

LUKASZ KARWOWSKI i ANDRZEJ KOZŁOWSKI

Pegmatyt kulisty z Czarnego koło Jeleniej Góry

BALL PEGMATITE FROM CZARNE IN THE KARKONOSZE MTS

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono charakterystykę petrograficzną i mineralogiczną pegmatytów z okolic Czarnego k. Jeleniej Góry, wykształconych częściowo w postaci tzw. pegmatytu kulistego. Scharakteryzowano geochemicznie występujący w pegmatytach kwarc, uwzględniając przede wszystkim analizę inkluzji gazowo-ciekłych. Szczególną uwagę poświęcono pegmatytowi kulistemu, przedstawiając jego cechy i dyskutując nad sposobem powstawania.

WSTĘP

Jednym z bardziej osobliwych wystąpień utworów pomagmowych w obrębie masywu karkonoskiego są ciała pegmatytowe zawierające tzw. pegmatyt kulisty lub „granit kulisty”. Najbardziej znanym miejscem jego występowania jest niewielkie wzgórze Żabieniec (Krötenloch w literaturze niemieckiej), położone w obrębie Wzgórz Łomnickich, w miejscowości Czarne, na południe od Jeleniej Góry, przy szosie Jelenia Góra — Kowary (fig. 1). Stanowisko to jest szeroko znane w literaturze światowej dzięki dawnym pracom petrografów niemieckich; w innych obszarach podobne wydzielenia kuliste znaleziono ostatnio w pegmatytach wołyńskich (Kaliuzhnaya 1968).

G. Berg (1941) na arkuszu mapy Cieplice znaczy jeszcze jedno wystąpienie, położone na WNW od Żabieńca w odległości około 2 km przy szosie Jelenia Góra — Karpacz. Autorzy, mimo bardzo dokładnych poszukiwań, nie odnaleźli tego wystąpienia. G. Berg (1941) wspomina jeszcze o innych odsłonięciach, których jednak nie zaznaczył na mapie.

Wystąpienie pegmatytu kulistego w Czarnem było notowane już w XIX wieku, m.in. przez von Chrustschoffa, Rotha, Güricha, Klockmanna i Milcha (*vide* Berg 1941). Odsłonięcie to związane było z eksploatacją jednego z dość rzadkich w masywie karkonoskim dużych druzowych wystąpień pegmatytu kwarcowo-skalieniowego na potrzeby ceramiki. Znałe stąd są duże okazy mineralogiczne kwarców (m.in. tabliczkowego) oraz skalenia.

W okresie powojennym o wystąpieniu tym wspomina M. Borkowska (1966). Skalenie pegmatytowe z Czarnego analizowane były przez W. Kowalskiego (1967), który zaliczył je na podstawie oznaczenia ilości alkaliów i wapnia do antypertytów. Pierwiastki śladowe w kwarcach druzowych były oznaczane przez Z. Walenczaka (1969).

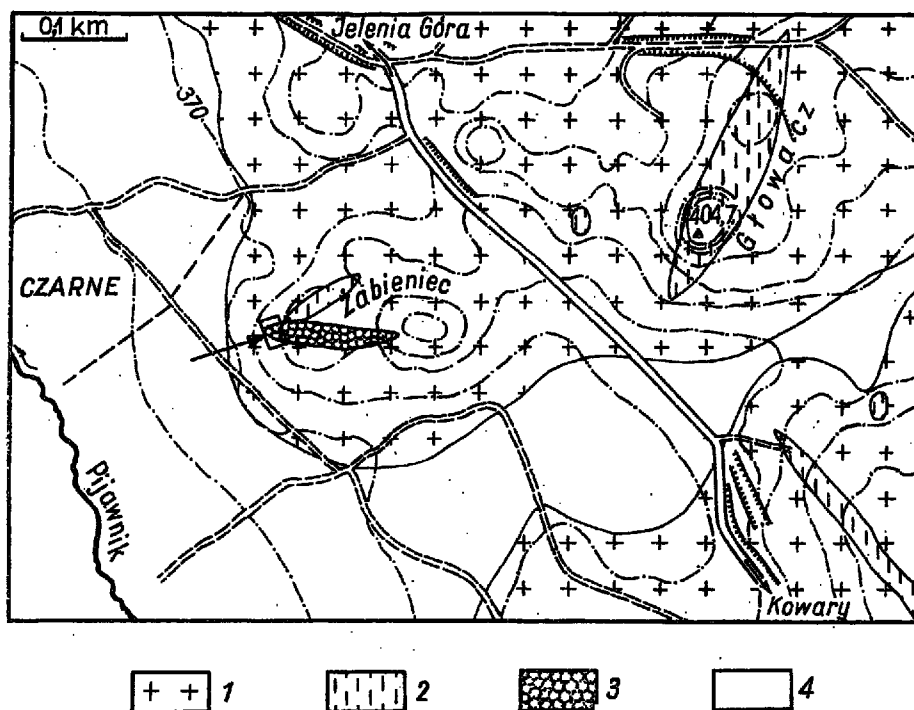


Fig. 1

Schematyczna mapa geologiczna okolic Zabieńca koło Czarnego (wg Berga 1941); strzałką zaznaczono lokalizację planu odsłonięcia pegmatytu kulistego (por. fig. 2)
1 granit porfrowaty, 2 apłit, 3 pegmatyt kulisty, 4 czwartorzęd

Geological sketch map of the Zabieniec Hill near Czarne (after Berg 1941); arrowed is locality of ball pegmatite (cf. Fig. 2)
1 porphyritic granite, 2 aplite, 3 ball pegmatite, 4 Quaternary

METODY BADAŃ

Obserwacje mikroskopowe inkluzji w kwarcach z pegmatytu kulistego przeprowadzono na mikroskopie MIN-8, z wykorzystaniem części układu optycznego z mikroskopów Wetzlar i Carl Zeiss. Pracowano na powiększeniach 100×30 z zastosowaniem, jako cieczy immersyjnej, olejku cedrowego.

Do identyfikacji skaleni wykorzystano dyfraktometr rentgenowski CGR produkcji francuskiej. Badania temperatury dekreptacji metodą termogravimetryczną (Karwowski & Kozłowski 1972) przeprowadzono na derywatografie MOM produkcji węgierskiej.

Pierwiastki śladowe (Be, Mg, Ca, Ba, Ti, Fe, Ge, Al) oznaczono w przemitych kwarcach metodą spektralną. Próby wstępnie podkoncentrowywano przez usunięcie SiO_2 fluorowodorem. Stosowano naważki 2-gramowe. Rozłożone próby osadzono na węglu spektralnie czystym w postaci azotanów i następnie przeprowadzano w tlenki. Próby spalano na spektrografie ISP-22. Jako wzorców do oznaczeń germanu używano wzorców naturalnych, natomiast pozostałe pierwiastki oznaczano przy pomocy wzorców sporządzonych (na bazie czystego kwarcu brazylijskiego oraz kwarcu z Rogoźnicy wolnego od baru) z odpowiednich soli (azotanów i siarczanu tytanu). Do oznaczeń ilościowych stosowano linie zestawione w tabeli 1. Widmo rejestrowano na kliszach ORWO UV1 i WP3. Pomiaru zacementowania dokonywano względem tła.

Alkalia w kwarcu (Li, Na i K) oznaczano metodą fotometrii płomieniowej. Naważkę 1 g próby rozkładano fluorowodorem, przeprowadzano w azotany i wzbudzano w płomieniu powietrzno-acetylenowym na fotometrze Carl Zeiss Model II. Widmo rejestrowano na kliszy ORWO IR 750 przy pomocy spektrografu ISP 51. Używane linie podano w tabeli 1. Stosowano wzorce syntetyczne azotanowe.

Tabela (Table) 1

Linie analityczne używane do oznaczeń metodą spektralną (a) i fotometrii płomieniowej (b)

Analytic lines used for spectrographical (a) and flame photometry determinations (b)

	Pierwiastek /Element/	Linia analityczna λ / /Analytic line in λ /	Linia kontrolna λ / /Control analytic line in λ /	
1	Be	2348,6	3130,4 3131,1	a
2	Mg	2802,7		
3	Ca	3179,3	3158,9	
4	Ba	5535,5	4554,0	
5	Al	2365,1	2378,4	
6	Ge	3039,1	2651,2	
7	Ti	3242,0	3372,8	
8	Fe	2973,3	3020,6	
9	Li	6708		b
10	Na	5890 5899		
11	K	7699		

Ekstrakty zawartości inkluzji przygotowujemy według metodyki podanej przez V. A. Kaliuzhnego (1960), z naważki 20–50 g kwarcu. Alkalia w ekstraktach oznaczano analogicznie jak w rozłożonych próbach względem wzorców chlorkowych, stosując te same linie. Chlor w ekstraktach oznaczano destylacyjno-kolorymetryczną.

metodą czerwieni metylowej (Marczenko & Chołuj-Lenarczyk 1966) na spektrofotometrze VSU 1. Do oznaczenia bromu zaadaptowano zmodyfikowaną metodę mikroobjętościową van der Meulena (por. Siłkina & al. 1969).

BUDOWA GEOLOGICZNA

Wzgórza Łomnickie są zbudowane głównie z różowo-szarego, gruboziarnistego, porfirowatego granitu monzonitowego (adamellit), składającego się z szarego kwarcu, białych plagioklazów, różowych skaleni potasowych i biotyty. W tle skalnym często tkwią kilkucentymetrowe megakryształy różowych mikroklinów. Mineralami akcesorycznymi są: chloryt, muskowit, apatyt, sfen, cyrkón, ortyt, epidot i tlenki żelaza (Borkowska 1966, Kowalski 1967). Granit jest pocięty żyłami aplitowymi o głównych kierunkach NW i NE. Żyły te w morfologii terenu zaznaczają się w postaci niewielkich wzgórz, z powodu większej odporności aplitu na wietrzenie. Aplit składa się z kwarcu, mikroklinu, kwaśnego oligoklazu oraz niewielkich ilości biotyty i muskowitu. Jest on czasami stosunkowo gruboziarnisty i upodabnia się strukturalnie do granitu równoziarnistego. Pegmatyty, występujące na tym obszarze, związane są z aplitami i wykazują ścisły związek genetyczny z intruzją granitową (Smulikowski 1957).

