji kwarcu. Granit średnioziarnisty. Rzeczka, odsłonięcie „Kamień Gwarków” na zachodnim stoku Małej Sowy. Nikole skrzyżowane. Pow. 100×
Fibrolite from the zone of strongly cataclastically deformed quartz; needles of sillimanite concentrate along the margins and deformation surfaces in quartz grains. Medium-grained granite. Rzeczka; outcrop „Kamień Gwarków” at the western side of Mała Sowa Mt. Crossed nicols. Mag. 100×



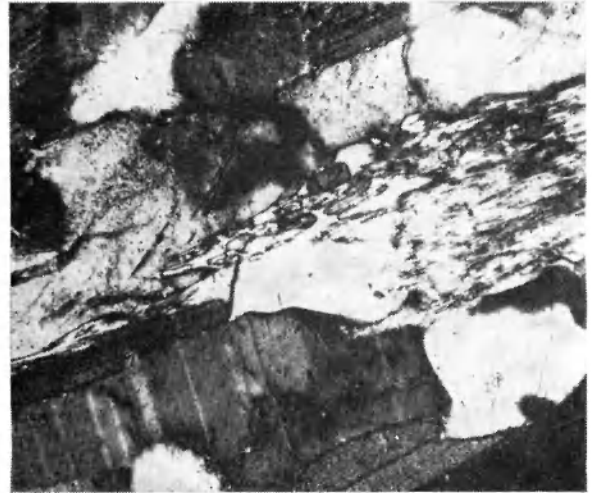
1



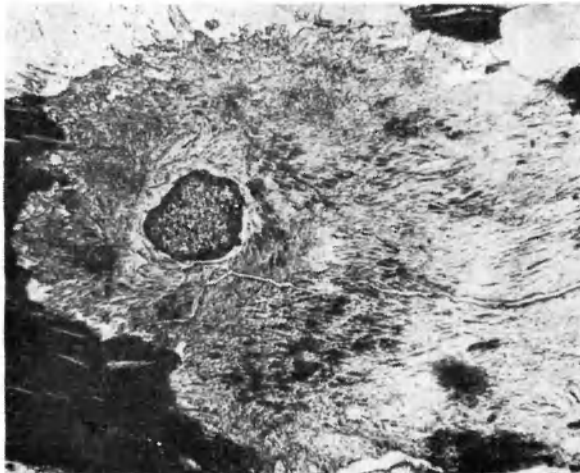
2



3



4



5



6

Czesław AUGUST, Ryszard KRYZA — Sillimanit w gnejsach i migmatytach bloku sowiogórskiego
Sillimanite in gneisses and migmatites of the Sowie Mts (Central Sudetes)