

ŁUKASZ KARWOWSKI

Strefa grejzenowa Mładz-Kamień-Pobiedna na Pogórzu Izerskim

GREISENS OF THE IZERA UPLAND (SUDETES)

STRESZCZENIE: W pracy przedstawiono wyniki obserwacji terenowych oraz badań fizykochemicznych warunków powstawania grejzenów Pogórza Izerskiego. Stwierdzono występowanie skał grejzenowych na znacznie większym obszarze niż dotychczas, a mianowicie w długiej na około 10 kilometrów strefie Mładz-Kamień-Pobiedna. Na podstawie obserwacji mikroskopowych oraz badań temperatur homogenizacji inkluzji w minerałach tych grejzenów można sądzić, że procesy grejzenizacji zachodziły tutaj w temperaturach około 300–350° C, prawdopodobnie przy znacznym ciśnieniu, oraz przy udziale składników lotnych takich jak bor, fluor, chlor oraz dużych ilości dwutlenku węgla. Proces grejzenizacji rozwinął się na gnejsach i jest częścią ogólnego, o zasięgu regionalnym, procesu metasomatozy na Pogórzu Izerskim.

WSTĘP

Skały formacji grejzenowych występują na Pogórzu Izerskim w obrębie gnejsów i granitognejsów oraz łupków kwarcowo-lyszczykowych, których wiek oraz geneza nie jest jeszcze należycie rozpoznana (por. Pawłowska 1968). W obszarze tym wyróżnione zostały cztery strefy łupkowe, biegnące mniej więcej równoleżnikowo: Szklarskiej Poręby, Starej Kamienicy, Kotliny Mirskiej oraz Złotnik Lubzańskich (Oberc 1965; Pawłowska 1966, 1967). Na kontaktach gnejsów z łupkami rozwinęły się metasomatyczne leukogranity (Smulikowski 1958, Heflik 1964, Oberc 1965, Pawłowska 1968). Pochodzenie roztworów powodujących tak silne zmiany leukokratyczne, przejawiające się albityzacją i mikroklinizacją, jest jednak zagadnieniem dyskusyjnym.

Ze strefą łupkową Kotliny Mirskiej związane są skały grejzenowe, dotychczas znane z wysadu krystalicznego Martwego Kamienia koło Mirska (*vide* fig. 1). Problematyką związaną z genezą tych skał zajmowało

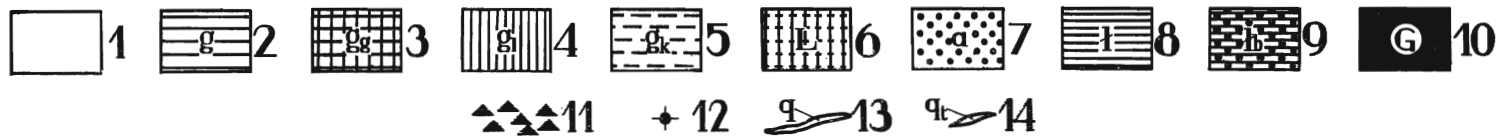
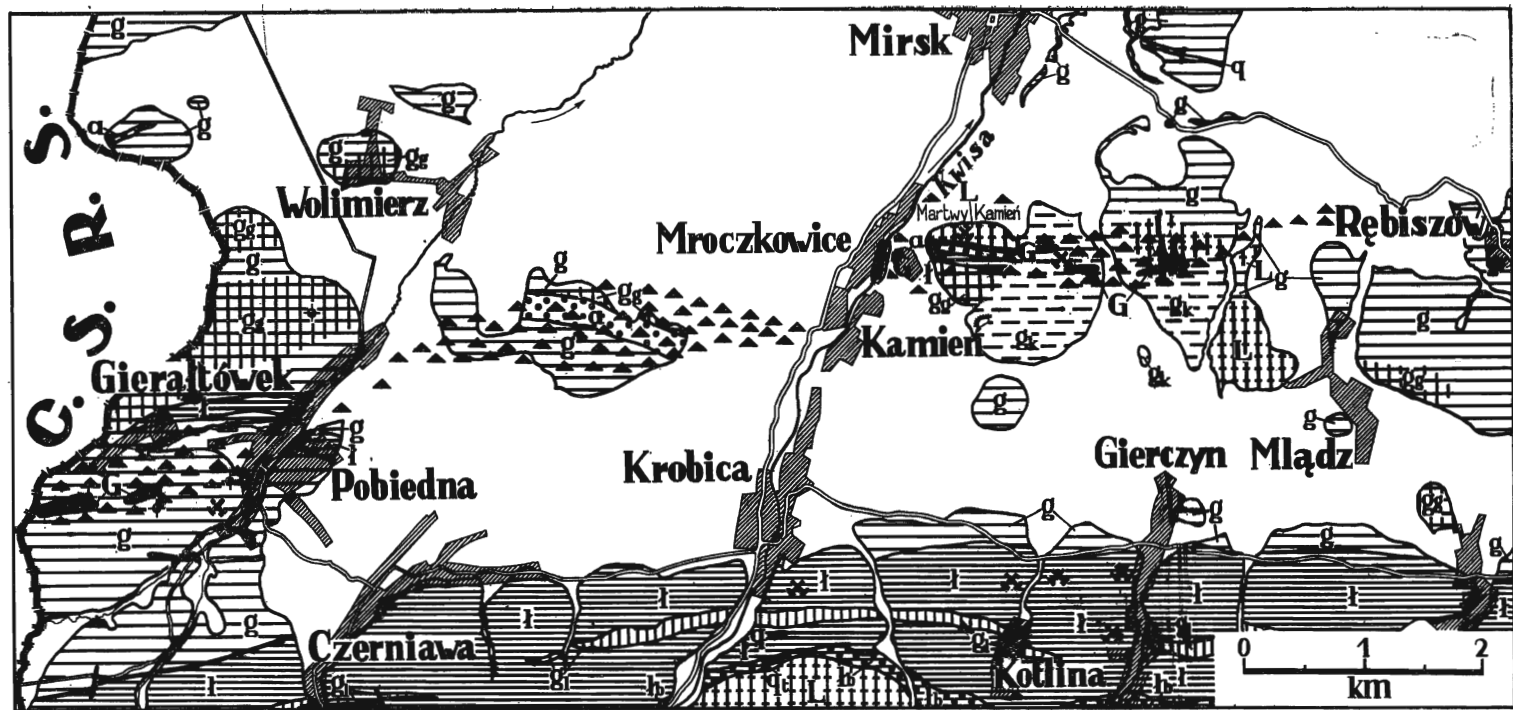


Fig. 1

się wielu badaczy (Budkiewicz 1949, 1971; Kozłowska 1956; Wieser 1956; Heflik 1960 oraz Pawłowska 1966). Przejawy grejzenizacji znane są też w leukogranitach okolic Mładza oraz w rejonie Kopańca (Pawłowska 1967, 1968). W grejzenach tych stwierdzona została charakterystyczna asocjacja pierwiastków, a mianowicie cyna, wolfram i bizmut; wystąpienia minerałów kruszcowych są natomiast bardzo rzadkie i drobne (Karwowski 1972).

W niniejszej pracy autor zajął się jedynie skałami grejzenowymi *sensu stricto*, a więc pozbawionymi skaleni i minerałów ciemnych (por. Rundkvist & al. 1971).

Autor dziękuje serdecznie Mgr A. Kozłowskiemu za pomoc w pracach terenowych oraz za wykonanie ilustracji graficznych do niniejszej pracy.

OBSERWACJE TERENOWE

Wystąpienia grejzenów były dotychczas notowane tylko na terenie położonym na wschód od Kwisy, aż po okolice Mładza (Pawłowska 1966, Karwowski 1972). Na zachodnim brzegu Kwisy grejzeny nikną pod pokrywą czwartorzędową. W czasie badań terenowych autor wspólnie z mgr A. Kozłowskim dokładnie zbadał ten ostatni teren. W ciekach i potokach, a potem na rozdzielających je grzbietach natrafiono na rumosz grejzenów kwarcowo-topazowych, kwarcowo-topazowo-łyszczkowych oraz kwarcowo-łyszczkowych. Szerokość tej strefy jest niewielka (rzędu 200—300 m), lecz ciągnie się na przestrzeni około 10 kilometrów aż po granicę państwową (fig. 1).

Na obszarze tym, za miejscowością Pobiedna, w okolicach starego cmentarza, natrafiono na duże bloki grejzenów kwarcowo-topazowych i kwarcowo-łyszczkowych oraz turmalinowych. W kierunku Gierałtówka

Fig. 1

Schematyczna mapa południowej części Kotliny Mirskiej (na podstawie mapy Berga, 1925, oraz Berga & Ahrensa, 1925)

1 kenozoik, 2 gnejsy wstęgowe, 3 granitognejsy, 4 gnejsy drobnolaminowane, 5 gnejsy skaolinizowane, 6 leukogranity, 7 amfibolity, 8 łupki kwarcowo-łyszczkowe, 9 łupki z porfiroblastami biotyту, 10 grejzeny, 11 blokowiska grejzenów, 12 gniazda turmalinowe, 13 żyły kwarcowe, 14 kwarcyty turmalinowe

Geological sketch-map of the southern part of the Mirsk region (after Berg, 1925, and Berg & Ahrens, 1925)

1 Cenozoic, 2 bands gneisses, 3 granite-gneisses, 4 fine-laminated gneisses, 5 kaolinitized gneisses, 6 leucogranites, 7 amphibolites, 8 quartz-mica schists, 9 biotite-bearing schists, 10 greisens, 11 detached blocks of greisen, 12 aggregates of tourmaline, 13 quartz veins, 14 tourmalinized quartzite

(fig. 1) natrafiono na szereg częściowo zasypanych szurfów, w których stwierdzono obecność grejzenów megaskopowo nie różniących się od skał z Martwego Kamienia. Dalej w kierunku granicy państwa natrafiono również na duże bloki grejzenowe, które ze względu na ich rozmiary uznano za znajdujące się na miejscu; napotkano tam również silnie zleukokratyzowane gnejsy z obfitą mineralizacją fluorytową.