Pegmatyt na wzgórzu Zabieniec (pl. 1, fig. 1) występuje w żyłce aplitowej o kierunku NE. Aplit jest gruboziarnisty, kontakt z granitem porfirowatym jest wyraźny. W obrębie aplitu utworzył się w jego facji brzeżnej pegmatyt kwarcowo-skaleniowy oraz jego szczególna odmiana — pegmatyt kulisty.

Opis odsłonięcia

Najlepiej odsłonięty pegmatyt kulisty widoczny jest w zachodniej części wzgórza (fig. 2) w postaci skałki o wysokości 2 m. Kilka metrów dalej na wschód w kierunku szczytu wzgórza znajduje się płaska wychodnia o powierzchni kilku metrów kwadratowych. Ponadto stwierdzono kilka bloków luźno leżących (pl. 1, fig. 2). Przestrzeń pomiędzy wystąpieniami pokrywa hałda dawnej kopalni skalenia, w której spotyka się bryły pegmatytu kulistego oraz minerałów występujących w pegmatycie druzowym. Pegmatyt kulisty nie był przedmiotem eksploatacji i bloki, znajdujące się *in situ*, zostały pominięte jako nieużyteczne.

Na zachodniej ścianie skałki (pl. 2, fig. 2) widoczny jest przekrój kontaktu pegmatytu kulistego z gruboziarnistym aplitem. Kontakt jest podkreślony około centymetrową strefą drobnoziarnistego aplitu. Poniżej poziomu gleby natrafiono na kontakt aplitu z granitem porfirowatym.

Z przeciwnej strony skałki wietrzenie odpreparowało bardzo wyraźnie kulistą teksturę skały (pl. 2, fig. 1). Między kulami spotyka się tutaj niewielkie druzy pegmatytowe, kwarcowo-skaleniowe.

Druga wychodnia (pl. 3, fig. 1) jest tylko częściowo zbudowana z pegmatytu kulistego, a jej północną część stanowi aplit. Pegmatyt leży płasko i ma miąższość około 60 cm. Dalej w kierunku wschodnim widoczny jest granit porfirowaty, natomiast kontakt nie jest odsłonięty.

Zaznaczona na mapie G. Berga (1941) wychodnia pegmatytu kulistego nie pokrywa się ze stanem dzisiejszym. Może to być wynikiem zniszczenia pegmatytu w trakcie eksploatacji i zasypiania przez hałdę.

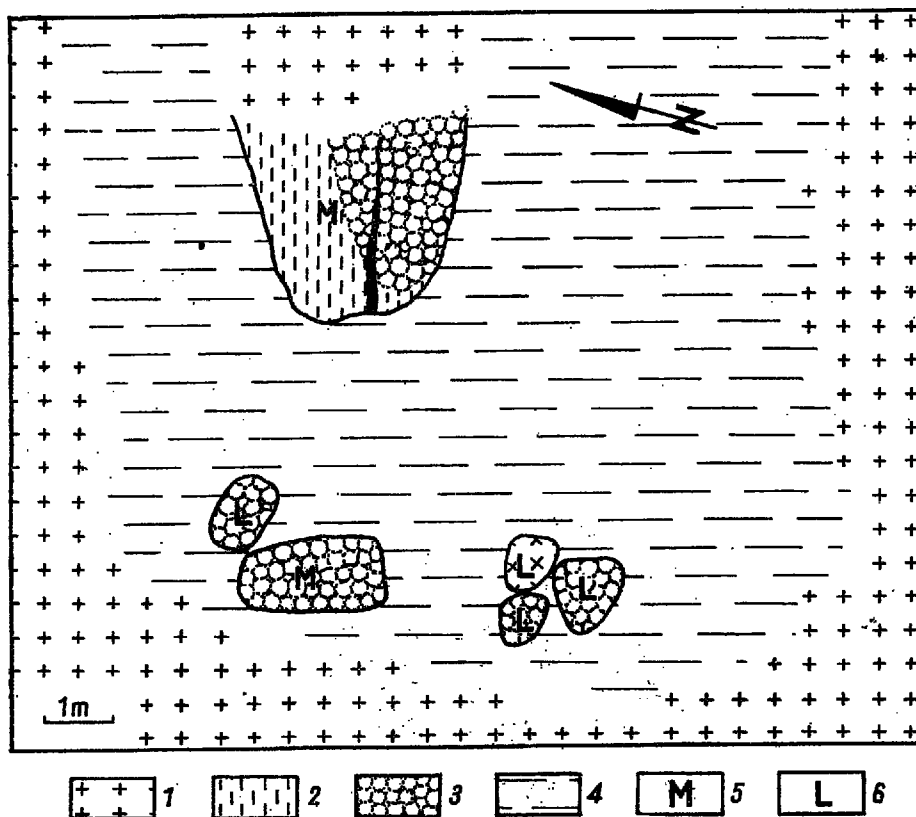


Fig. 2

Plan odsłonięcia pegmatytu kulistego na Zabieniec koło Czarnego (por. fig. 1)
 1 granit porfirowy, 2 aplit, 3 pegmatyt kulisty, 4 hałda, 5 wychodnie *in situ*, 6 luźne bloki

Outcrop of ball pegmatite on the Zabieniec Hill near Czarnego (cf. Fig. 1)
 1 porphyritic granite, 2 aplite, 3 ball pegmatite, 4 dump, 5 exposure *in situ*, 6 detached blocks

PEGMATYT KULISTY

Skala zbudowana jest z ciał kulistych o średnicy kilku do kilkunastu centymetrów (pl. 3, fig. 2), które ulegają dobremu odpreparowaniu w trakcie wietrzenia. Kule spójone są ze sobą drobnoziarnistym pegmatytem, w którym niekiedy występują niewielkie szczotki kwarcowe. Obok kwarcu występuje biały albit, różowy mikroklm i hematyt (pl. 4, fig. 1).

Poszczególne kule mają budowę strefową (fig. 3 i pl. 5, fig. 2). Śro-

dek kuli często stanowi różowy skaień potasowy, dochodzący do 2,5 cm długości. Bywa on otoczony przylegającymi do jego ściany kryształami przezroczystego, szarego, splekanego kwarcu i biotyту. Niektóre kule nie zawierają skalenia centralnego, jedynie kilka oddzielnych osobników skalenia, kwarcu i biotyту, grupujących się w środku kuli (pl. 4, fig. 2 i pl. 5, fig. 1). Centrum otoczone jest różowoszarą, drobnoziarnistą masą mikropegmatytową, która na przełamie wykazuje budowę promienisto-sektorową. Zewnętrzna część kuli zbudowana jest z drobnego pegmatytu kwarcowo-skałeniowego.

Mikroskopowy obraz skały przedstawia się następująco: środek kuli stanowi najczęściej skaień potasowy, zawsze spertytyzowany (pl. 7, fig. 1). Widoczne są dwa kierunki spertytyzowania: jeden, drobniejszy, zgodny z kłębnością murchinsonitową, i drugi, grubszy, pod kątem około 45° do poprzedniego. Często skaień jest tak silnie spertytyzowany, że właściwie staje się antypertytem. Centralnie położony skaień bardzo często tworzy bliźniaki karlsbadzkie (fig. 3). Zawiera on wiele wrostków innych minerałów, bądź też bywa nimi obrośnięty. Najczęściej wrostki tworzą drobne plagioklasy, na ogół automorficzne, zbliżone według prawa albitowego. Układają się one wewnątrz kryształu w obwódki, co jeszcze bardziej, wraz z drobnym

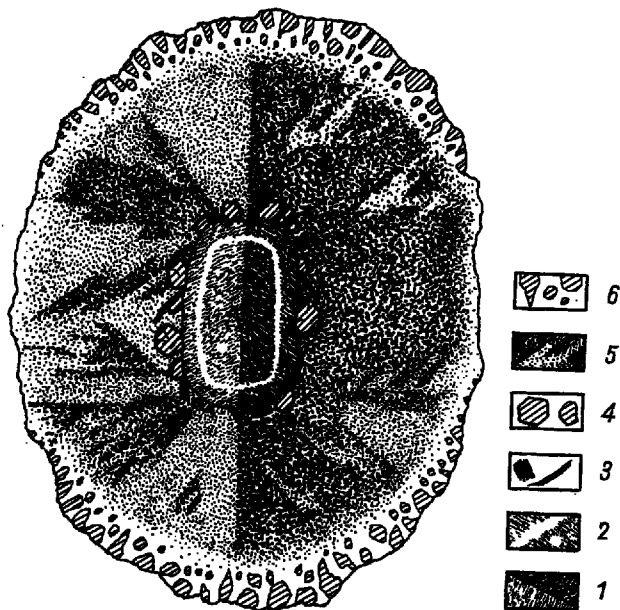


Fig. 3

Schematyczny przekrój przez pojedynczą kulę pegmatytową (wielkość naturalna)
 1 skaień centralny, 2 obwódka albitowa, 3 biotyt, 4 kwarc, 5 skaień otaczający środek kuli, przepelniony kwarcem (widoczna budowa promienisto-sektorowa), 6 otoczka zbudowana z drobnego pegmatytu

Schematic section through the single ball (nat. size)

1 central feldspar, 2 rim of albite, 3 biotite, 4 quartz, 5 feldspar surrounding center of the ball, interwoven with quartz (radiate-zonal structure visible), 6 fine-grain-pegmatitic envelope

kwarcem, podkreśla pasową budowę skalenia centralnego. Automorficzne ziarna plagioklastu posiadają budowę pasową, jądro jest najczęściej zsercytyzowane i ma skład oligoklastu, zewnętrzne pasy posiadają poniżej 10% cząsteczek anortytowej — są więc albitem.

