

Włodzimierz KOWALSKI, Zofia MAZUREK, Adam MAZUREK

## Geochemiczno-mineralogiczna charakterystyka marmurów dolomitowych ze złoża Rędziny

### WSTĘP

Celem opracowania jest charakterystyka geochemiczno-mineralogiczna marmurów dolomitowych ze złoża Rędziny koło Kamiennej Góry w Rudawach Janowickich. Dotychczasowe opracowania z tego zakresu są nieliczne i sprowadzają się głównie do ustalenia różnych odmian dolomitów, ich przestrzennego rozmieszczenia oraz technologicznej charakterystyki surowca.

Dolomity rędzińskie są eksploatowane dla różnych celów gospodarki narodowej. Produkowane są mączki dolomitowe dla potrzeb przemysłu szklarskiego, mączki i grysy dla przemysłu ceramicznego, budowlanego, chemicznego i hutniczego oraz mączki znajdujące zastosowanie w rolnictwie. Różnorodność zastosowania dolomitów stwarza konieczność bliższego poznania ich charakteru mineralogiczno-geochemicznego, co jest niezbędne dla bardziej racjonalnej i ukierunkowanej eksploatacji surowca.

Badania terenowe marmurów dolomitowych przeprowadzono w 1972 r. Zapoznano się z głównymi odmianami dolomitów i ich przestrzennym rozmieszczeniem. Szczegółowe prace laboratoryjne obejmowały obserwacje mikroskopowe skał i minerałów w świetle przechodzącym i odbitym, badania za pomocą metod rentgenowskich i termicznej analizy różnicowej zarówno głównego składnika surowca dolomitowego, jak i rzadszych minerałów występujących w złożu. W uzupełnieniu przeprowadzono szczegółowe badania geochemiczne niektórych pierwiastków śladowych i rzadziej występujących w skałach i minerałach złoża.

### BUDOWA GEOLOGICZNA ZŁOŻA MARMURÓW DOLOMITOWYCH W RĘDZINACH

Rudawy Janowickie wraz z ich południowym przedłużeniem zwanym Lasockim Grzbietem stanowią fragment zespołu skał metamorficznych kompleksu karkonosko-izerskiego, otaczający od wschodu późnowarys-

cyjski, granitoidowy masyw Karkonoszy. J. H. Teisseyre (1971) w schemacie litologiczno-stratygraficznym wyróżnia tu (fig. 1):

1. Jednostkę Rudaw Janowickich, złożoną z formacji: wulkanitów z Leszczyńca (produkty metamorfizmu skał wulkanicznych, piroklasty-

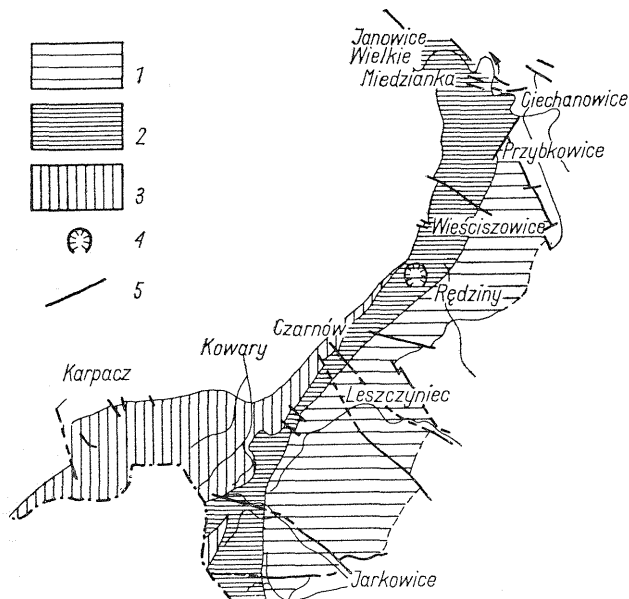


Fig. 1. Schemat litologiczno-stratygraficzny — kompleks skał metamorficznych Rudaw Janowickich i Lasockiego Grzbietu wg J. H. Teisseyra (1971)