W kierunku północnym grejzeny zanikają i jedynie na wyniesieniu zbudowanym z łupków i gnejsów natrafiono na kilka luźnych bloków grejzenów kwarcowo-łyszczykowych. Na całym obszarze od Mroczkowic do Gierałtówka stwierdzono występowanie niewielkich bloków łupków i amfibolitów oraz duże ilości kwarcu żyłowego, czasem ametystów.

SKŁAD MINERALNY GREJZENÓW

Obserwacje makro- i mikroskopowe grejzenów z całego badanego obszaru wskazują na wielkie podobieństwo tych skał do grejzenów z Martwego Kamienia, które scharakteryzowane zostały poprzednio (Karwowski 1972).

Skały grejzenowe w strefie Mładz-Kamień-Pobiedna są grubo- lub drobnokrystaliczne. Na powierzchniach przełamu widoczne są ziarna topazu różniące się od kwarcu doskonałą łupliwością.

Najczęściej spotykaną skałą jest grejzen kwarcowo-topazowy. Na przestrzeni całej strefy jest on wykształcony podobnie, a zmienia się w nim jedynie zawartość topazu. Czasem spotyka się pojedyncze ziarna topazu tkwiące w tle kwarcowym (pl. 1, fig. 1) lub duże agregaty ziarn jednakowo zorientowanych. Rzadziej występują skały prawie czysto topazowe (pl. 1, fig. 2). Dość często obserwuje się budowę pasową topazu. Topaz jest silnie spękany i uwidacznia swą łupliwość, podczas gdy ziarna kwarcu są mniej spękane, chociaż wykazują faliste znikanie światła i obecność prążków translacyjnych. Oprócz tych dwóch minerałów spotyka się drobne ziarna fluorytu, niekiedy wchodzące w spękania topazu.

W grejzenie kwarcowo-topazowo-łyszczykowym (pl. 2, fig. 1) kwarc oraz topaz wykształcone są podobnie jak w poprzednim typie grejzenu, chociaż topazu jest tutaj znacznie mniej. Często są to pojedyncze agregaty z rzadka rozsiane w skale. Łyszczyk reprezentowany jest przez muskowit. W tym typie grejzenów spotyka się częściej minerały akcesoryczne — cyrkon i apatyt.

W obu rodzajach grejzenów stwierdzono także występowanie niewielkiej ilości drobnych ziarn kasyterytu.

W grejzenie kwarcowo-łyszczykowym kwarc jest podobnie wykształcony jak w poprzednich typach, z tym że spotyka się czasem reliktove kwarcie pognejsowe, charakteryzujące się niebieskosiną barwą. Łyszczyk jest także typowym muskowitem; jego blaszki są albo silnie zdeformowane albo świeże.

Fluoryt towarzyszy wszystkim typom grejzenów i tylko niekiedy występuje w postaci większych ziarn lub żyłek. Na badanym terenie z rzadka spotyka się także żyły kwarcowe i niewielkie strefy silnie wzbogacone w łyszczyk.

Skały turmalinowe lub partie wzbogacone w turmalin są spotykane w całej długości strefy grejzenowej, jednak występują one nieregularnie. We wszystkich

typach grejzenów spotyka się pojedyncze ziarna turmalinu, lub drobne jego gniazda. Turmaliny często są silnie splekane, a nieraz tak silnie strzaskane, że przypominają kataklazyt. Wykazują one budowę pasową (pl. 2, fig. 2; pl. 3, fig. 1), a czasem sektorową (pl. 3, fig. 2). Skały turmalinowe mogą być przetkane serycytem, który wyraźnie atakuje turmalin, chociaż spotyka się partie całkowicie serycytu pozbawione. W splekaniach turmalinu i między jego ziarnami występuje drobny kwarc. Rozważane turmaliny charakteryzują się następującym pleochroizmem:

- 1) ϵ — bezbarwny
 ω — złotawożółty
- 2) ϵ — bezbarwny
 ω — brązowożółty
- 3) ϵ — bezbarwny (jasnolawendowy)
 ω — fioletowogranatowy
- 4) ϵ — bezbarwny
 ω — oliwkowozielony

Często wszystkie te odmiany występują razem w kryształach o budowie pasowej (pl. 3, fig. 1).

Na uwagę zasługuje fakt częstego występowania apatytu, choć nie występuje on jednakowo często w całej rozciągłości strefy. Na Martwym Kamieniu był notowany bardzo rzadko i to najczęściej w postaci automorficznych słupków. W okolicach Pobiednej jest on bardziej pospolity: w grejzenach kwarcowo-topazowym i kwarcowo-topazowo-łyszczykowym występuje w postaci niewielkich ksenomorficznych ziarn, często silnie splekanych (pl. 4, fig. 1), zaś w skałach turmalinowych, w których zawartość jego dochodzi miejscami do kilku procent, tworzy duże ziarna ksenomorficzne, często splekane, dochodzące do kilku milimetrów (pl. 4, fig. 2).

INKLUZJE ROZTWORÓW MINERAŁOTWÓRCZYCH

Relikty roztworów macierzystych (fig. 2) zawartych w minerałach w postaci inkluzji fluidalnych mogą być wskaźnikiem warunków powstawania i przeobrażeń minerałów-gospodarzy. Inkluzje pierwotne charakteryzują środowisko powstawania minerału, zaś wtórne — środowiska przeobrażeń. W minerałach grejzenów badanego obszaru, zarówno na wschód jak i na zachód od Kwisy, występują zbliżone rodzaje inkluzji. Zbadano inkluzje w kwarcu, topazie, turmalinie, fluorycie i apatycie. Łyszczyki jako minerały warstwowe nie nadają się natomiast do takich badań.

Inkluzje w badanych minerałach osiągają wielkość od dziesiątych części milimetra do poniżej mikrometra.

Inkluzje w kwarcu reprezentowane są przez kilka rodzajów. W kwarcu pochodzenia grejzenowego za pierwotne uznano inkluzje (por. Kalyuzhny 1960, Roedder 1967) pojedyncze i znajdujące się z dala od szczelin (pl. 5, fig. 1—5). Charakter wypełnienia tych inkluzji jest niejednokrotnie trudny do ustalenia. Częste są inkluzje trójfazowe (pl. 5, fig. 1—3), zawierające roztwór wodny soli, fazę ciekłego dwutlenku węgla oraz pęcherzyk gazu, głównie złożony z dwutlenku węgla i pary wodnej. Zawartość fazy ciekłego CO₂ w temperaturze 20° C jest różna. Pospolite są inkluzje dwu- lub trójfazowe, zawierające roztwór wodny soli i gaz lub ciekły CO₂ (pl. 5,

fig. 5), lub też dodatkowo fazę krystaliczną, najprawdopodobniej halit (pl. 5, fig. 4). W kwarcu liczne są inkluzje gazowo-ciekłe, zawierające obok roztworu soli i pęcherzyka gazowego — ciało stałe (pl. 5, fig. 6—8), prawdopodobnie łyśczyk, na co wskazuje duża dwójłomność, pokrój blaszkowy, oraz nierozpuszczalność w czasie ogrzewania w roztworze zawartym w inkluzji. Drobne blaszki łyśczyku rzędu części mikrometra występują też samodzielnie w ziarnach kwarcu. Obok inkluzji zawierających blaszki łyśczyku występują inkluzje gazowo-ciekłe (pl. 5, fig. 6). Podobny stosunek faz, jak i podobne rozmieszczenie w kryształach, pozwalają na zaliczenie ich do jednej generacji (pl. 5, fig. 9—11). Ostatnią generacją inkluzji w kwarcu są inkluzje ciekłe występujące na najpóźniejszych zabliźnionych szczelinach; są to bardzo drobne inkluzje gazowo-ciekłe o znikomym udziale fazy gazowej lub wyłącznie ciekłe (pl. 5, fig. 12).

Inkluzje w topazie wykształcone są podobnie jak w kwarcu, jest ich jednak o wiele więcej i niejednokrotnie ziarna topazu są nimi przepełnione. Inkluzje stanowią tutaj średnio 0,42% objętościowych (Karwowski & Kozłowski 1971b). Spotykamy tu też inkluzje trójfazowe zawierające fazę ciekłego dwutlenku węgla (pl. 5, fig. 13—15 i 19) w różnych stosunkach. Inkluzje dwufazowe (roztwór soli i faza gazowa lub roztwór soli i faza ciekłego CO_2) są też bardzo częste (pl. 5, fig. 16—18). Najpóźniejsza generacja inkluzji w topazie reprezentowana jest przez drobne inkluzje gazowo-ciekłe o niewielkim udziale fazy gazowej. Inkluzje tej generacji występują na zabliźnionych szczelinach (pl. 5, fig. 20). W topazach nie natrafiono na jednofazowe inkluzje ciekłe.