Istnienie dość ciągłej i koncentrycznej, ostro odgraniczonej obwódki albitowej świadczy o pierwotnej strefowości minerału (por. Němec 1970). Jest to odbiciem zmiany warunków krystalizacji oraz wahań składu stopu.

Inkluzje w skaleniu centralnym są bardzo drobne, rzędu setnych do dziesiątych części mikrona, o nierozpoznawalnej zawartości; nie daje się także wyróżnić ilości faz.

Inne minerały, występujące wewnątrz skalenia centralnego, to drobne ziarna kwarcu i niewielkie blaszki zielonego biotytu. Kwarc i biotyt skupiają się także dookoła skalenia centralnego. Kwarc ma często pokrój automorficzny i przypomina swym wyglądem wysokotemperaturowe kwarcze z granitu. Uzasadnieniem wysokotemperaturowego pochodzenia tego kwarcu może być duża ilość zabliźnionych spękań, podczas gdy sam kryształ nie wygasza faliszcze światła. Spękania te należy wiązać z przejściem kwarcu $\alpha \rightarrow \beta$. Inkluzje pierwotne w kwarcu posiadają dużo fazy gazowej i nie obserwowano w nich ruchów Browna (Karwowski & Kozłowski 1971). Inkluzje wtórne, powstałe na zabliźnionych spękaniach, są gazowo-ciekłe i można w nich obserwować ruchy Browna.

Biotyt tworzy dość grube pakiety wielkości od kilku milimetrów do 1 cm (pl. 8, fig. 3). Jest on często silnie schlorityzowany i można obserwować w nim drobne sferolityczne agregaty chlorytu oraz wydzielienia leukoksenenu (pl. 8, fig. 4). W biotycie obserwuje się także wrostki długich, automorficznych słupków apatyty z kanalikiem zgodnym z osią Z oraz drobne, automorficzne kryształy cyrkonu, wywołujące niewielkie pola pleochroiczne. Czasami spotyka się drobne ziarna rutyłu.

Biotyt posiada niewielki kąt osi optycznych i wykazuje pleochroizm zbliżony do pleochroizmu odmiany biotytu zwanej meroksenem. W biotycie występują bardzo rzadko inkluzje dwufazowe. Struktura tego minerału dopuszcza istnienie inkluzji bardzo płaskich, a tym samym pęcherzyk gazowy jest unieruchomiony (fig. 4f).

W kulach, nie posiadających skalenia centralnego, środek zbudowany jest z kwarcu, niewielkich ziarn skalenia potasowego, spertytyzowanego i zbliźniaczonego (pl. 8, fig. 1) oraz biotytu. Własności tych minerałów są podobne jak opisanych poprzednio.

Strefa kuli, określana makroskopowo jako mikropegmatyt, w obrazie mikroskopowym okazuje się być zrostem bliźniaczym kilku osobników skalenia potasowego (fig. 3). Skaleń ten obrasta potkilitowo drobne ziarna kwarcu (pl. 7, fig. 2 i pl. 9, fig. 1). Najczęściej drobne ziarna tego minerału wypełniają tak gęsto osobnik skalenia, że spełnia on jedynie rolę tła (pl. 9, fig. 2). Skaleń ten jest ściśle związany ze skaleniem centralnym i przyjmuje jego orientację optyczną, a zbliźniaczenia w skaleniu centralnym przedłużają się w pozostałej części kuli (pl. 7, fig. 1). W miejscach uboższych we wrostki kwarcu można zaobserwować, że skaleń ten jest słabiej spertytyzowany niż skaleń centralny (pl. 8, fig. 2). W obrębie opisywanej strefy kuli zidentyfikowano niewielkie ziarna kwaśnych plagioklastów, drobne blaszki biotytu, muskowitu i hematytu. G. Berg (1941) podaje ponadto występowanie egirynu i hornblendy, których autorzy jednak nie napotkali w badanym materiale. Być może, jako minerały te, mylnie mogły być rozpoznane drobne ziarna biotytu o pleochroizmie w barwach jaskrawozielonych. Ziarna kwarcu występujące w tej części kuli są ksenomorficzne, dość dowolnie zorientowane, a jedynie czasami kwarc tworzy przerosty granofilowe ze skaleniem (pl. 9, fig. 3 i pl. 10, fig. 1).

Najbardziej zewnętrzna strefa osobników skalenia kończy się podobnymi przerostami granofilowymi kwarcu ze skaleniem (pl. 10, fig. 2).

Drobne ziarna kwarcu, występujące w dużych osobnikach skaleni, zawierają małe wrostki gazowo-ciekłe z dużą ilością fazy gazowej.

W zewnętrznej strefie kuli, zbudowanej z pegmatytu, stwierdzono występowanie kwarcu, skalenia potasowego, albitu i rzadko muskowitu. W niektórych miejscach zaobserwowano niewielkie ilości granitu napisowego.

PEGMATYT DRUZOWY

Większa część pegmatytu druzowego w Czarnem została wyeksploatowana lub przysypana hałdą. Na podstawie zbiorów muzealnych i minerałów, znalezionych w odsłonięciu, można stwierdzić, że pegmatyt jest dość monotony pod względem składu mineralnego i występują w nim głównie duże kryształy mikroklinu o prawidłowo wykształconych ścianach (kryształy te są zawsze pokryte drobnouseczkowym hematytom). W pegmatycie występuje też albit, oraz kilka generacji kwarcu, które są reprezentowane przez najwyżej temperaturowy szary kwarc siatkowy, kwarc zadymiony (wykształcony w postaci dużych, do 50 cm wysokości, automorficznych kryształów), kwarc jasnoszary (kilkucentymetrowe automorficzne kryształy, często o pokroju tabliczkowym) oraz mleczny kwarc żyłowy. Spotyka się też duże pakiety biotyту, czasem całkowicie zastąpionego przez chloryt oraz niewielkie blaszki muskowitu. Drobnouseczkowy hematyt pokrywa większość minerałów, a czasem skupia się także w małe gniazda, tworząc agregaty blaszek osiągające wielkość do kilku centymetrów (pl. 5, fig. 3).

Obraz mikroskopowy skaleni ujawnia ich niejednorodność. Mikrokliny są spertytyzowane, czasami stają się antypertytami. Występują w nich drobne, wydłużone inkluzje gazowo-ciekłe. Kwarc bardzo często tworzy przerosty granofirowe z mikroklinem (pl. 10, fig. 3 i 4). Kwarc z przerostów granofirowych, wychodząc na zewnątrz kryształów skalenia i zawierając wrostki hematytu, przybiera pokrój tabliczkowy.

Inkluzje w skaleniach z przerostów granofirowych są najczęściej dwufazowe. Dużą rolę odgrywa tu faza gazowa (fig. 4b) oraz faza krystaliczna (fig. 4c). Tę ostatnią tworzy halit, dość pospolity w inkluzjach w skaleniach. Czasem spotyka się drobne, rurkowate inkluzje o niewielkiej ilości fazy gazowej. Charakter faz, wypełniających te inkluzje, trudno jest określić z powodu bardzo małych rozmiarów (fig. 4 d, e).

W kwarcu z przerostów granofirowych występują inkluzje jedno-, dwu- i trójfazowe. Jednofazowe są to automorficzne ujemne kryształy wypełnione jedynie gazem (fig. 4f). Z dwufazowych spotykamy inkluzje zestalone z fazą gazową (fig. 4h, i) oraz inkluzje wtórne, gazowo-ciekłe, w których można obserwować ruchy Browna (fig. 4k). Rzadko spotyka się inkluzje trójfazowe, zawierające obok roztworu, dookoła pęcherzyka gazu warstwę ciekłego dwutlenku węgla (fig. 4g). W niektórych przypadkach w przerostach granofirowych skażeń potasowy został metasomatycznie zastąpiony przez drobny kwarc i jasny lyszczyk tak, że pozostały jedynie nieliczne relikty skalenia (pl. 10, fig. 3). Obserwowane inkluzje w drobnych ziarnach kwarcu mają charakter gazowo-ciekły. W wielu z nich można obserwować ruchy Browna, co świadczy o ich niższej temperaturowym pochodzeniu.

Albit występujący w pegmatycie nie tworzy dużych automorficznych kryształów, a raczej występuje w postaci białych, zbitych agregatów na kryształach skaleni potasowych. W obrazie mikroskopowym wykazuje zbliżnienia albitowe, peryklinowe i czasem karlsbadzkie. Jest dość czysty, nie zawiera wrostków kwarcu, tylko niekiedy drobne łusczki hematytu. Inkluzje mają charakter gazowo-ciekły, a pęcherzyki w nich wykazują ruchy Browna (fig. 4a).

Kwarcie siatkowe występujące w pegmatycie są silnie spękane. Większość spękań jest zbliżniona. Inkluzje pierwotne mają charakter dwufazowy. Są one zestalone i zawierają fazę gazową. Spotyka się też inkluzje jednofazowe, gazowe. Inkluzje powstałe w zbliżnionych spękaniach mają charakter gazowo-ciekły i pęcherzyki gazu wykonują ruchy Browna.

Kolejną generacją jest automorficzny kwarc jasnoszary. Zawiera on głównie inkluzje gazowo-ciekłe dwufazowe. Obserwowano w nich również ruchy Browna.