Lithological and stratigraphic schema — complex of metamorphic rocks of Rudawy Janowickie and Lasocki Grzbiet according to J. H. Teisseyre (1971)

1 — formacja wulkaniczna z Leszczyńca; 2 — formacja łupkowa z Czarnowa; 3 — jednostka gnejsów Kowar; 4 — kamieniołom w Rędzinach; 5 — główne uskoki

1 — volcanic formation from Leszczyńiec; 2 — schist formation from Czarnów; 3 — gneiss unit from Kowary; 4 — quarry at Rędziny; 5 — main faults

cznych i żyłowych) i łupków z Czarnowa (produkty metamorfizmu skał osadowych klastycznych i węglanowych wieku górnoordowickiego oraz dolno- i środkowosylurskiego).

2. Jednostkę gnejsów Kowar, cechujących się silnym stopniem rekryystalizacji. Wiek tego dość jednorodnego zespołu gnejsów i granitognejsów określany jest na przedordowicki. W kompleksie tym wyróżnia się dodatkowo formację rudonośną z Podgórze.

Formacja łupkowa z Czarnowa, w obrębie której znajduje się złożo Rędziny, składa się według J. H. Teisseyra (1971, 1973) z następujących ogniw litologicznych (fig. 2):

I — dolnych łupków łyszczykowych z wkładkami łupków grafitowych oraz łyszczykowo-węglanowych o ciemnym zabarwieniu;

II — dolnych amfibolitów smużystych z soczewkami marmurów i częstymi wkładkami skał wapienno-krzemianowych (erlany); marmury w północnej części okrywy mają charakter dolomitowy, natomiast w kierunku południowym przechodzą stopniowo w marmury kalcytowe;

III — górnych łupków łyszczykowych z leptynitami, charakteryzujących się szarą barwą oraz dużą zawartością kwarcu;

IV — górnych amfibolitów smużystych zbudowanych z czarnych lamin złożonych z hornblendy oraz lamin zielonych, bogatych w krzemiany wapnia.

Marmury dolomitowe Rudaw Janowickich są efektem wieloetapowego metamorfizmu pierwotnych osadów dolomitowych (J. H. Teisseyre,

Fig. 2. Profil formacji łupkowej z Czarnowa wg J. H. Teisseyra (1971)

Section of schistose formation from Czarnów according to J. H. Teisseyre (1971)

I — dolne łupki łyszczykowe z wkładkami łupków grafitowych; II — dolne amfibolity smużyste z wkładkami marmurów; III — górne łupki łyszczykowe z leptynitami; IV — górne amfibolity smużyste; 1 — leptynity; 2 — amfibolity smużyste; 3 — skały wapienno-krzemianowe; 4 — marmury; 5 — łupki łyszczykowo-węglanowe; 6 — łupki łyszczykowe; 7 — łupki grafitowe; 8 — kwarcyty grafitowe

I — lower mica schists with intercalations of graphitic slates; II — lower streaky amphibolites with intercalations of marbles; III — upper mica schists with leptinites; IV — upper streaky amphibolites; 1 — leptinite; 2 — streaky amphibolites; 3 — limy-siliceous rocks; 4 — marbles; 5 — micaceous-carbonate schists; 6 — micaceous schists; 7 — graphitic slates; 8 — graphitic quartzites