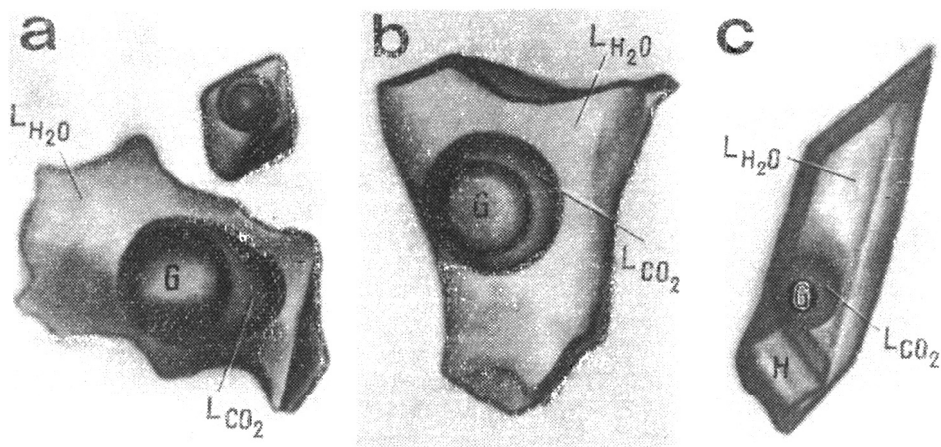


Fig. 2

Inkluzje reliktów roztworów macierzystych

a inkluzje trójfazowe w kwarcu z grejzenu, b inkluzja trójfazowa w topazie z grejzenu, c inkluzja czterofazowa w skaleniu z leukogranitu

G pęcherzyk gazowy, L_{CO_2} faza ciekłego CO_2 , $L_{\text{H}_2\text{O}}$ roztwór wodny soli, H halit

Inclusions of parent solution relicts

a three-phase CO_2 -bearing inclusions in quartz of greisen, b three-phase CO_2 -bearing inclusion in topaz of greisen, c four-phase inclusion in feldspar from leucogranite

G gas bubble, L_{CO_2} liquid CO_2 phase, $L_{\text{H}_2\text{O}}$ aqueous solution of salts, H halite

W turmalinie inkluzje są wykształcone podobnie jak w topazie i kwarcu. Różnią się one jednak morfologią, gdyż najczęściej są wydłużone. Wydłużenie większości inkluzji i ich ułożenie jest zgodne z wydłużeniem kryształów turmalinu. Inkluzje pierwotne (pl. 6, fig. 1—5) też zawierają często fazę ciekłego dwutlenku węgla. W okazach ilustrowanych (pl. 6, fig. 1—5) faza ta jest widoczna, natomiast nie widać fazy gazowej z powodu bardzo intensywnych ruchów Browna pęcherzyka gazowego. Podobne inkluzje zostały określone przez Z. Lhamsurena jako inkluzje równoległych zrostów (Dashdavaa 1970). Inkluzje wtórne są inkluzjami gazowo-ciekłymi powstałymi często w zablźnionych spękaniach; są one wydłużone (pl. 6, fig. 6) lub płaskie (pl. 6, fig. 7).

We fluorycie występują dwie generacje inkluzji: pierwotne i wtórne wczesnych generacji (pl. 6, fig. 8 i 9), oraz wtórne (pl. 6, fig. 10—13), o mniejszej objętości pęcherzyka gazowego. Inkluzje wtórne występują często na zablźnionych szczelinach (pl. 6, fig. 11).

Inkluzje w apatyacie są na ogół bardzo drobne, rzędu części mikrometra. Większość inkluzji jest ułożona zgodnie z łupliwością apatyty (pl. 6, fig. 15 i 16), przy czym są one najczęściej wydłużone (pl. 6, fig. 14—16). Wyróżniono inkluzje pierwotne zawierające fazę ciekłego dwutlenku węgla, oraz inkluzje wtórne, gazowo-ciekłe o mniejszym udziale fazy gazowej.

W inkluzjach wszystkich badanych minerałów obserwowano ruchy Browna (Karwowski & Kozłowski 1971a). Bardzo interesująco przedstawiają się te ruchy w inkluzjach zawierających fazę ciekłego CO_2 . W przypadkach, gdy w inkluzji faza gazowa stanowiła znikomy procent w stosunku do fazy ciekłego CO_2 , pęcherzyk gazowy wykonywał bardzo intensywne ruchy Browna wewnątrz ciekłego dwutlenku węgla, zaś faza ciekłego dwutlenku węgla wykonywała powolne ruchy wewnątrz roztworu

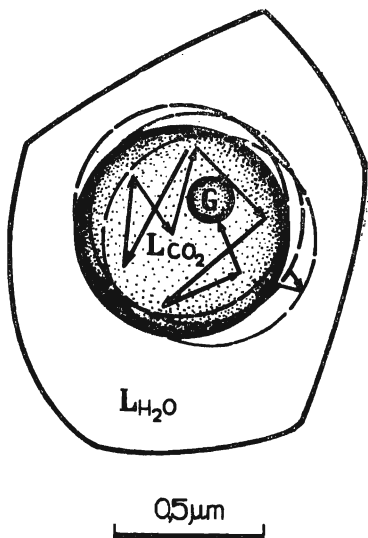
Fig. 3

Schemat ruchów Browna w inkluzji trójfazowej w topazie

G faza gazowa, L_{CO_2} faza ciekłego CO_2 , $L_{\text{H}_2\text{O}}$ roztwór wodny soli; linią przerywaną zaznaczono kolejne położenia kropli ciekłego CO_2 , linią łamaną — schematycznie kierunki ruchów Browna

Brownian movement diagram in three-phase inclusion in topaz

G gaseous phase, L_{CO_2} liquid CO_2 phase, $L_{\text{H}_2\text{O}}$ aqueous solution of salts; dashed line signs individual positions of liquid CO_2 droplet, broken line — diagrammatical course of Brownian movements



wodnego soli (fig. 3). W przypadkach, gdy fazy gazowej było więcej niż fazy ciekłego CO_2 , wtedy ruchy Browna wykonywał jedynie pęcherzyk gazowy.

Temperatury dekrepitacji dla topazu oznaczono termogravimetrycznie na 375°C (Karwowski & Kozłowski 1972). Temperatury dekrepitacji dla kwarcu oznaczono na 340°C, zaś dla fluorytu — na 360°C.

Wstępne badania temperatur homogenizacji inkluzji (tab. 1) przeprowadzono na odlupkach bądź płytkach topazu, kwarcu, turmalinu i fluorytu. Topaz i kwarc pochodził z grejzenu kwarcowo-topazowego, turmalin ze skał turmalinowych, zaś fluoryt z grejzenu kwarcowo-topazowo-łyszczykowego. Badań temperatur homogenizacji na inkluzjach w apatyście nie przeprowadzono z powodu bardzo niewielkich ich rozmiarów.

Jak widać z zestawienia (tab. 1), większość inkluzji pierwotnych w badanych minerałach homogenizuje w podobnych zakresach temperatur. Inkluzje wtórne w kwarcu i fluorycie też homogenizują w podobnych zakresach. Inkluzje uznane za pierwotne w topazie nie dawały się zhomogenizować, gdyż na krótko przed homogenizacją dekrepitowały. Zmiany objętości faz w czasie wzrostu temperatury w inkluzjach z topazu wskazują, że homogenizacja następowałaby w fazę ciekłą, podobnie jak w innych minerałach grejzenowych.

Obserwowano też homogenizację fazy ciekłego CO₂ w inkluzjach kwarcu i topazu, jednak bez dokładnych pomiarów temperaturowych.

Tabela (Table) 1

Charakterystyka inkluzji gazowo-ciekłych w minerałach grejzenów

Minerał	Rodzaj grejzenu	Morfologia i rozmiar inkluzji / w mm/	Stosunki fazowe w 20°C	Temperatura °C, typ homogenizacji	Uwagi
Kwarc	kwarcowo-topazowy	1. izometryczne, nieprawidłowe 0,04-0,005	G/5-20)+L _{CO₂} (2-20)+L _{H₂O} (60-80)	290-330 w ciecz	
		2. nieprawidłowe, ujemne kryształy 0,01-0,005	G/5-10)+L _{H₂O} (90-95)	140-200 w ciecz	
Topaz	kwarcowo-topazowy	1. izometryczne, nieprawidłowe 0,15-0,005	G/2-30)+L _{CO₂} (5-30)+L _{H₂O} (60-80)	300-390 ciecz?	Dekrepitacja
		2. nieprawidłowe 0,10-0,005	G/10-30)+L _{H₂O} (70-90)	250-290 w ciecz	
Fluoryt	kwarcowo-topazowo-łyszczykowy	1. negatywne sześciokątne, nieprawidłowe 0,20-0,005	G/15-30)+L _{H₂O} (70-85)	240-320 w ciecz	Dekrepitacja w 360°C
		2. na szczelinkach, izometryczne 0,10-0,01	G/5-10)+L _{H₂O} (90-95)	130-160 w ciecz	
Turmalin	skały turmalinowe	wydłużone, 0,10-0,01	G/10-20)+L _{CO₂} (5-10)+L _{H₂O} (65-85)	250-320 w ciecz	

Characteristics of gaseous-liquid inclusions in greisen minerals

G — faza gazowa, L_{CO₂} — faza ciekłego dwutlenku węgla, L_{H₂O} — roztwór wodny soli

G — gaseous phase, L_{CO₂} — liquid CO₂ phase, L_{H₂O} — aqueous solution of salts

Ciekły dwutlenek węgla homogenizuje w różnych temperaturach w zależności od stosunku fazy gazowej do objętości fazy ciekłego CO₂. W przypadkach, gdy faza gazowa stanowi kilka procent, homogenizacja następuje w fazę ciekłego CO₂ przy niewielkim wzroście temperatury rzędu kilku do kilkunastu stopni. Homogenizacja fazy ciekłego CO₂ w fazę gazową następuje wtedy, gdy faza ciekła stanowi znikomy procent w stosunku do fazy gazowej.

INTERPRETACJA WYNIKÓW

Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że grejzeny występują w wąskiej, zbliżonej do równoleżnikowej, strefie, równoległej do innych struktur geologicznych Pogórza Izerskiego. Strefa ta ciągnie się od okolic Mładza na wschodzie poprzez Kamień i do okolic Pobiednej na zachodzie, na przestrzeni około 10 kilometrów. Grejzeny tej strefy związane są ze strefą łupkową Kotliny Mirskiej, która ekranowała silne procesy metasomatyczne (Pawłowska 1968), powodujące w pierwszych stadiach albityzację i mikroklinizację, w wyniku których powstały leukogranity. Procesy te w następnych stadiach spowodowały grejzenizację i w końcu — ponowną albityzację i mikroklinizację (Heflik 1964, Pawłowska 1968).

Rodzaj skał, które były materiałem wyjściowym grejzenów, jest trudny do ustalenia. Nieliczne relikty skaleni nie definiują ich jednoznacznie, podobnie jak występowanie muskowitu zdeformowanego i post-deformacyjnego, grejzenowego. W wielu miejscach zgrejzenizowane są także skały typu leukogranitu.