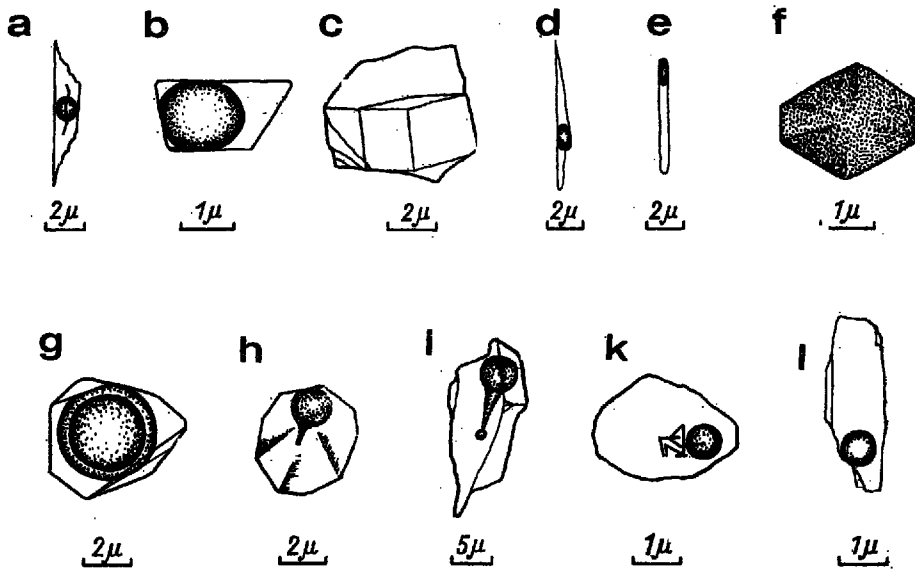


Fig. 4

Inkluzje występujące w minerałach z pegmatytów w Czarnem

Inkluzja w albitie z pegmatytu druzowego: a gazowo-ciekła, wykazująca ruchy Browna. Inkluzje w skaleniu potasowym z przerostów granofirowych z pegmatytu druzowego: b dwufazowa, z dużą ilością fazy gazowej; c dwufazowa, wypełniona roztworem z kryształem halitu; d—e dwufazowe, rurkowe. Inkluzje w kwarcu z przerostów granofirowych z pegmatytu druzowego: f jednofazowa, gazowa; g trójfazowa, z pęcherzykiem gazowym otoczonym ciekłym CO_2 w roztworze wodnym; h—i dwufazowe, wypełnienie zestalone ze zdeformowanym pęcherzykiem gazowym; k gazowo-ciekła, wykazująca ruchy Browna. Inkluzja w biotycie z centrum kuli: l dwufazowa, płaska

Inclusions in minerals from pegmatites at Czarne

Inclusion in albite from drusy pegmatite: a gaseous-liquid with Brownian movements. Inclusions in potash feldspar from granophyric intergrowths from drusy pegmatite: b two-phase with large amount of gaseous phase; c two-phase containing solution and halite crystal; d—e two-phase, tubiform. Inclusions in quartz from granophyric intergrowths from drusy pegmatite: f one-phase, gaseous; g three-phase, the bubble of gas is surrounded with liquid CO_2 in water solution; h—i two-phase, fillings of inclusions consolidated with deformed bubbles of gas; k gaseous-liquid with Brownian movements. Inclusion in biotite from center of the ball: l two-phase, tabular

Wewnątrz kryształów, równoległe do ich ścian, występują powierzchnie pokryte różnami drobnouseczkowego hematytu (pl. 6, fig. 1), na których krystalizował przezroczysty kwarc o grubości 1–5 mm. Na powierzchniach innych kryształów spotyka się natomiast drobne zagłębienia wypełnione drobnokrystalicznym hematytem. Niekiedy warstwa kwarcu przezroczystego nie pokrywa całej powierzchni kryształu. W zagłębieniach, obok hematytu, występują kilkumilimetrowe blaszki muskowitu (pl. 6, fig. 2). Kwarc przepiętny drobnouseczkowym tyszczkiem i hematytem, tworzy niekiedy cienkie warstewki awanturynu. Ostatnią generacją wydaje się być mleczny kwarc żyłowy zawierający bardzo dużo drobnych inkluzji gazowo-ciekłych.

CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA KWARCÓW

Dla celów charakterystyki geochemicznej zbadano dwa genetycznie różne typy kwarcu: kwarc siatkowy oraz szary kwarc pokryty hematytem. Kwarcie te porównano z kwarcami z okolicznych pegmatytów i żył kwarcowych oraz z kwarcem żyłowym z okolic Szklarskiej Poręby Huty (tzw. Królewski Kamień). Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 2.

Kwarcie z Czarnego charakteryzują się dość niskimi koncentracjami alkaliów, przy czym różnicują się one słabo. Wyjątkiem jest lit, którego ilość w wyżej temperaturowym kwarcu jest około trzykrotnie wyższa niż w niskotemperaturowym. Roztwory, z których krystalizowały kwarcie, miały małe stężenie litu, a pomimo to minerał ten został w lit silniej wzbogacony niż w inne alkalia. Sód i potas są obecne w strukturze kwarcu oraz w inkluzjach w ilościach równorzędnych. Zawartości litu w kwarcach z Czarnego są tego samego rzędu, co i w innych analizowanych próbach, pomimo dość znacznego względnego zróżnicowania stężeń w inkluzjach. Wyjątkowo bogaty w lit kwarc z Kamień krystalizował w paragenzie z tyszczkiem litowym, a więc w środowisku szczególnie wzbogaconym w ten pierwiastek.

Kwarcie z opisywanego wystąpienia są bardzo ubogie w beryl, który jest chętnie włączany do struktury kwarcu, np. w kwarcu żyłowym ze Szklarskiej Poręby, występującym niedaleko pegmatytów z minerałami berylowymi (Gajda 1960a,b, Sachanbiński 1970), a osiągającym zawartość berylu 1,3 ppm.

Pierwiastki grupy wapnia (Mg, Ca i Ba) również nie osiągają wysokich koncentracji i utrzymują się na średnim poziomie w stosunku do innych analizowanych prób kwarcu. Analogiczne są ilości glinu, który różnicuje się słabo w różnych typach genetycznych kwarcu z Czarnego.

Charakterystyczne są podwyższone zawartości germanu. Wiąże się to z występowaniem hematytu w jednej paragenzie z kwarcem (Walenczak 1969). Na ogół słabo różnicujący się german koncentruje się silnie w kwarcach wyżej temperaturowych oraz w obecności niektórych minerałów, głównie tlenków żelaza.

Pomimo współwystępowania z hematytem, kwarcie z Czarnego wykazują małą domieszkę żelaza w swojej strukturze. Natomiast wysokie koncentracje tytanu mogą się wiązać z obecnością bardzo drobnych wrostków minerałów tytanowych (rutylu), co jest prawdopodobne wobec stwierdzenia występowania rutylu m.in. w biotycie.

Chlor w inkluzjach ma dość wysoką i mało zmienną się koncentrację. Stechiometrycznie ilość jonu Cl^- jest w przybliżeniu równa sumie alkaliów w inkluzjach. Świadczyć to może o podrzędniejszym udziale jonu węglanowego w ogólnej ilości soli w inkluzjach. Stosunkowo duża koncentracja chloru sprzyjała migracji i koncentrowaniu się tytanu, który tworzy lotne oraz rozpuszczalne kompleksy halo-genkowe i akwahalogenkowe (Goroščenko 1970). Na tyle małej zmienności koncen-

Tabela (Table) 2

Pierwiastki śladowe w kwarcach (w ppm masy kwarcu)
Trace elements in quartz (in ppm of quartz weight)

Kwarc /Quartz/	Lokalizacja /Locality/	W kwarcu /In quartz/											W ekstrakcie z inkluzji w kwarcu ^a /In extract from the inclusions in quartz/ ^a				
		Li	Na	K	Ba	Mg	Ca	Ba	Al	Sr	Pb	Tl	Li	Na	K	Cl	Br
Pegmatytowy, siatkowy /Pegmatitic, net-cracked/	Czarna	9,4	25	40	0,01	3-4	3,5	0,11	110	1,1	35	35	0,10	50	46	130	0,25
Szary, pokryty hematytom /Grey, covered with hematite/	Czarna	3,2	38	50	0,01	35-50	17	0,19	130	0,96	170	41	0,10	60	12	120	1,5
Biały, żyłowy /White, from vein/	Zomnica	8,9	90	64	0,15	2-5	15	0,18	260	1,2	36	29	0,02	45	15	110	0,66
Szare różowy, żyłowy /Grey-pink, from vein/	Myszkowice	7,0	390	330	0,27	80	47	1,9		0,61	770	35	0,10	49	44	210	
Duży kryształ drusowy /Big, drusy crystal/	Karpniki	7,8	20	39	0,10	0,5-1	1,4	0,08	18	0,58	17	13	0,22	16	15	36	
Drusowy, paragenesa z liściowym kremem litowym /Druzy, from paragenesis with lithium mica/	Karpniki	85		200	0,89	3-5	21	0,04		1,7	740	5,0	0,34	47	16	49	0,18
Biały, żyłowy /White, from vein/	Szklarska Poręba Huta	9,6	56	45	1,3	2-3	8,5	0,63	300	1,2	16	74	0,10	41	18	62	0,22

* W przeliczeniu na masę kwarcu (Counted into quartz weight).

tracji chloru interesujące jest zróżnicowanie stężeń bromu w inkluzjach. Kwarc niżej temperaturowy jest sześciokrotnie wzbogacony w brom w stosunku do kwarcu siatkowego, co może świadczyć o tendencjach do rozdzielania się chlorowców w trakcie krystalizacji różnych generacji kwarcu.

Metodą analizy spektralnej nie stwierdzono w analizowanych próbach kwarcu z Czarnego boru, cyny i wolframu.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań autorzy doszli do wniosku, że proces powstawania omawianych utworów rozpoczął się na pograniczu etapu epimagnetytowego i pegmatytowego. Świadczą o tym skalenie centralne i kwarc pochodzenia wysokotemperaturowego. Temperatury powstania, oznaczone metodą dekrepitacji dla tych minerałów, wynoszą około 640°C (Karwowski & Kozłowski 1972). O wysokich temperaturach krystalizacji świadczy pośrednio także silne spękanie automorficznych ziarn kwarców w pobliżu skalenia centralnego, powstałych powyżej przejścia α - β w temperaturze 573°C oraz mały stopień trójskośności centralnego skalenia potasowego. Dodatkowym dowodem są pierwotne inkluzje w kwarcu, wykazujące dużą ilość fazy gazowej oraz brak ruchów Browna, co świadczy o dużej lepkości wypełnienia związanej z wysokotemperaturowym pochodzeniem.