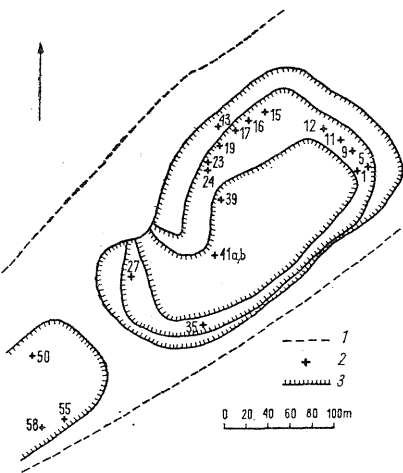
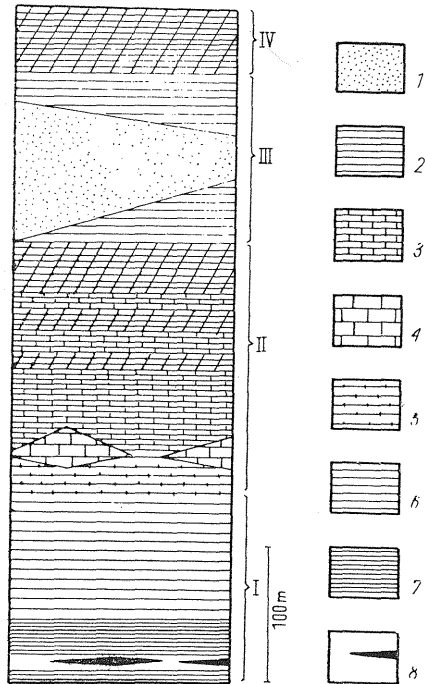


Fig. 3. Szkic głównego wyrobiska złoża marmurów dolomitowych w Rędzinach (stan lato, 1972)

Sketch map of the main excavation in the deposit of dolomitic marbles at Rędzin (summer, 1972)

1 — granica soczewki marmurów dolomitowych; 2 — miejsce pobrania i numer próbki; 3 — granica wyrobiska

1 — boundary of the lense of dolomitic marbles; 2 — showing the number of the sample and the place where it was collected; 3 — boundary of the excavation

1973). Sedymentacja tych osadów zachodziła w warunkach eugeosynklinalnych. W wyniku metamorfizmu regionalnego w strefie epi i procesów rekrytalizacji osady przeszły w marmury dolomitowe. U schyłku orogenezy waryscyjskiej tak rozwinięte skały poddane zostały progresywnemu metamorfizmowi termicznemu wywołanemu intruzją granitoidu Karkonoszy. W procesach tych zachodziły pewne, znaczne zmiany składu mineralnego. Powstały nowe minerały wapienno-krzemianowe, typowe dla facji amfibolowo-hornfelsowej, jak pirokseny z szeregu diopsyd — hedenbergit, forsteryt i granaty z szeregu grossular — andradyt. Minerale te przy dalszym rozwoju kompleksu skalnego, w miarę obniżania się temperatury, okazywały się nietrwałe i ulegały wtórnym przemianom. Objawami takich przemian jest serpentynizacja oliwinów, spowodowana m. in. przez hydrotermalne roztwory. Z działalnością tych roztworów związane są ponadto, często występujące w strefach uskokowych marmurów, impregnacje minerałami kruszcowymi: pirytem, chalkopirytem, chalkozynem, bornitem.

Soczewkowe wkładki marmurów dolomitowych ze spągu dolnych amfibolitów smużystych formacji łupkowej z Czarnowa występują m. in.

Tabela 1

**Średni skład chemiczny marmurów dolomitowych odmiany białej z Rędzin według J. Domańskiego i W. Piotrowicza (1966)**

Składnik	Zawartość w % wag.
części nierozpuszczalne	0,84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	0,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22
MnO	1,06
CaO	29,51
MgO	21,45
straty prażenia	46,39
H <sub>2</sub> O	0,15

w okolicach Miedzianki, Czarnowa i Leszczyńca. Największa jednak soczewa znana jest z kamieniołomu w Rędzinach. Złoże to ma formę wydłużoną w kierunku NNE — SSW, rozerwaną na kilka części wskutek hercyńskich ruchów górotwórczych. Soczewa ta stanowi wyniesienie morfologiczne, z którego wody spływają grawitacyjnie do rzeki Bóbr. W złożu rędzińskim partie marmurów rozdzielone są strefami łupków metamorficznych. Wcięcia łupkowe wykazują kierunek NW — SE (fig. 3).