Autor napotkał wielokrotnie skały jasne, pozbawione skaleni, lecz makroskopowo przypominające gnejsy (Karwowski 1972). Skały te charakteryzują się obecnością niebieskosiniego kwarcu, występującego w postaci dużych (do 2 cm), okrągłych blastów. Takie kwarcie niebieskie znane są autorowi z bardzo wielu wystąpień na Pogórzu Izerskim, m. in. z leukogranitów, gnejsów jak i granitów rumburskich. Obecność ich w grejzenach, oraz istnienie ogniów pośrednich między tymi ostatnimi skałami i gnejsami świadczą, że grejzenizacji ulegały gnejsy.

Kwarcie niebieskie posiadają wewnątrz swoistą pasowość, ujawniającą się w przekrojach jako koncentryczne, często o pokroju sześciokątów, strefy zmętnień (fig. 4). Obecność tych stref spowodowana jest obecnością dużej ilości bardzo drobnych (rzędu dziesiątych części mikrometra) igielek, prawdopodobnie rutylu. W błacie niebieskiego kwarcu może istnieć kilka niezależnych od siebie ośrodków stref. Oprócz minerału igielkowego spotyka się często w tym kwarcu wzrostki cyrkonu. Kwarcie niebieskie w grejzenach są często splekane, a w zabliźnionych splekaniach tworzą się inkluzje podobne do obserwowanych w młodszym kwarcu grejzenowym. W inkluzjach zawartych w szczelinach obserwuje się też

drobne blaszki łyszczyku, podobnie jak w inkluzjach kwarcu grejzenowego (fig. 5). W grejzenach kwarcowo-topazowo-łyszczykowych kwarcie niebieskie zanikają i tylko z rzadka spotyka się ich relikty.

Na tej podstawie można sądzić, że materiałem wyjściowym grejzenów były gnejsy, które prawdopodobnie również były materiałem wyjściowym leukogranitów.

Temperatury homogenizacji inkluzji z niektórych rodzajów grejzenów wskazują, że proces grejzenizacji zachodził w granicach około 300—350° C, co pokrywa się z wynikami uzyskanymi przez innych badaczy (Kalyuzhny & al. 1971). Homogenizacje inkluzji wtórnych świadczą, że oddziaływanie roztworów na utworzone już grejzeny nie zakończyło się po krystalizacji głównych minerałów. W temperaturach 130—200° C roztwory były bowiem jeszcze zdolne do zasklepiania szczelin i spękań. O późniejszym działaniu roztworów hydrotermalnych świadczy też silna serycytyzacja niektórych partii grejzenów, jak i występowanie najpóźniejszych generacji ciemnofioletowego fluorytu wypełniającego szczeliny (Karwowski 1972).

Charakter wypełnienia inkluzji wskazuje na duży udział dwutlenku węgla w procesie grejzenizacji, podobnie jak i w procesach powstawania

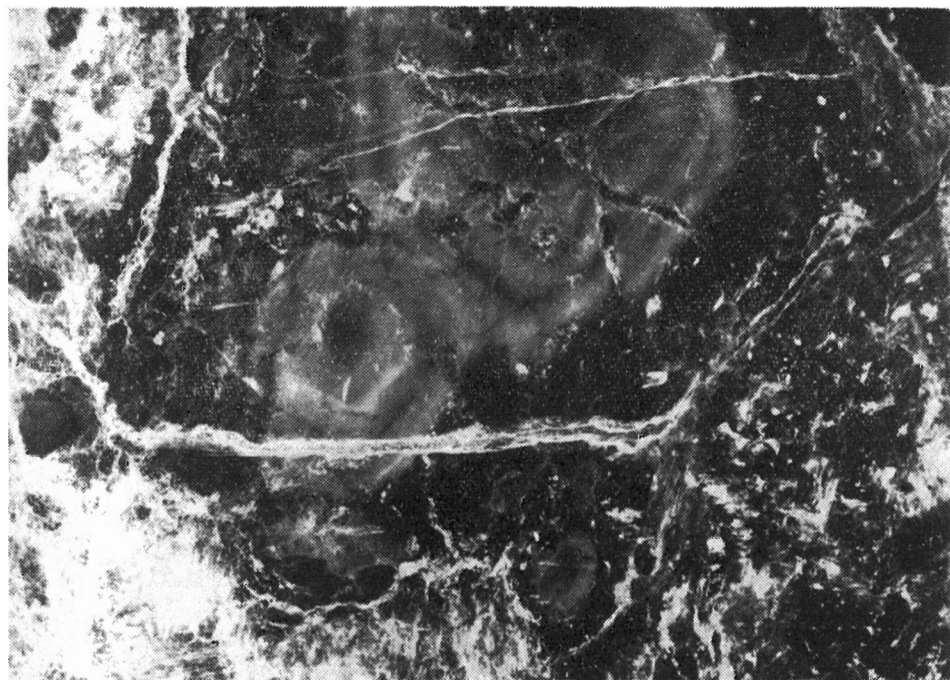


Fig. 4

Fragment blastu niebieskiego kwarcu z grejzenu; widoczne trzy ośrodki pasowości (× 8)

Part of blue quartz grain from greisen; three centres of zonation are visible (× 8)

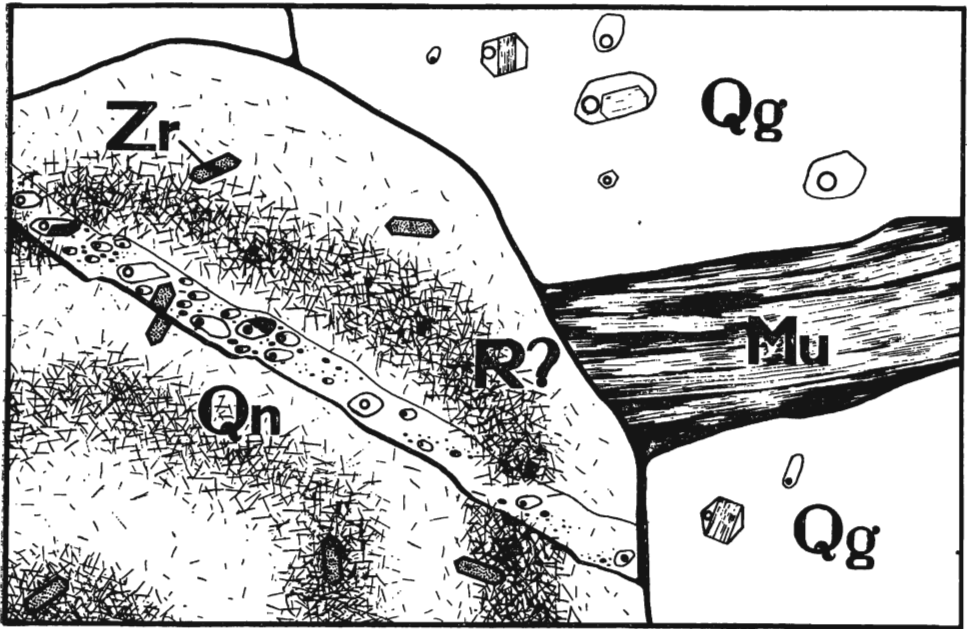


Fig. 5

Stosunek relikтового kwarcu niebieskiego (*Qn*) do minerałów grejzenowych: kwarcu (*Qg*) i muskowitu (*Mu*). W obrębie kwarcu: *Zr* cyrkon, *R* ?rutyl

Relationship between relict blue quartz (*Qn*) and greisen minerals: quartz (*Qg*), muscovite (*Mu*). Within quartz: *Zr* zircon, *R* ?rutile

leukogranitów, których minerały zawierają inkluzje o dużym procencie CO_2 (obserwacja własna).

Prawdopodobnie dużą rolę w procesach grejzenizacji odegrały obok F, B i Cl, metale alkaliczne, głównie Na i K. Stężenia soli w macierzystych roztworach grejzenów rzadko przekraczały 26,5% w przeliczeniu na równoważnik NaCl, ponieważ niezbyt często obserwowano kryształki halitu w inkluzjach.

Proces grejzenizacji jest związany ściśle z powstawaniem leukogranitów, a właściwie jest tylko częścią ogólnego procesu metasomatozy na Pogórzu Izerskim. Proces grejzenizacji zachodził prawdopodobnie przy udziale wysokich ciśnień, o czym może świadczyć obecność w inkluzjach dużej ilości ciekłego dwutlenku węgla w warunkach normalnych. Homogenizacja inkluzji w fazie ciekłe świadczy, że proces ten zachodził pod wpływem roztworów hydrotermalnych, a nie pneumatolitów.