Jako utwory najwyższej temperaturowe, skalenie centralne stały się ośrodkami krystalizacji poszczególnych kul. W dalszym etapie, w wyniku obniżenia temperatury, następowała szybka krystalizacja kwarcu i skalenia. Skaleń wykorzystywał jako zarodek krystalizacji skalenie centralne lub skupienia kwarcu, skalenia i biotyту. W wyniku równomiernego dopływu materiału, skaleń, zamykając w sobie ziarna kwarcu, rósł z jednakową szybkością we wszystkich kierunkach, osiągając kształt kulisty. W miarę spadku temperatury zmniejszały się rozmiary ziarn kwarcowych, wzrastała natomiast silnie ich ilość, tak że przeważają one nad skaleniem. Średnia temperatura krystalizacji omawianej części kuli, wyznaczona (Karwowski & Kozłowski 1972) metodą dekrepitacji, wynosi 500°C. W kwarcach tej strefy nie obserwuje się spękań powstających w momencie przemiany fazowej. Inkluzje, zawarte w nich, są dwufazowe, gazowo-ciekłe, przy znacznym udziale fazy gazowej. Najbardziej zewnętrzna część kuli, wypełniająca szczeliny i łącząca poszczególne kule, powstawała w temperaturze jeszcze niższej. Metodą dekrepitacji wyznaczono ją na około 320°C. Charakter inkluzji gazowo-ciekłych wskazuje na pogranicze warunków pegmatytowych i hydrotermalnych.

Materiałem wyjściowym do powstania pegmatytu kulistego był zatem prawdopodobnie stop aplitowy, o czym świadczy podobieństwo składu mineralnego.

Obok pegmatytu kulistego krystalizował pegmatyt druzowy, również o założeniach dość wysokotemperaturowych, na co wskazuje obec-

ność kwarcu siatkowego. Większość minerałów druzowych powstała jednak w nieco późniejszych etapach, co znajduje odbicie w charakterze inkluzji.

Na etap pegmatytowy w niewielkim stopniu nałożyły się procesy hydrotermalne. Przejawiły się one w powstaniu albitu, kwarcu późniejszych generacji, muskowitu i hematytu. W bardzo niewielkim stopniu zaznaczyły się wtedy procesy metasomatyczne, powodujące zastąpienie skalenia kwarcem i jasnym łyszczykiem.

Inwentarz pierwiastków i ich koncentracje w materiale wyjściowym, z którego powstał pegmatyt, znalazły swoje odbicie w występowaniu pierwiastków śladowych w kwarcach oraz w wypełnieniach inkluzji. Materiał wyjściowy zawierał stosunkowo niskie koncentracje litu. Niewielkie ilości berylu oraz brak innych składników, typowych dla etapu pneumatolitycznego (B, W i Sn), świadczy o bardzo ograniczonym udziale tego etapu w tworzeniu się ciała pegmatytowego. Skład zawartości inkluzji i pierwiastków śladowych w kwarcu pozwala przypuszczać, że głównymi składnikami ośrodka macierzystego były krzem, glin, sól; potas, chlor, a w późniejszych etapach również pewną rolę zaczęły odgrywać żelazo oraz magnez i brom. Dość jednolity był natomiast udział takich pierwiastków śladowych, jak german i tytan.

Z przedstawionych danych wnioskować można, że do powstania wykształconego w osobiwy sposób ciała pegmatytowego w Czarnem przyczyniły się następujące czynniki. Do zluźnienia w granicie porfirowatym dostał się stop aplitowy zawierający megakryształy skalenia, podobne do megakryształów skalenia z granitu porfirowatego. Megakryształy te stały się ośrodkami krystalizacji kul, która następowała na skutek dość szybkiego ochłodzenia w wyniku zetknięcia się stopu aplitowego z chłodniejszym granitem, oraz prawdopodobnie na skutek stopniowej ucieczki bardziej lotnych składników. Krystalizacja pegmatytu druzowego następowała w zasadzie po utworzeniu się kul, równocześnie z krystalizacją pegmatytu drobnoziarnistego łączącego kule. Te ostatnie procesy zaszły w wyniku dalszego powiększenia się szczeliny, co umożliwiło wdarcie się stopu resztkowego, który nie zawierał już obcych ośrodków krystalizacji i tym samym krzepł w sposób normalny.

*Institut Geochemii, Mineralogii i Petrografii
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa 22, Al. Zwirki i Wigury 93
Warszawa, w czerwcu 1971 r.*

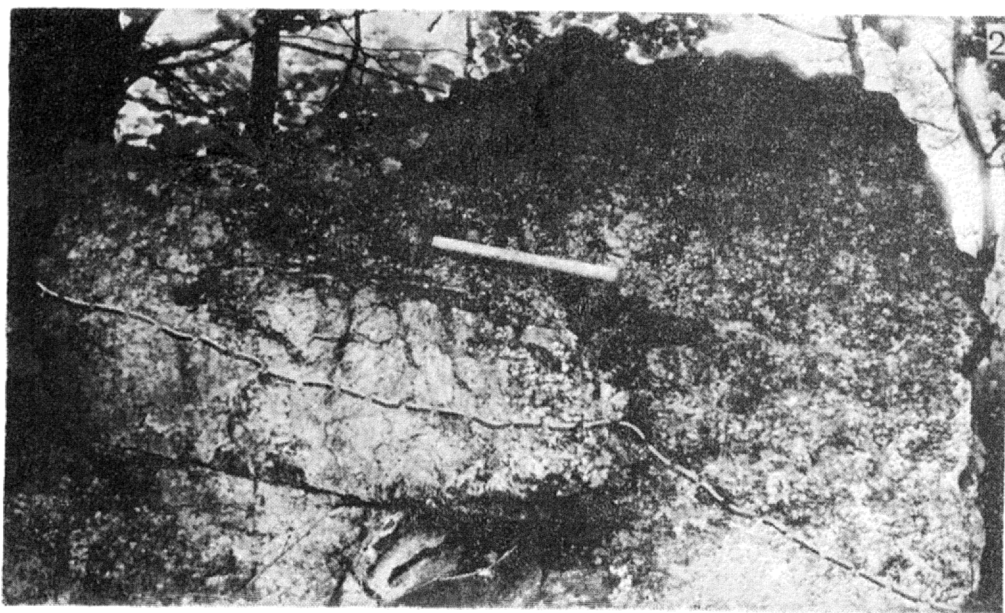
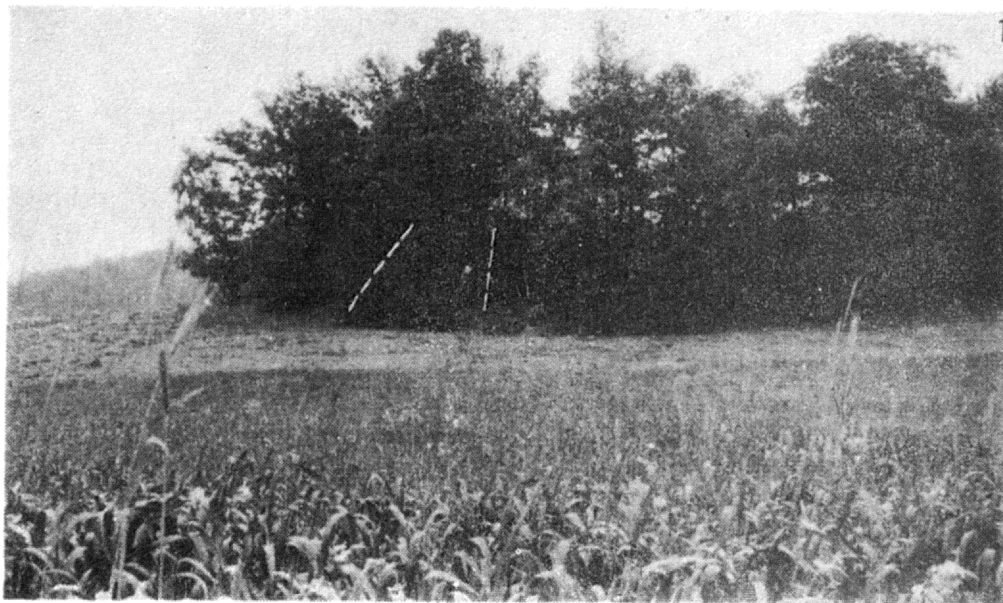
LITERATURA CYTOWANA

- BERG G. 1941. Geologische Karte des Deutschen Reiches 1:25 000, Erläuterungen zu Bl. Bad Warmbrunn. Berlin.
- BORKOWSKA M. 1966. Petrografia granitu Karkonoszy (Pétrographie du granite des Karkonosze). — Geologia Sudetica, vol. 2. Warszawa.