Warstwa nadkładu nieużytecznego w złożu ma miąższość nie przekraczającą 1,5 m. W jej skład wchodzi: gleba, utwory gliniaste, rumosze dolomitowo-gliniaste oraz łupkowo-gliniaste. Pod tym nadkładem znajduje się warstwa nadkładu użytecznego, złożona ze skał cukrowatych barwy kremowobiałej lub szarej, odpowiadających zwietrzałym dolomitom o niskiej zawartości żelaza. Poniżej znajduje się złoże właściwe, nie sta-

nowiące jednolitej masy skalnej, zbudowane głównie z dolomitu. Jest to skała o strukturze średnio- i drobnoblastycznej. Dominuje dolomit czysty, barwy białej. Średni skład chemiczny tego surowca przedstawiono w tab. 1.

Prócz zasadniczej, białej odmiany występują w złożu odmiany dolomitów zielonawych, oliwkowożółtych, niebieskawoszarych, kremowych i różowych. Poszczególne odmiany dolomitów rozmieszczone są w złożu w sposób nieregularny. Zmienność zabarwienia jest wynikiem zróżnicowania mineralnego skał i występowania zanieczyszczeń. Stwierdzono, że podwyższone zawartości  $Fe_2O_3$  — powyżej 0,4% wag. — spowodowane impregnacjami tlenków żelaza nadają dolomitom barwę czerwonawą. Dolomit zielonawy charakteryzuje się znaczną zawartością krzemianów. Skupiają się one w niekształtnych masach i nieregularnych żyłkach. Są to głównie krzemiany z grupy serpentynu, piroksenów, amfiboli, pod względnie chlorytów i granatów. Na płaszczyznach spękań tych dolomitów występują często fioletowe lub czarne naloty tlenków manganu (dendryty) lub nacieki limonitowe.

W szczelinach dolomitu, w pobliżu kontaktów ze zmienionymi łupkami krystalicznymi, tkwią skupienia włóknistego sepiolitu, makroskopowo przypominające niektóre odmiany azbestów. Włókna mineralne barwy białej osiągają długość do 10 cm. Pokrywa je często szarozółty nalot tlenków żelaza i substancji ilastych.

J. Domański i W. Piotrowicz (1966) opisali w złożu w Rędzinach żyłki siarczków miedzi, głównie bornitu, o grubości do kilkunastu centymetrów. Siarczki te pokryte są często zielonawą powłoką malachitu i niebieską azurytu. Obok wyżej opisanego głównego siarczku autorzy niniejszej pracy w czasie badań terenowych, głównie w NE części kamieniołomu, napotkali drobne skupienia pirytu i chalkozynu.

Do pospolitych zjawisk w złożu należą wtórne okwarcowania marmurów. Kwarc występuje w formie nieregularnych żyłek, wyraźnie zaznaczających się na powierzchniach dolomitów silnie zwierzających.

W osłonie złoża występują łupki metamorficzne. M. Znańska (1966) określa je jako łupki kwarcowo-skaleniowe. Wykazują one struktury granoblastyczne, teksturę równoległą, spowodowaną zorientowanym ułożeniem minerałów blaszkowych i wydłużonych ziarn kwarcu.

## BADANIA MINERALOGICZNO-GEOCHEMICZNE MARMURÓW DOLOMITOWYCH ZE ZŁOŻA W RĘDZINACH

### BADANIA MIKROSKOPOWE

Przeprowadzono szczegółowe obserwacje mikroskopowe 19 próbek skał reprezentujących różne odmiany dolomitów świeżych, zwierzających, jak też zwierzających. Widoczne makroskopowo zróżnicowanie dolomitów znajduje potwierdzenie w dużej zmienności składu mineralnego tych skał.

Badane marmury wykazują struktury granoblastyczne z tendencją do idiomorficznych. Tekstura ich jest bezładna, czasem wskutek serpentynizacji równoległa.