LITERATURA CYTOWANA

- BERG G. 1925. Geologische Karte von Preussen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000, Bl. Wigandsthal — Tafelfichte. Berlin.
- & AHRENS W. 1925. *Ibidem*: Bl. Friedeberg am Queiss.
- BUDKIEWICZ M. 1949. Skała kwarcowo-topazowa z Kamienia na Dolnym Śląsku. — Biul. PIG (Bull. Serv. Géol. Pol.) 58. Warszawa.
- 1971. Złoże kaolinu z Kamienia koło Mirska (Kaolin deposit at Kamień, near Mirsk). — *Kwartalnik Geol.*, vol. 15, no. 2. Warszawa.
- DASHDAVAA S. 1970. O turmaline iz khrustalenykh pegmatitov Mongolii (On tourmaline from quartz pegmatites of Mongolia). — *Miner. Sborn. Lvov. Univ.*, vol. 24, no. 3. Lvov.
- HEFLIK W. 1960. Turmaliny z żyły kwarcowo-topazowej z Kamienia koło Mirska na Dolnym Śląsku (Turmalines from a quartz-topase vein at Kamień near Mirsko, Lower Silesia). — *Rocz. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.)*, vol. 30, no. 3. Kraków.
- 1964. Skała skalenkowa z Kotliny, Dolny Śląsk (The feldspathic rock from Kotlina, Lower Silesia). — *Prace Geol. Komis. Nauk Geol. PAN*, no. 23. Warszawa.
- KALYUZHNY V. A. 1960. Metodi vivchenia bogatofazovikh vkluchen u mineralakh. Kii'v.
- , VOZNAK D. K., GIGASHVILI G. M., KALUZHNA K. M., KOVALISHIN Z. I., LAZARENKO O. E., BULGAKOV V. S. & SOROKIN I. G. 1971. Mineralo-utvoryuyuchi fluidi ta paragenezisi mineraliv pegmatitiv zanoryshevogo tipu Ukraini (ridki vkluchenia, termobarometria, geokhimiya). Kii'v.
- KARWOWSKI Ł. 1972. Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna grejzenów z Kamienia k. Mirska w Sudetach, Dolny Śląsk (Mineralogical-petrological characteristics of greisen from Kamień near Mirsk, Sudety Mts, Lower Silesia). — *Biul. Geol. Uniw. Warsz.*, vol. 14. Warszawa.
- & KOZŁOWSKI A. 1971a. Brownian movements in gaseous-liquid micro-inclusions in minerals. — *Bull. Acad. Pol. Sci., Sér. Sci. de la Terre*, vol. 19, no. 4. Varsovie.
- & — 1971b. Investigation of inclusions in minerals by means of their calcination. — *Ibidem*.
- & — 1972. Thermogravimetric method of determination of decrepitation temperature. — *Ibidem*, vol. 20, no. 1.
- KOZŁOWSKA M. 1956. Grejzeny z Kamienia koło Mirska w Sudetach (On the greisen rocks from Kamień near Mirsk, Western Sudeten, Poland). — *Arch. Miner.*, vol. 19, no. 1. Warszawa.
- OBERC J. 1965. Stanowisko tektoniczne granitu Karkonoszy (The tectonic position of the Karkonosze granite). — *Biul. Inst. Geol.* 191. Warszawa.
- PAWŁOWSKA J. 1966. Koncentracja fluoru i przejawy grejzenizacji w metamorfiku Pogórza Izerskiego (Fluorine concentration and symptoms of greisenization in the metamorphic of the Izero Highland). — *Ibidem*, 201.
- 1967. Wkładki gnejsowo-lupkowe oraz inne skały żyłowe w obrębie wychodni leukogranitów w Kopańcu, Góry Izerskie (Gneiss-schist intercalations and other vein rocks within leucogranite outcrops at Kopaniec, Izero Mts). — *Kwartalnik Geol.*, vol. 11, no. 3. Warszawa.
- 1968. Leukogranity Pogórza Izerskiego jako źródło surowca skalenkowego (The leucogranites of the Pogórze Izerskie Highlands as a source of feldspar for industrial purposes). — *Biul. Inst. Geol.* 223. Warszawa.
- ROEDDER E. 1967. Fluid inclusions as the relicts of the ore-forming fluids. In: *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. New York.

- RUNDKVIST D. W., DENISENKO B. K. & PAVLOVA I. G. 1971. Greizenovye mestorozhdeniya. Moskva.
- SMULIKOWSKI K. 1958. Łupki mikowe i granitognejsy na północnych zboczach Pasma Kamienieckiego w Sudetach Zachodnich (Mica-schists and granite-gneisses of the Kamienica mountain-chain in West Sudeten). — Biul. Inst. Geol. 127. Warszawa.
- WIESER T. 1956. Petrofabric analysis of topaz greisen from the Iser Mountains (Poland). — Arch. Miner., vol. 19, no. 1. Warszawa.

SUMMARY

ABSTRACT: The results of field observations and investigations of physico-chemical conditions of the greisen formation in the Iżera Upland are presented. Microscopic studies and investigations of temperatures of homogenization of the fluid inclusions in greisen minerals reveal that the greisenization processes proceeded at a temperature range from 300 to 350°C, probably in the presence of a significant amount of such components as B, F and Cl, and besides a large amount of CO₂, the latter occurring as individual liquid in multiphase fluid inclusions. The greisenization process was a part of general metasomatosis developed regionally in the Iżera Upland.

INTRODUCTION

The investigated greisen formation occurs in the Iżera Upland, being a part of the northern metamorphic cover of the Variscan Karkonosze intrusion. Metamorphic series of the Iżera Upland are built of gneisses, granite-gneisses and quartz-mica schists. The latter occur in four parallel zones, and metasomatic leucogranites developed in their contact with gneisses.

Within the schist zone of the Mirsk Valley, the greisen rocks are connected with, a hitherto known outcrop of Martwy Kamień (Fig. 1) is the most important one. Generally it may be said (cf. Fig. 1) that southward of the greisens there occurs a schist-amphibolite supracrustal series. To the north, greisens are passing progressively into leucogranites. The thickness of the greisen series reaches some tens up to 100 metres.

During the earlier investigations greisens were observed in the area between the Kwisa River and the Mładz forests (cf. Fig. 1). To the west of the Kwisa River, the greisens are covered with Quaternary sediments. The only remnant of the outcrops are the detached blocks that occur along a parallel zone some hundred metres wide.

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL CHARACTERISTICS

Greisen rocks of the Mładz-Kamień-Pobiedna zone (cf. Fig. 1) are fine- to coarse-grained. Usually there occurs the quartz-topaz variety of greisen (Pl. 1, Fig. 1), while rocks consisting only of topaz are more rare (Pl. 1, Fig. 2). In these rocks the

crystals of zoned topaz are frequent. Moreover, the quartz-muscovite-topaz variety of greisen is fairly common (Pl. 2, Fig. 1). Zircon, apatite and cassiterite are present as accessory minerals.

The quartz-mica greisen is very common. Besides the typical greisen quartz, it contains here another generation of quartz represented by 1—2 cm gray-bluish zoned grains, probably the relicts of gneisses, the parent rocks of greisens.

Sometimes in greisens there occur quartz veins and small mica-rich zones. All the greisen varieties are accompanied by fine crystals of fluorite filling small cracks and fractures.

Zones with tourmaline or monomineral tourmaline rocks were observed along the whole greisen zone, but they occur irregularly. Tourmalines are zoned (Pl. 2, Fig. 2; Pl. 3, Fig. 1) or with radiate-sector structure (Pl. 3, Fig. 2). In these rocks apatite is a common mineral. In quartz-topaz and quartz-mica greisens apatite forms individual small grains (Pl. 4, Fig. 1), but in tourmaline rocks the apatite content reaches several per cents (Pl. 4, Fig. 2).

INCLUSIONS OF MINERAL-FORMING FLUIDS

Relicts of parent fluids (Fig. 2) trapped in minerals as fluid inclusions may indicate the conditions of origin and changes of host minerals. Fluid inclusions in quartz, topaz, tourmaline, fluorite and apatite have been investigated.

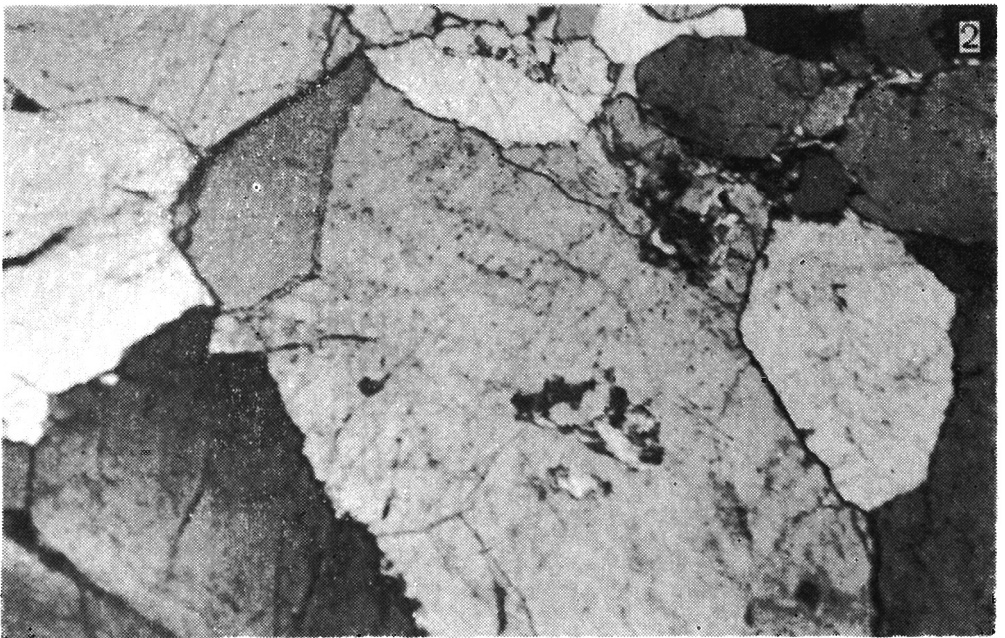
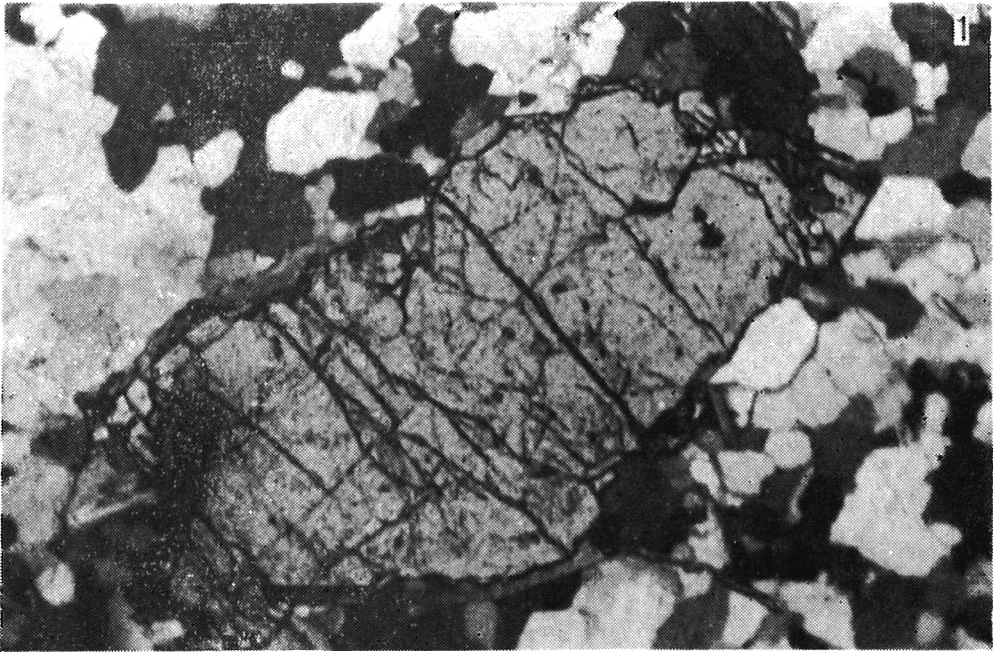
Quartz contains several types of inclusions: primary (Pl. 5, Figs 1—5), often three-phased, which bear an aqueous solution of salts, liquid CO_2 , gaseous bubble, and rarely an additional crystal phase, probably halite. Numerous inclusions in quartz contain, besides a salt aqueous solution and a gas bubble, a crystal of mica (Pl. 5, Figs 6—8). Similar properties of phases in the two phased gaseous-liquid inclusions (Pl. 5, Figs 9—11) and in those bearing mica, reliably suggest that both kinds of inclusions belong to the same generation. The secondary gaseous-liquid or liquid inclusions are the last generation (Pl. 5, Fig. 12).