- GAJDA E. 1960a. Minerale żył pegmatytowych okolic Szklarskiej Poręby, Karkonosze (Minerals of pegmatite veins in the vicinity of the Szklarska Poręba region, Karkonosze Mts.). — *Kwartalnik Geol.*, t. 4, nr 3. Warszawa.
- 1960b. Żyły pegmatytowe okolic Szklarskiej Poręby, Karkonosze (Pegmatite veins of the region of Szklarska Poręba, Karkonosze Mts.). — *Ibidem*.
- GOROŠČENKO J. G. 1970. *Chimija titana*. Kiev.
- KALIŪZHNYI V. A. 1960. Metodi vivčennia bogatofazovych vključen' u mineralach. Kijiv.
- KALIŪZHNAJA K. M. 1968. O postmagmatičeskich preobrazovanijach grafičeskoj zony pegmatitov Volyni i obosoblenii šarovyh vydelenij albity (On the post-magmatic alterations of graphic zones of Volhyn pegmatites and separation of globe-like albite isolations). — *Miner. Sborn. Lvov. Univ.*, vol. 22, no. 3. Lvov.
- KARWOWSKI L. & KOZŁOWSKI A. 1971. Brownian movements in gaseous-liquid microinclusions in minerals. — *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. de la Terre*, vol. 19, no. 4. Warsaw.
- & — 1972. Thermogravimetric method of determination of decrepitation temperature. — *Ibidem*, vol. 20, no. 1.
- KOWALSKI W. 1967. Geochemia potasu, sodu, wapnia, rubidu, ołowiu, baru i strontu w granitoidach sudeckich i ich pegmatytach (Geochemistry of potassium, sodium, calcium, rubidium, lead, barium and strontium in Sudetic granitoids and their pegmatites). — *Arch. Miner.*, t. 27, z. 1. Warszawa.
- MARCZENKO Z. & CHOLUJ-LENARCZYK L. 1966. Destylacyjne oddzielenie chlorków w postaci chloru po utlenieniu nadjodanem i kolorymetryczne oznaczenie za pomocą czerwieni metylowej (Separation of chlorides by distillation and their colorimetric determination using methyl red.). — *Chem. Analit.*, t. 11, nr 6. Warszawa.
- NĚMEC D. 1970. Vzáimno orientirovannoje obrastanie različnych polevyh špatov v izverzhennyh gornych porodach. Ontogeničeskije metody izučenijsa mineralov. Moskva.
- SACHANBIŃSKI M. 1970. Beryl i akwamaryn z Karkonoszy (Beryl and aquamarine from the Karkonosze Mts.). — *Przegląd Geol.*, nr 12. Warszawa.
- SISKIINA O. V., PAVLOVA G. A. & BYKIOVA V. S. 1969. Geochemia galogenov v morskich i okeanskich osadkach i ilovych vodach. Moskva.
- SMULIKOWSKI K. 1957. In: TEISSEYRE H., SMULIKOWSKI K. & OBERC J. *Utwory przedtrzeciordowe*. — *Geologia regionalna Polski*, t. 3, nr 1. Kraków.
- WALENCZAK Z. 1969. Geochemia pierwiastków rozproszonych w kwarcach — Ge, Al, Ga, Ti, Fe, Li, Be (Geochemistry of minor elements dispersed in quartz — Ge, Al, Ga, Ti, Fe, Li and Be). — *Arch. Miner.*, t. 28, z. 2. Warszawa.

SUMMARY

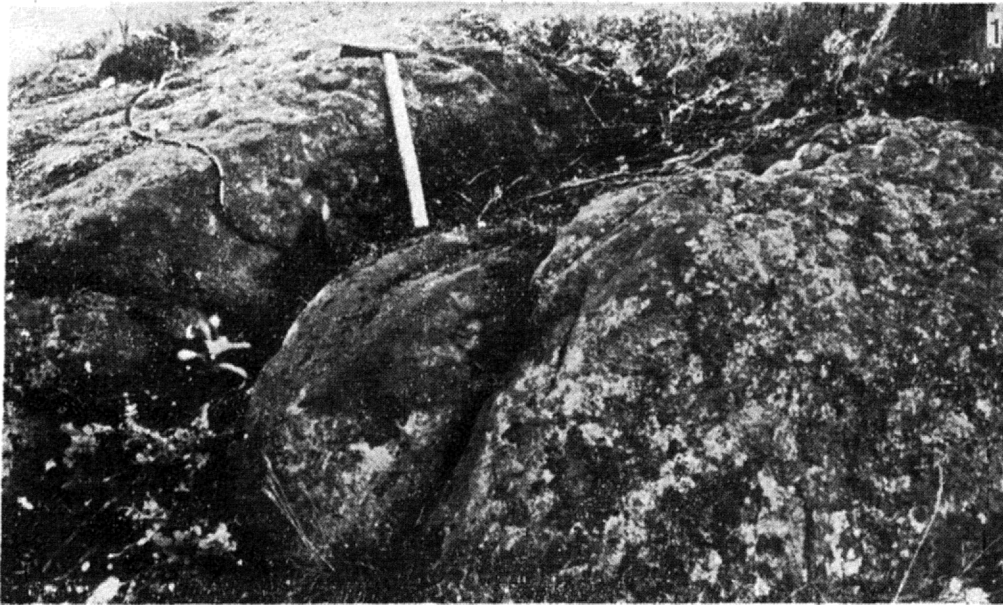
ABSTRACT: The petrographical and mineralogical characteristics of pegmatites from the vicinity of Czarna (S of Jelenia Góra, Karkonosze Mts, Sudetes), including the unusual ball pegmatite, are dealt with in the present paper. The selected mineral (quartz) is investigated geochemically, taking into account the occurrence of solutions in gaseous-liquid inclusions. Special attention is paid to ball pegmatite as a unique rock, the structure of which is analyzed exactly, and origin of which is discussed.



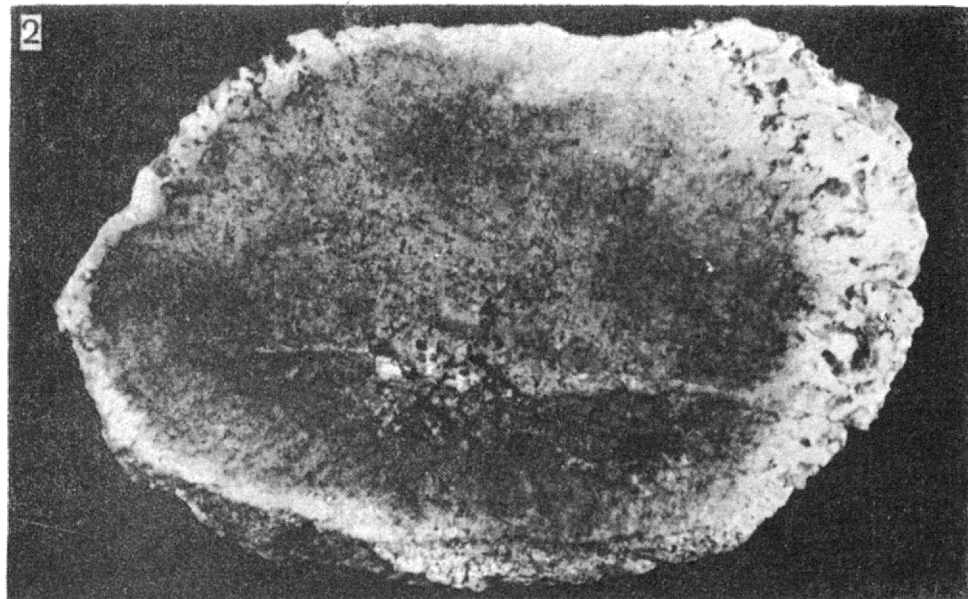
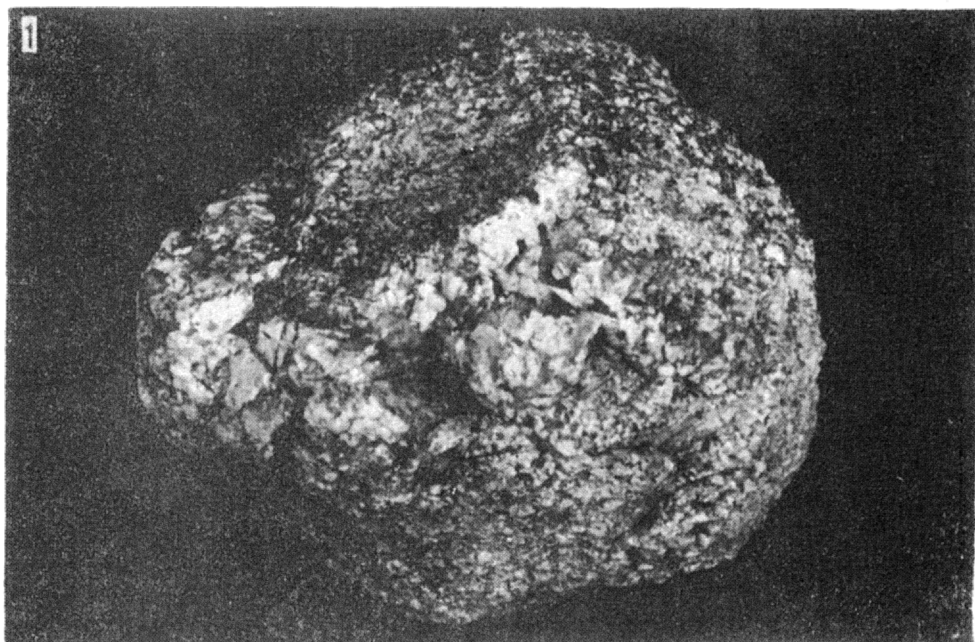
- 1 — Cgólny widok wzgórza Zabieniec od strony zachodniej; liniami zaznaczono wystąpienie pegmatytu kulistego.
 General view of the Zabieniec Hill, western slope; outcrop is lined.
- 2 — Fragment zachodniej ściany skałki z pegmatytem kulistym; linią zaznaczono dolną granicę pegmatytu.
 Part of western wall of the rock with ball pegmatite; boundary between ball pegmatite and underlying aplite is lined.



- 1 — Skalka z pegmatytem kulistym od strony wschodniej.
 Rock with ball pegmatite, eastern wall.
- 2 — Luźne bloki pegmatytu kulistego leżącego na hałdzie.
 Detached blocks of ball pegmatite.