Głównym składnikiem marmurów jest dolomit. Tworzy on dobrze wykrystalizowane granoblasty o różnej wielkości. Towarzyszący mu kalcyt, w ilościach 1 — 45% objętościowych masy skały, tworzy na ogół większe blasty i jako minerał wtórny występuje zwykle w żyłkach. Składniki te tworzą zbliżniaczenia i przerosty (tabl. I, fig. 6, 7). Rzadziej występują w formach nieregularnych, postrzępionych i zazębiających się osobników. Niekiedy w granoblastach dolomitów obserwuje się wrostki kwarcu i łyszczyków oraz narastające wokół ziarn pierwotnych obwódki regeneracyjne, o zgodnej z nimi orientacji optycznej. W obwódkach tych nie spotyka się wrostków obcych minerałów. Węglany zwykle są bezbarwne, sporadycznie tylko spotyka się jasnobezowe, które odpowiadają syderytowi.

Najpospolitszym minerałem po węglanach jest serpentyn. Występuje on w asocjacji z drobnymi blastami węglanów. Wypełnia on laminy, przez co nadaje skale teksturę kierunkową. Agregaty ksenomorficznych minerałów serpentynowych, bezbarwnych, faliście wygaszających światło, o niskiej dwójłomności i bez łupliwości można obserwować w nieregularnych żyłkach, w postaci wtórnych produktów po oliwinach i piroksenach (tabl. I, fig. 8, 9). Zgrupowane są one również w zbite, bezładne agregaty o robaczkowych, rozetkowych lub włóknistych kształtach (tabl. I, fig. 10, 11). Minerale z grupy serpentynu poddano szczegółowej identyfikacji rentgenowskiej.

W przerostach z serpentynem spotyka się drobnołuseczkowy talk, charakteryzujący się wysoką dwójłomnością (tabl. II, fig. 12 — 14). Niekiedy z minerałami serpentynowymi współwystępują łyszczyki — biotyty i muskowit. Tabliczkowe blasty łyszczyków wykazują ślady odkształceń dynamicznych. W biotycie obserwuje się następujący schemat pleochroizmu:  $\alpha$  — słomkowożółty,  $\beta = \gamma$  — jasnobrunatny.

W obrębie agregatów serpentynowo-łyszczykowych i dolomitowych stwierdzono obecność automorficznych i bezbarwnych porfiroblastów jednoskośnego piroksenu o cechach diopsydu z szeregu diopsyd — hedenbergit (tabl. II, fig. 15). Piroksen wykazuje skośne wygaszanie światła, dodatnie wydłużenie z kątem  $z/\gamma$  równym ok.  $47^\circ$ . Rzadziej spotyka się pirokseny z diallagową łupliwością według ściany 100 (tabl. I, fig. 8, 9).

W zserpentyzowanych dolomitach i w obrębie mieszanin serpentynowo-talkowych spotyka się automorficzne pręciki i igły bezbarwnego amfibolu z grupy aktynolitu. Amfibol ten tworzy promieniste agregaty o średnicy kilku centymetrów (tabl. II, fig. 16, 17). Charakteryzuje się ujemnym znakiem optycznym i kątem  $z/\gamma$  równym ok.  $15^\circ$ .

W podobnej paragenezie jak aktynolit występują grubotabliczkowe, ksenomorficzne oliwiny o składzie forsterytu. Bezbarwne blasty oliwinów cechuje wysoka dwójłomność i proste wygaszanie światła. Obserwuje się znamiona serpentynizacji oliwinów i często pseudomorfozy serpentynowe po oliwinach. Zmienionym oliwinom towarzyszą zwykle agregaty tlenków żelaza. Figury 8 i 9 ilustrują silnie zserpentyzowany oliwin tkwiący w otoczeniu blastów piroksenowych.

W obrębie mieszaniny minerałów serpentynowo-łyszczykowych występują automorficzne porfiroblasty granatów o składzie grossularu. Kwarc grupuje się w cienkich żyłkach tnących masę węglanową.

Z minerałów kruszcowych stwierdzono mikroskopowo obecność siarcz-

ków pirytu i chalkozynu oraz dodatkowo hematytu. W badanych próbkach nie udało się potwierdzić występowania bornitu, którego obecność w marmurach z Rędzin opisali J. Domański i W. Piotrowicz (1966).