Inclusions in topaz are similar to those in quartz. These are three-phased, liquid CO_2 -bearing inclusions (Pl. 5, Figs 13—15 and 19) or two-phased (salt aqueous solution + gaseous phase or salt aqueous solution + liquid CO_2 phase; cf. Pl. 5, Figs 16—18). The latest generation consists of fine gaseous-liquid inclusions which bear an insignificant amount of the gaseous phase (Pl. 5, Fig. 20). Inclusions in tourmaline differ only in morphology (Pl. 6, Figs 1—7).

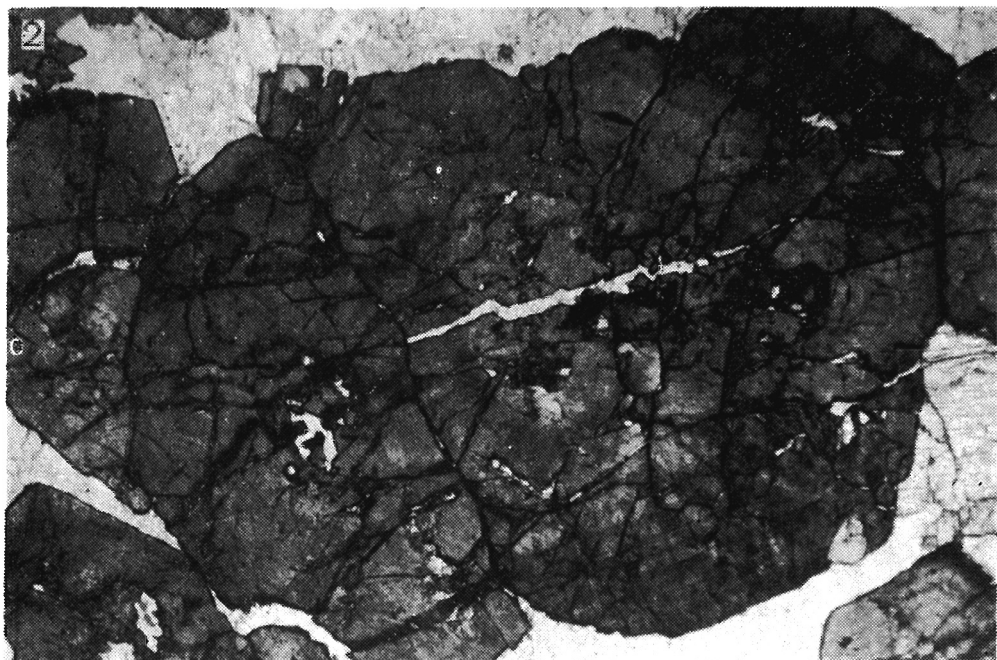
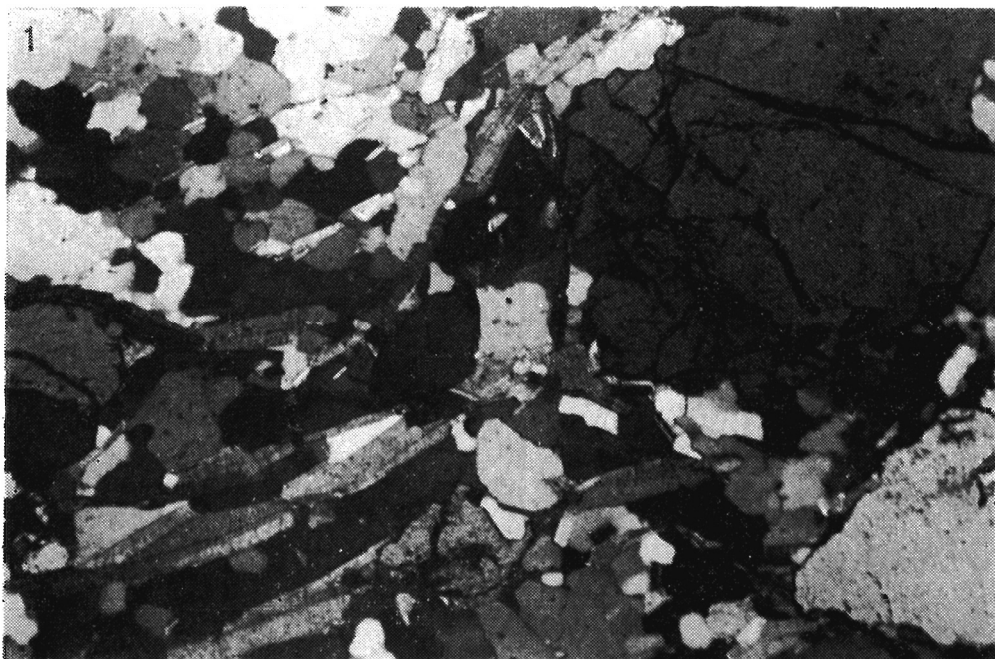
Two generations of inclusions occur in fluorite: primary and early secondary (Pl. 6, Figs 8—9), and secondary (Pl. 6, Figs 10—13). In apatite, the inclusions are of small size, usually elongated and arranged along the cleavage planes; sometimes there bear liquid CO_2 (Pl. 6, Figs 14—16).

In all the investigated inclusions one may observe the Brownian movements. The course of these movements in three-phase inclusions with liquid CO_2 (Fig. 3) is especially interesting.

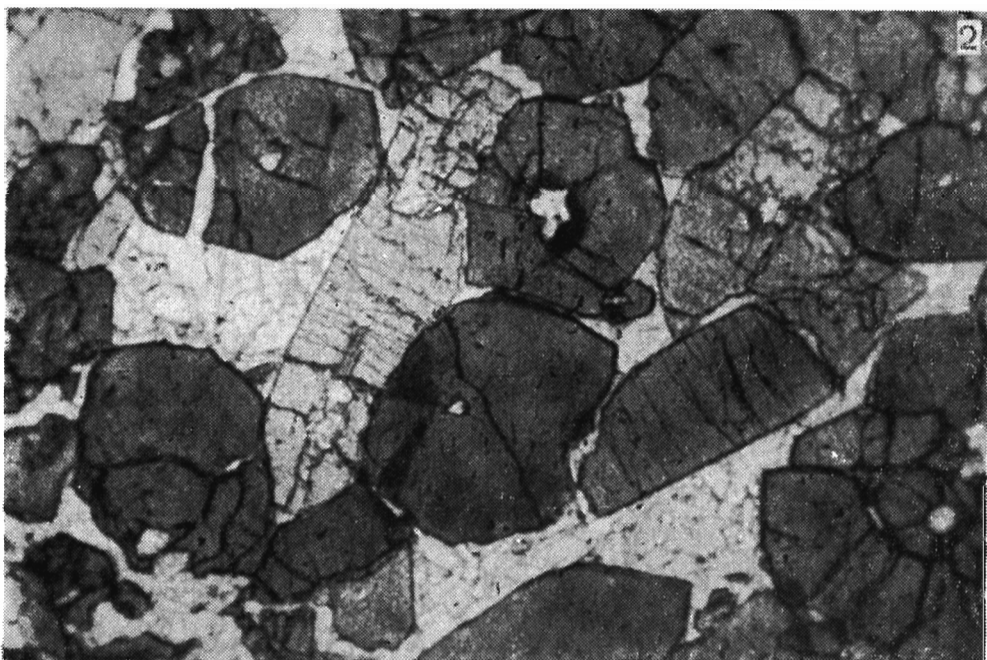
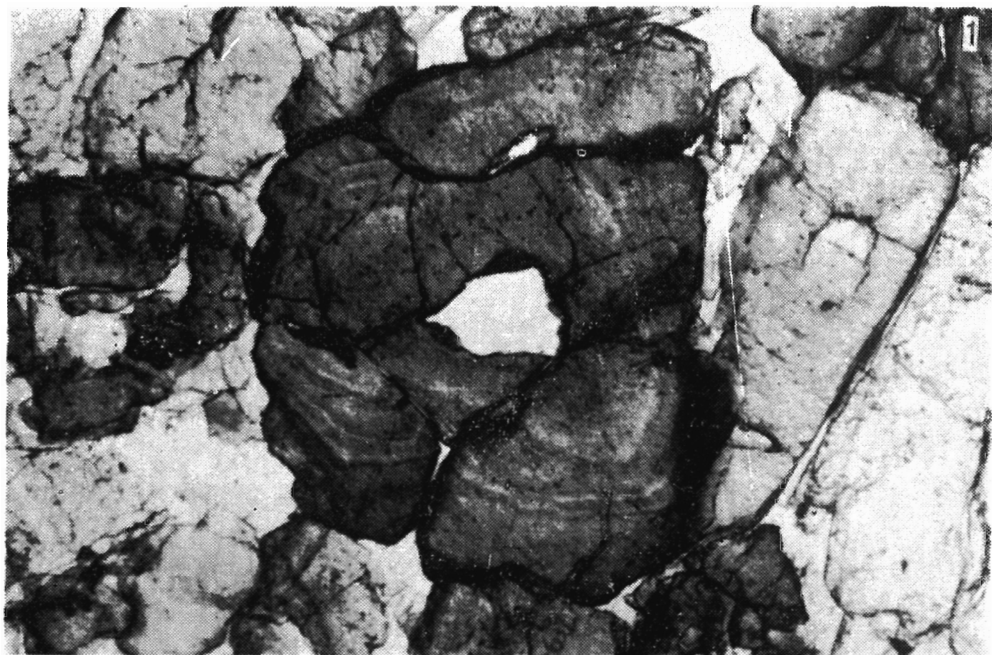
Investigations of decrepitation and homogenization temperatures were performed in topaz, quartz, fluorite and tourmaline. The decrepitation temperature of topaz was ascertained as c. 375°C, of quartz — c. 340°C, and fluorite — c. 300°C (for results of temperature studies see Table 1). The majority of primary inclusions in the investigated minerals homogenizes at similar ranges of temperature, likewise as individual generations of the secondary inclusions.