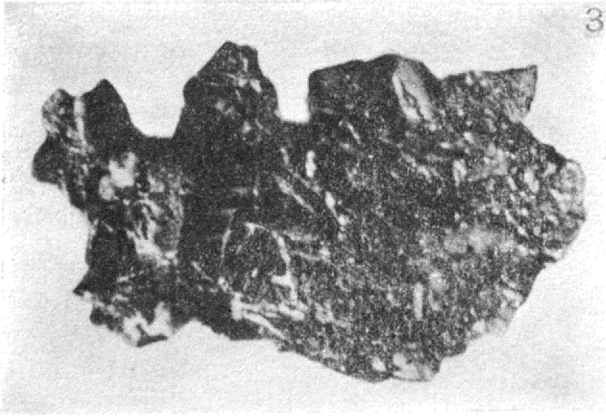
- 1 — Płaska wychodnia pegmatytu kulistego przy szczycie wzgórza; linią zaznaczono granicę pegmatytu kulistego.
 Outcrop of ball pegmatite near the top of the hill; boundary of ball pegmatite is lined.
- 2 — Zbliżenie fragmentu odsłonięcia pegmatytu kulistego; widoczne wyseparowane przez wietrzenie całe kule i przelupane.
 Close-up view of the part of ball pegmatite outcrop; visible are balls weathered out and partly broken.



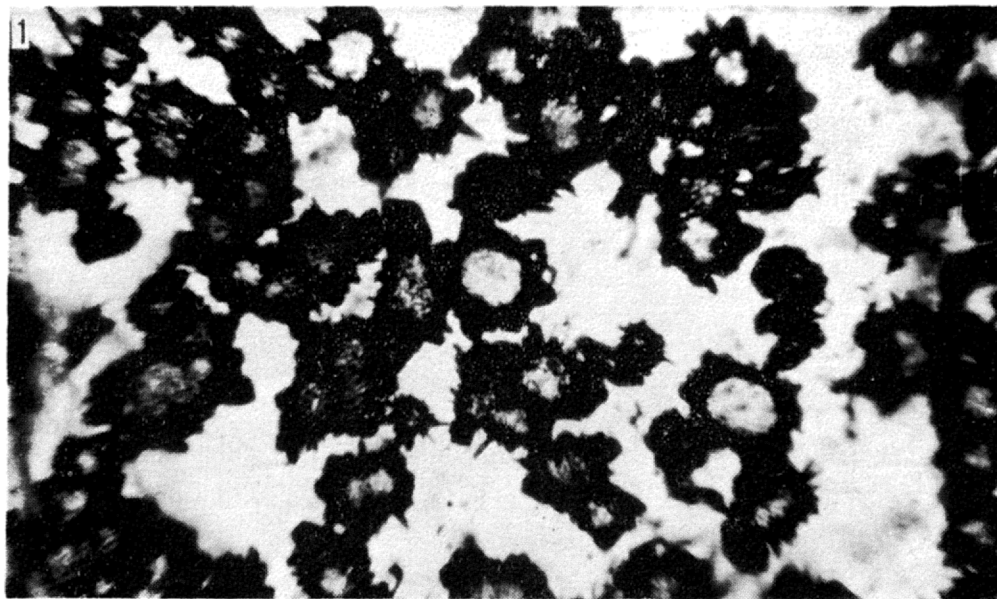
1 — Pojedyncza kula z widocznym drobnym pegmatytem na powierzchni; w. nat.
Single ball with fine grain pegmatite on the surface; nat. size.

2 — Przekrój przez kulę nie posiadającą skałenia centralnego — widoczny agregat kwarcowo-skałeniowo-biotytowy oraz koncentryczna budowa kuli z drobnym pegmatytem na zewnątrz; w. nat.

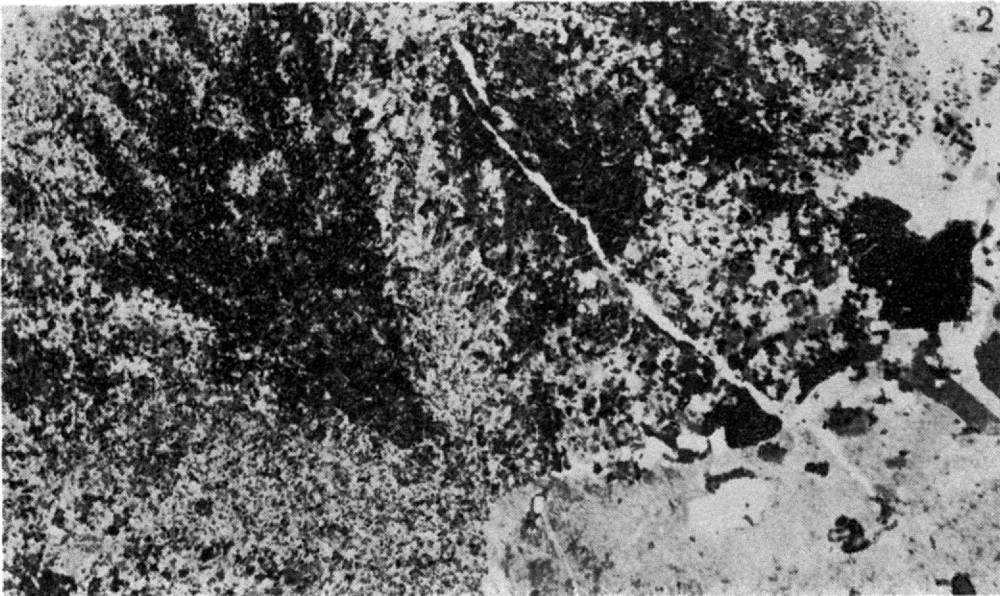
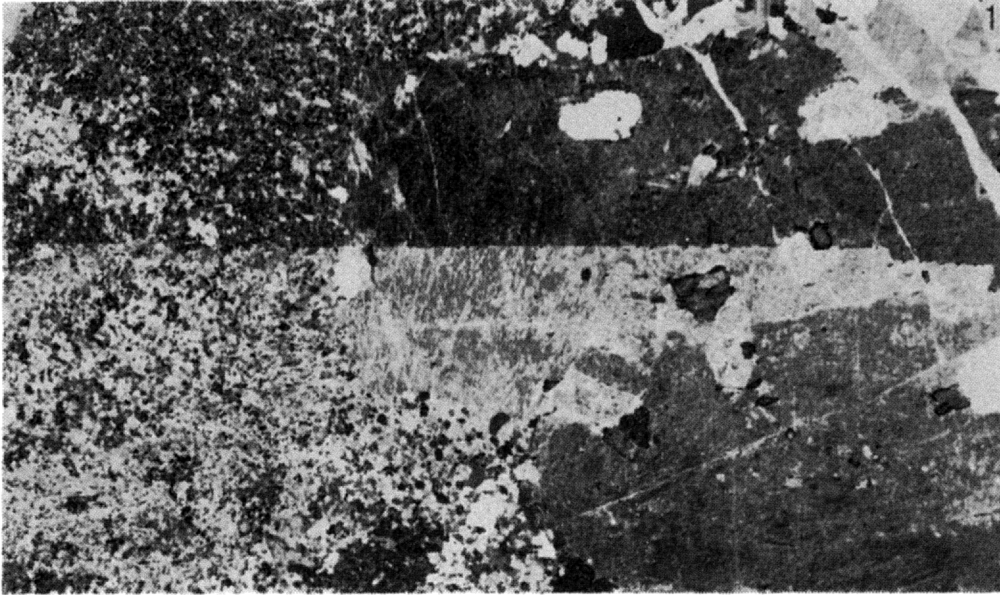
Ball without central feldspar; the aggregate of quartz, feldspar and biotite at center of the ball surrounded with feldspar and quartz and fine pegmatite are visible; nat. size.



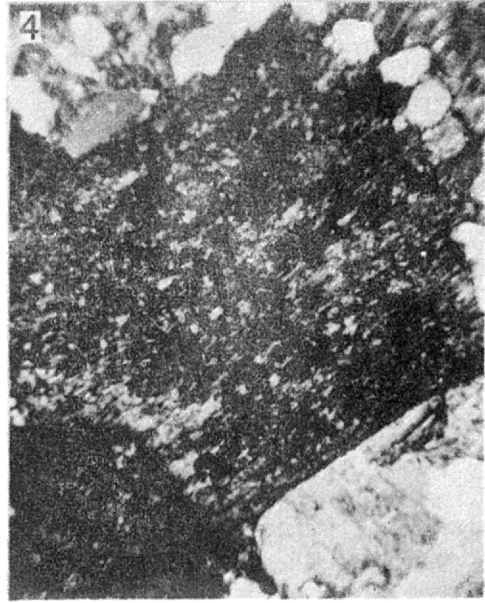
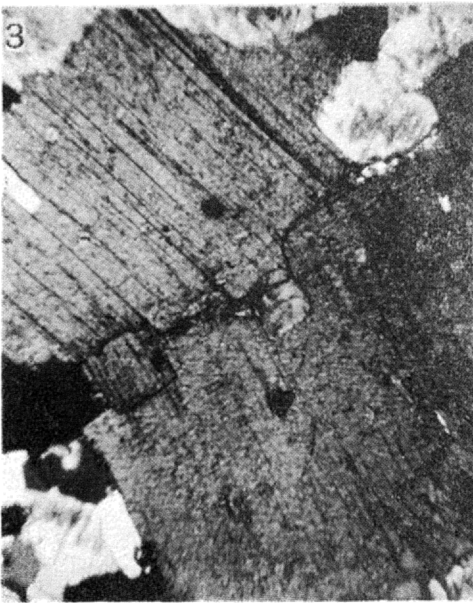
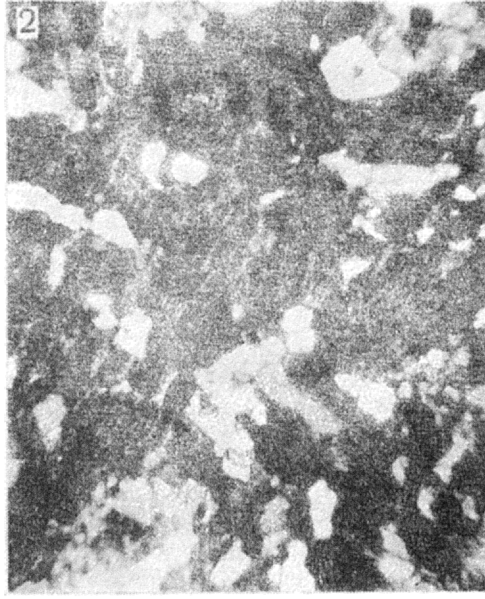
- 1 — Zbliżenie centralnego agregatu kuli; widoczny biotyt (czarny), kwarcie (ciemnoszare) i spertytyzowany skalcn (jasnyszary); $\times 4,5$.
Close-up view of central aggregate of the ball; visible are biotite (black), quartz (dark-grey) and perthite (light-grey); $\times 4.5$.
- 2 — Przekrój przez małe kule z dużymi skaleniami centralnymi; widoczna obwódka albitowa w skalniu centralnym oraz strefowa budowa kul; w. nat.
Section through small balls with big central feldspars; rim of albite in central feldspar is visible; nat. size.
- 3 — Drobne gniazdo hematytu z powierzchni skalenia; $\times 6$.
Fine aggregate of hematite from the surface of feldspar; $\times 6$.