#### BADANIA SKŁADU FAZOWEGO ZA POMOCĄ METOD RENTGENOWSKICH I TERMICZNEJ ANALIZY RÓŻNICOWEJ

Do badań wytypowano 6 próbek reprezentujących: dolomity czyste, świeże, barwy białej (próbki 1 i 5), minerały z grupy serpentynu (próbki 9 i 35), talk (próbka 41a) i sepiolit (próbka 41b).

W celu wydzielenia z dolomitów minerałów serpentynowych próbki skał rozdrabniano, kilkakrotnie szlamowano i z frakcji ok. 0,3 mm oddzielano minerały serpentynowe na separatorze elektromagnetycznym typu Cook. Czystość oddzielonych minerałów kontrolowano pod lupą binokularną.

#### BADANIA RENTGENOWSKIE

Badania wykonano metodą dyfraktometrii rentgenowskiej, posługując się aparatem typu DRON-1 i stosując katodę miedziową z filtrem niklowym. Przy identyfikacji poszczególnych minerałów korzystano z testów W. Michiejewa (1965).

Badania rentgenowskie próbek białych dolomitów (próbki 1 i 5) wykazały bardzo jednorodny skład mineralny (fig. 4A). Stwierdzono, że refleksy o największej intensywności: 2,89 Å, 2,195 Å, 2,018 Å i 1,791 Å odpowiadają dolomitowi, natomiast refleksy 3,04 Å, 2,079 Å i 1,447 Å kalcytowi. W próbkach minerałów z grupy serpentynu (próbki nr 9 i 35) stwierdzono, że najintensywniejsze refleksy 7,25 Å i 3,65 Å odpowiadają chryzotylovi, refleksy 4,6 Å i 2,137 Å można przypisać antygorytowi (fig. 4B). Prócz tego na podstawie refleksów 2,488 Å i 1,535 Å można stwierdzić obecność uwodnionego serpentynu. W drobnych ilościach w próbkach tych występują dolomit i kalcyt, które stanowią zanieczyszczenia mechaniczne w wyseparowanym materiale. Próbka 41a (fig. 4C) odpowiada talkowi z charakterystycznymi refleksami 9,02 Å, 4,67 Å, 3,1 Å i 2,475 Å. Próbka 41b (fig. 4D) charakteryzuje się refleksami odpowiadającymi minerałom z grupy sepiolitu. Najintensywniejsze na dyfraktogramie refleksy 11,94 Å, 4,48 Å, 4,29 Å, 3,72 Å, 3,34 Å, 2,557 Å i 2,250 Å najbardziej wg testów W. Michiejewa (1965) odpowiadają parasepiolitowi (β-sepiolit).

Również z parasepiolitem Z. Michałek (1963) identyfikował włóknistą odmianę sepiolitu z Rędzin.

Fig. 4. Dyfraktogramy: A — białego dolomitu (próbka 1), B — minerałów grupy serpentynu (próbka 9), C — talku (próbka 41a), D — sepiolitu (próbka 41b)

Diffractiongrams of: A — white dolomite (sample 1), B — minerals of the serpentine group (sample 9), C — talc (sample 41a), D — sepiolite (sample 41b)

Do — dolomit; K — kalcyt; Ch — chryzotyl; A — antygoryt; Us — serpentyn uwodniony; T — talk; S<sub>β</sub> — parasepiolit

Do — dolomite; K — calcite; Ch — chrysotile; A — antigorite; Us — hydrated serpentine; T — talc; S<sub>β</sub> — parasepiolite