- 1 — Pojedyncze spękanne ziarno topazu z grejzenu kwarcowo-topazowego, ubogiego w topaz; nikole skrzyżowane, $\times 60$.
Individual cracked grain of topaz from quartz-topaz greisen; nicols crossed, $\times 60$.
- 2 — Grejzen kwarcowo-topazowy z przewagą topazu; nikole skrzyżowane, $\times 40$.
Quartz-topaz greisen with predominance of topaz; nicols crossed, $\times 40$.



- 1 — Grejzen kwarcowo-topazowo-lyszczykowy; nikole skrzyżowane, $\times 40$.
 Quartz-topaz-mica greisen; nicols crossed, $\times 40$.
- 2 — Spękany turmalin o budowie pasowej z grejzenu z turmalinami, $\times 40$.
 Cracked zonated tourmaline from tourmaline-bearing greisen. $\times 40$.

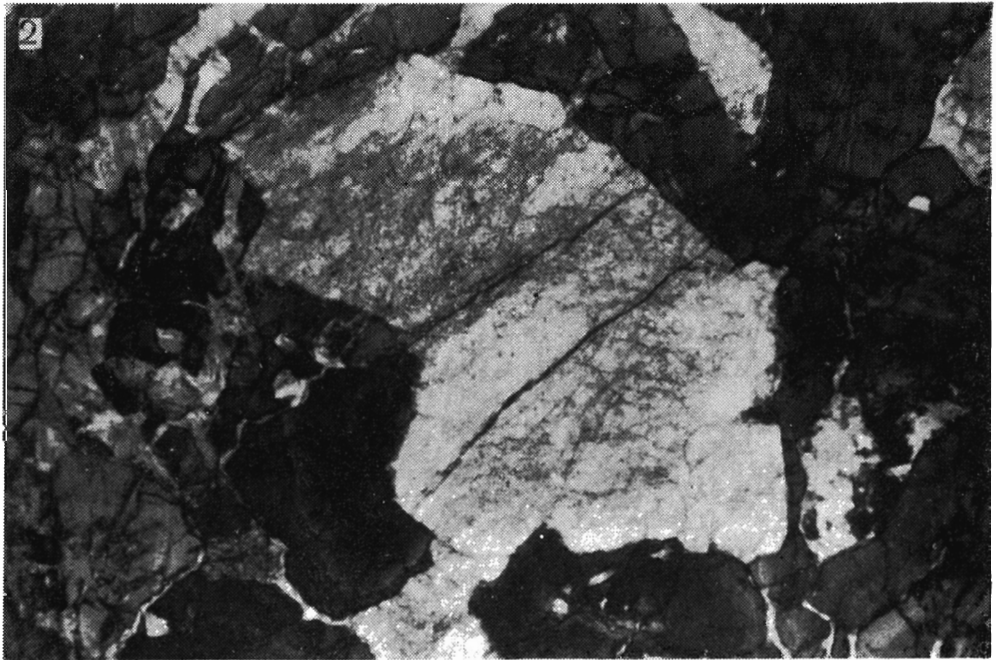
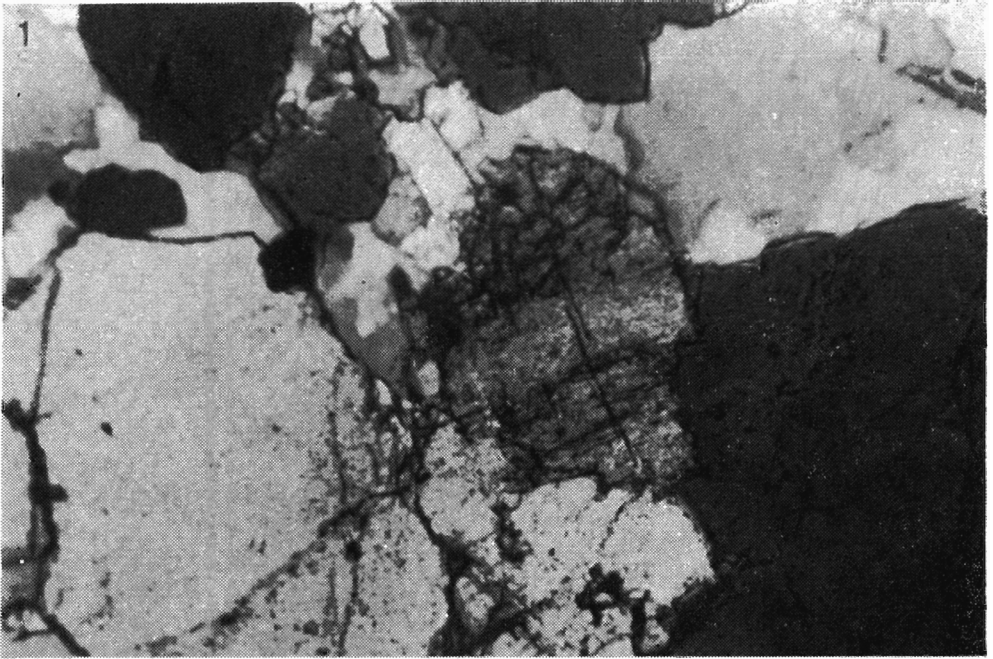


1 — Turmalin o budowie pasowej ze skały turmalinowej, $\times 40$.

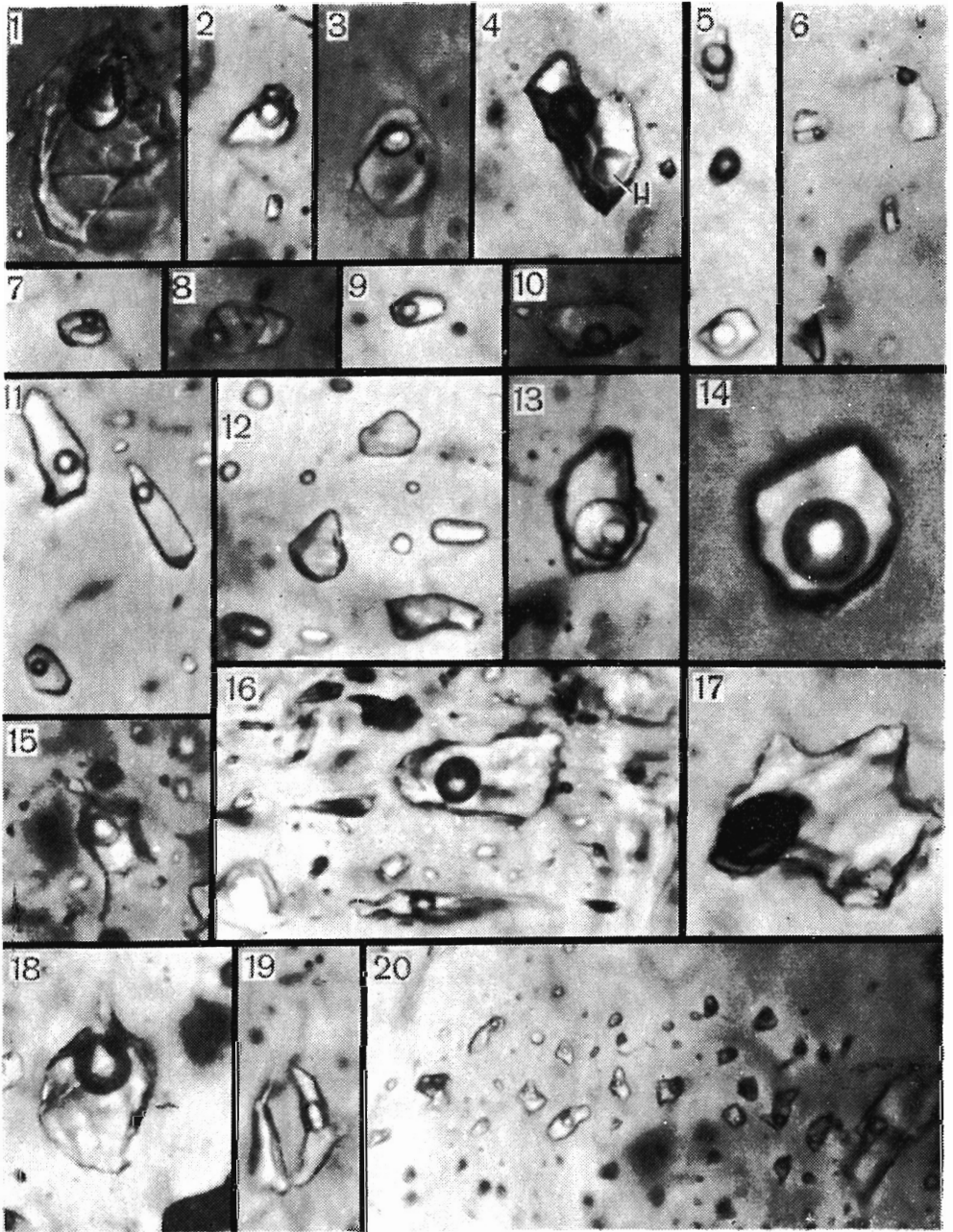
Zonated tourmaline from tourmaline rock, $\times 40$.