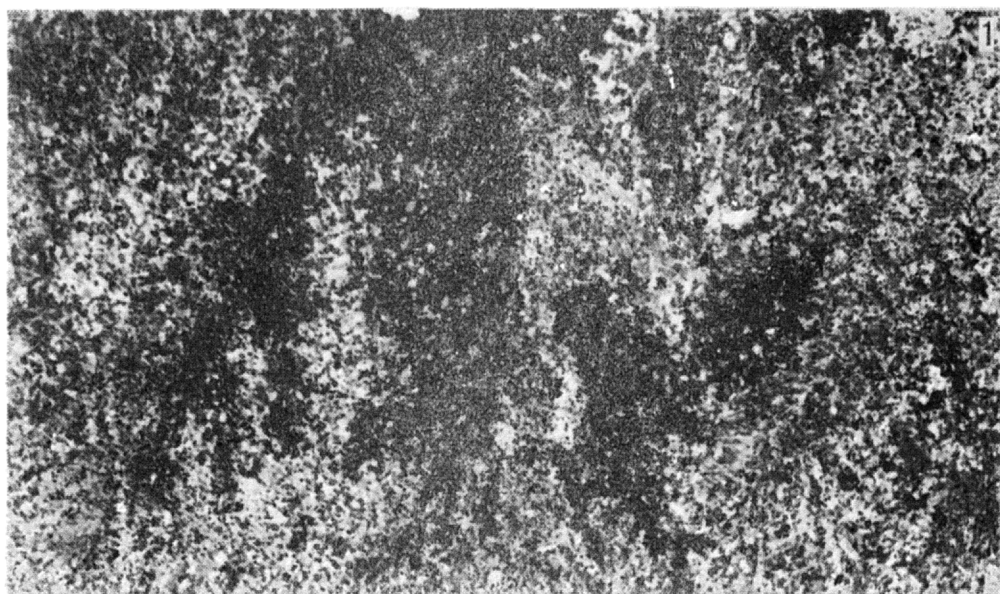
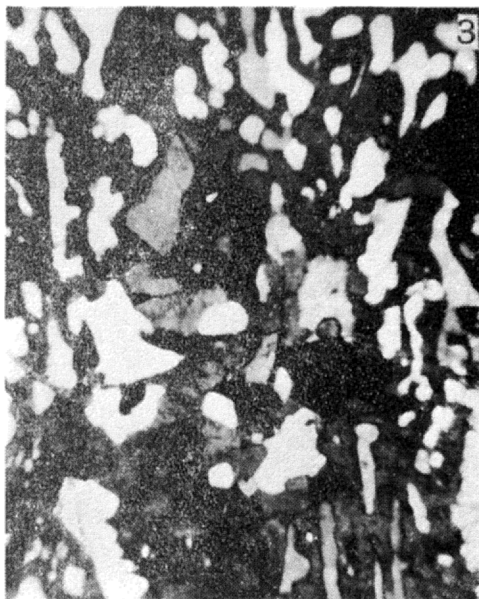
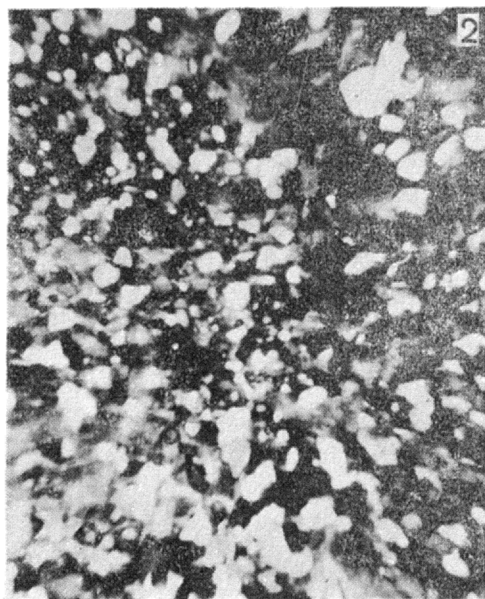
- 1 — Róże hematytowe wewnątrz kryształu kwarcu; jeden nikol, $\times 170$.
Hematite roses inside quartz; $\times 170$.
- 2 — Nierówna powierzchnia tabliczkowego kryształu kwarcu; widoczne białe blaszki muskowitu, ciemna — warstwa kwarcu przykrywająca hematyt, szary — drobnołuseczkowy hematyt; $\times 3$.
Rough surface of tabular quartz; white plates of muscovite, dark layer of quartz covering hematite and grey fine flaky hematite are visible; $\times 3$.



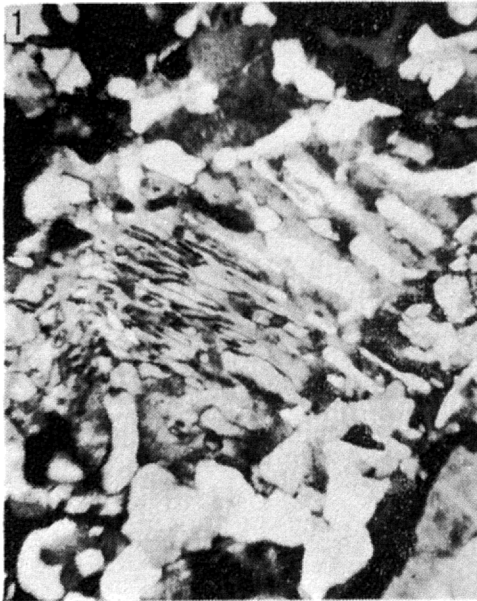
- 1 — Bliźniak karlsbadzki w skaleniu centralnym, przedłużający się w pozostałą część kuli; nikole skrzyżowane, $\times 4$.
 Carlsbad twin in central feldspar continuing into the ball; nicols crossed, $\times 4$.
- 2 — Promieniście-sektorowa budowa kuli; widoczne otoczenie skalenia centralnego przepelnione drobnym kwarcem; nikole skrzyżowane, $\times 4$.
 Radiate-zonal structure of the ball; surrounding of central feldspar interwoven with fine quartz; nicols crossed, $\times 4$.



- 1 — Zbliżniaczony skałń pertytowy z agregatu centralnego; nikole skrzyżowane, $\times 40$.
Twinned perthite from central aggregate; nicols crossed, $\times 40$.
- 2 — Tło skaleniowe, spertytyzowane, z części kuli bliskiej środka z niewielką ilością kwarcu; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Feldspar perthited background, containing small amount of quartz; nicols crossed, $\times 50$.
- 3 — Pakiety biotytu przy skaleniu centralnym; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Biotite near central feldspar; nicols crossed, $\times 50$.
- 4 — Silnie schlorytyzowany biotyt ze środka kuli; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Strongly chloritized biotite from center of the ball; nicols crossed, $\times 50$.



- 1 — Strefa kulj przepelniona drobnym kwarcem; zaznacza się budowa sektorowa; nikole skrzyżowane, $\times 4$.
Sphere of the ball strongly interwoven with fine quartz grains; zonal structure is signed; nicols crossed, $\times 4$.
- 2 — Skaleń potasowy obrastający poikilitowo drobne ziarna kwarcu; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Poikilitic intergrowths of potash feldspar and fine quartz grains; nicols crossed, $\times 50$.
- 3 — Przerost granofirowy skalenia z kwarcem w strefie otaczającej skaleń centralny; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Granophyric intergrowth of quartz with feldspar, surrounding central feldspar; nicols crossed, $\times 50$.



- 1 — Drobne przerosty granofirowe kwarcu i skalenia w strefie kuli otaczającej ska-
leń centralny; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Fine granophyric intergrowths of quartz with feldspar, surrounding central
feldspar; nicols crossed, $\times 50$.
- 2 — Przerosty granofirowe w strefie brzeżnej kuli; mikole skrzyżowane, $\times 30$.
Granophyric intergrowths in external sphere of the ball; nicols crossed, $\times 30$.
- 3 — Przerost granofirowy metasomatycznie zmienionego skalenia z kwarcem (wido-
czne drobne ziarna kwarcu i lyszczyku) w mikroklinie z pegmatytu druzowego;
nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Granophyric intergrowth of quartz with feldspar metasomatically passing into
quartz and mica; microcline from drusy pegmatite; nicols crossed, $\times 50$.
- 4 — Przerost granofirowy spertytyzowanego skalenia z kwarcem w mikroklinie
z pegmatytu druzowego; nikole skrzyżowane, $\times 50$.
Granophyric intergrowth of perthite with quartz; microcline from drusy pegma-
tite; nicols crossed, $\times 50$.