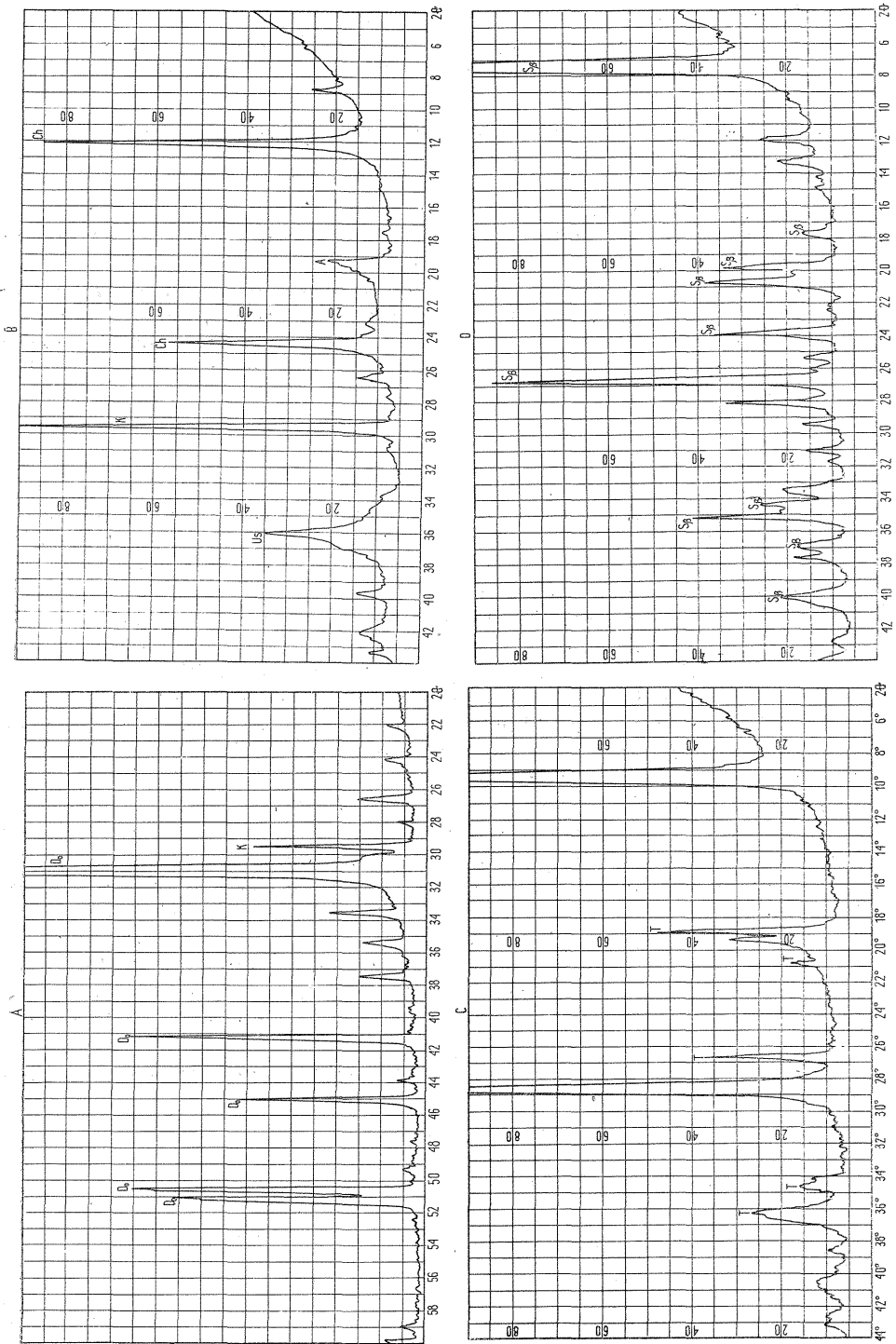


Fig. 4.



## BADANIA TERMICZNE

Oznaczenia wykonano na derywatografie systemu Paulik-Paulik-Erdey. Stosowano następujące warunki analityczne: dla dolomitów — DTA 1/15, DTG 1/15, TG 200 mg; dla pozostałych próbek — DTA 1/10, DTG 1/10, TG 100 mg. Naważki próbek wynosiły 0,3 g (w wypadku sepiolitu 0,15 g). Badania wykonywano w atmosferze powietrza, stosując jako substancję wzorcową  $Al_2O_3$ .