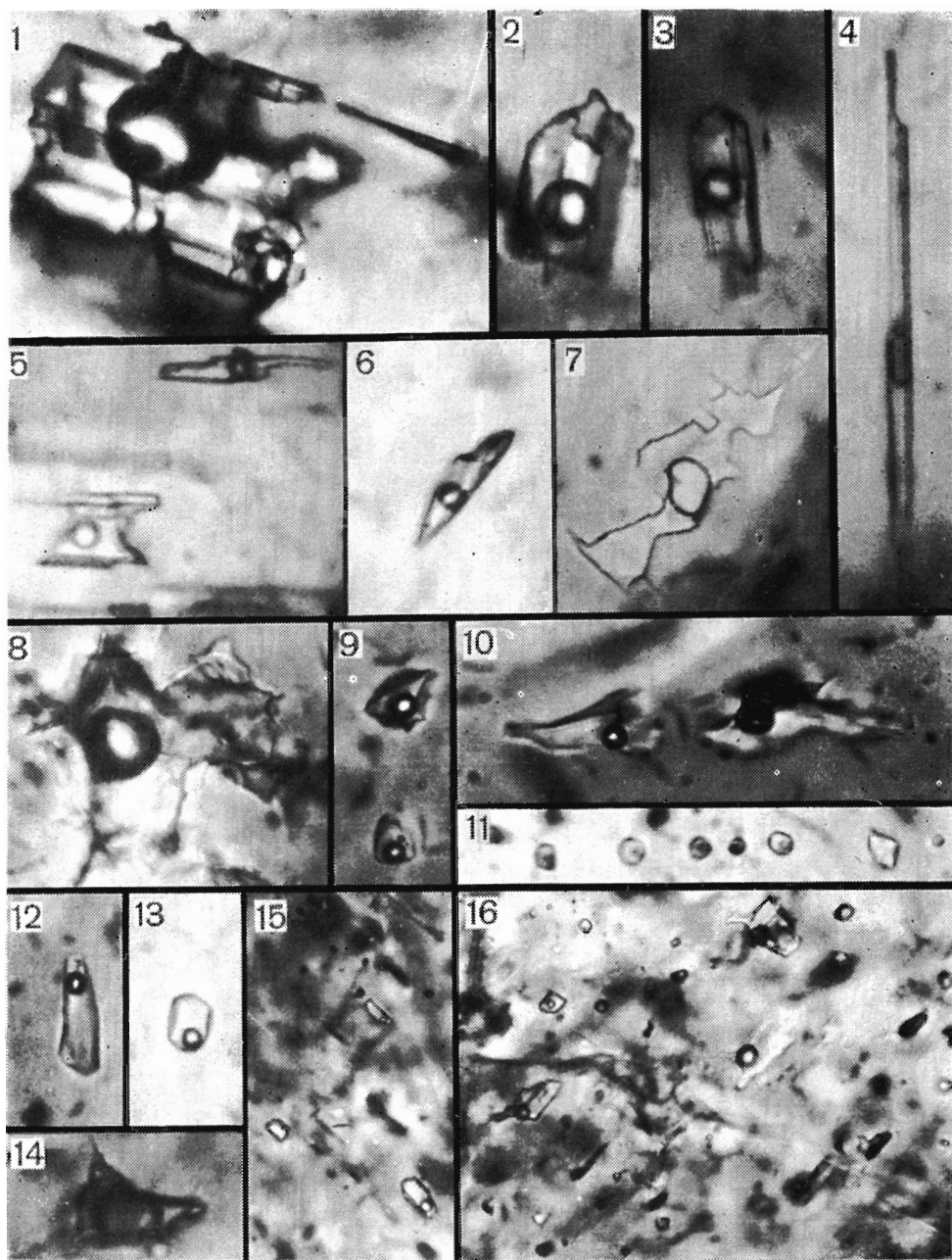
2 — Skała turmalinowa, przestrzenie między ziarnami turmalinu wypełnione serycytem; w środkowym ziarnie turmalinu widoczna budowa sektorowa ($\times 30$).

Tourmaline rock, interstices between tourmaline grains filled with sericite; sector structure visible in the central tourmaline grain ($\times 30$).



- 1 — Spękane ziarno apatyty tkwiące w grejzenie kwarcowo-topazowym; nikole skrzyżowane, $\times 60$.
 Cracked apatite grain occurring in quartz-topaz greisen; nicols crossed, $\times 60$.
- 2 — Apatyt w skale turmalinowej; nikole skośne. $\times 40$.
 Apatite in tourmaline rock; nicols oblique, $\times 40$.





PL. 5

Inkluzje w kwarcu

1-3 — trójfazowe z fazą ciekłego CO₂, 4 — trójfazowa z kryształkiem halitu (H), 5 — gazowo-ciekłe lub zawierające dwie fazy ciekłe: CO₂ i roztwór wodny soli, 6-8 — zawierające blaszki muskowitu obok gazu i cieczy, 9-11 — gazowo-ciekłe, 12 — ciekłe

Inkluzje w topazie

13-15 — trójfazowe z fazą ciekłego CO₂, 16-18 — dwufazowe gazowo-ciekłe lub zawierające dwie fazy ciekłe: CO₂ i roztwór wodny soli, 19 — trójfazowa o rozbudowanej morfologii z fazą ciekłego CO₂, 20 — na szczelince, gazowo-ciekłe

Wszystkie figury w powiększeniu ok. × 5000

Inclusions in quartz

1-3 — three-phase, bearing CO₂; 4 — three-phase, bearing halite crystal (H); 5 — gaseous-liquid or bearing two liquid phases (CO₂ and aqueous solution); 6-8 — containing gas, liquid and muscovite flakes; 9-11 — gaseous-liquid; 12 — liquid

Inclusions in topaz

13-15 — three-phase, bearing CO₂; 16-18 — two-phase gaseous-liquid or bearing two liquid phases (CO₂ and aqueous solution); 19 — three-phase with diversified morphology, bearing CO₂; 20 — gaseous-liquid in the healed fracture

All inclusions taken c. × 5,000

PL. 6

Inkluzje w turmalinie

1-5 — pierwotne, wydłużone, trójfazowe, zawierające fazę ciekłego CO₂ oraz gazową, niewidoczną na zdjęciach; 6 — wtórna, gazowo-ciekła; 7 — wtórna, płaska, gazowo-ciekła

Inkluzje we fluorycie

8 — wtórna wczesnej generacji, o urozmaiconej morfologii, gazowo-ciekła; 9 — pierwotne gazowo-ciekłe; 10, 12 i 13 — wtórne o mniejszym udziale fazy gazowej; 11 — wtórne na szczelince

Inkluzje w apatycie

14 — pojedyncza, gazowo-ciekła, wydłużona; 15-16 — gazowo-ciekłe, ułożone zgodnie z łupliwośćią apatyty

Wszystkie figury w powiększeniu ok. × 5000

Inclusions in tourmaline

1-5 — primary, elongated three-phase containing, liquid CO₂ (gaseous bubble invisible on micrograph); 6 — secondary, gaseous-liquid; 7 — secondary, flattened, gaseous-liquid

Inclusions in fluorite

8 — secondary of early generation with diversified morphology, gaseous-liquid; 9 primary, gaseous-liquid; 10, 12 and 13 — secondary with minor amount of gas; 11 — secondary in the healed fracture

Inclusions in apatite

14 — single, gaseous-liquid, elongated; 15-16 — gaseous-liquid, distributed in accordance with apatite cleavage

All inclusions taken c. × 5,000

DISCUSSION

On the basis of performed studies one may conclude that greisens occur in a narrow zone parallel to other geological structures of the Izera Upland. The schist zone shielded the metasomatic processes resulting in leucogranite, and in latter stages — greisen origin. Gneisses were probably the parent material of metasomatized rocks. Relicts of blue zoned gneiss-quartz in leucogranites and greisens may testify such an assumption (Fig. 4). That quartz is usually cracked in greisens and in the healed fractures there formed inclusions similar to those observed in the younger greisen quartz (Fig. 5).

Homogenization temperatures of fluid inclusions in greisen minerals testify the greisenization temperature ranges 300—350°C, and show that mineralizing fluids down to temperatures 200—130°C could heal the cracks and fractures in various minerals. Inclusion fillings point to a significant participation of CO₂ during the greisenization and leucocratization processes. Moreover, the presence of F, B, Cl and alkaline metals (Na and K) was an important factor of greisenization. Salt concentrations in parent solutions were rarely higher than 26.5% (of NaCl equivalent), as evidenced by fairly rare NaCl crystals in fluid inclusions.

The greisenization process was connected with the formation of leucogranites, and actually it was a part of the general metasomatoses process of the Izera Upland. These processes probably took place under high pressure, as evidenced by the occurrence of a major amount of liquid CO₂ in fluid inclusions at room temperature. Homogenization of inclusions reaching the liquid phase proves that greisenization was a result of the activity of hydrothermal solutions.

*Institute of Geochemistry, Mineralogy and Petrography
of the Warsaw University
Warszawa 22, Al. Żwirki i Wigury 93
Warsaw, September 1972*