Termogramy badanych minerałów przedstawia fig. 5 (krzywe 1—4). Na figurze tej zamieszczono dodatkowo w celach porównawczych termogramy DTA (krzywe 5 i 6) antygorytu i chryzotyłu wyseparowanych z serpentynitów masywu Sobótki (F. Szumlas, 1963).

Badania termiczne potwierdziły wyniki badań rentgenowskich dotyczących występowania w marmurach dolomitowych z Rędzin chryzotyłu i antygorytu.

## BADANIA SPEKTRALNE

Metodą spektralnej analizy emisyjnej oznaczono zawartości następujących pierwiastków chemicznych: Al, Mn, Cu, Fe, Ti, V, Ni, Co, Zn, Pb, Sn, Mo, Ag, Bi, As, Ba i Sr

W badaniach stosowano spektrograf siatkowy DFS-13. Próbki metodą całkowitego odparowania wzbudzano z anody prądem o natężeniu 8 A i napięciu 300 V. Korzystano z klisz Blau Extrahart i Gelb Extrahart firmy ORWO.

Szczegółowe wyniki badań zestawiono w tab. 2. W marmurach dolomitowych z Rędzin obserwuje się przede wszystkim zróżnicowanie zawartości Al, Mn, Fe, Ti, Ba i Sr.

## DYSKUSJA WYNIKÓW I WNIOSKI KOŃCOWE

1. Złoże marmurów rędzińskich stanowi fragment strefy kontaktowej Rudaw Janowickich, zmieniony w warunkach metamorfizmu regionalnego i pod wpływem późniejszej, wglębnej intruzji granitoidów Karkonoszy. Złoże jest wykształcone w formie soczewki, rozerwanej na kilka części, wciśniętej w obręb łupków krystalicznych.

2. Megaskopowo dostrzega się w złożu dużą różnorodność odmian dolomitów: od czystych, barwy białej poprzez różowe, szare, oliwkowożółte do zielonawych. Oprócz skał dolomitowych występują nieregularnie skały serpentynowo-talkowe i serpentynowo-oliwinowe.

3. Głównym składnikiem omawianych skał — marmurów jest dolomit. Oprócz niego występują kalcyt, syderyt oraz zmienne ilości innych minerałów, nie spotykanych zasadniczo w skałach dolomitowych pochodzenia osadowego. Do nich należą: forsteryt, aktynolit, pirokseny i granaty. Te typowe minerały magnezowe powstały w procesach metamorfozy termicznej w różnych strefach aureoli kontaktowej. Paragenazy mineralne

## Wyniki analizy

Nr próbki	Megaskopowe cechy próbek	Al 3082,2* 10**	Mn 2605,7 10	Cu 3247,5 2	Fe 3037,3 10	Ti 3372,8 6
1	dolomit biały, cukrowaty, czysty	340	260	2	780	12
5	dolomit szaroróżowy	230	300	3	760	9
11	dolomit zabarwiony minerałami koloru wody morskiej	560	600	5	1260	22
12	dolomit o zabarwieniu zielonym i ciemnozielonym	> 3300	660	7	> 3300	3100
15	dolomit płytkowy beżowy	300	390	6	2240	10
16	dolomit intensywnie beżowy	170	350	6	1050	—
17	dolomit wiśniowożółty ze strefy siarczkowej	600	830	120	> 3300	14
19	dolomit beżowy	220	540	3	1660	10
23	dolomit czerwony	200	580	30	3090	10
24	dolomit biały z minerałami serpentynowymi	690	930	6	2690	8
27	dolomit kremowy z żyłkami kwarcowymi	200	400	3	1050	—
39	dolomit szarozielony	920	270	5	2340	15
43	dolomit beżowy z wiśniowymi żyłkami	1330	460	3	1660	135
50	dolomit biały	870	850	5	1700	12
55	dolomit ciemnoszary	> 3300	1320	20	> 3300	525
58	dolomit zielony	1200	290	2	3100	11
9	skała serpentynowa	930	330	11	> 3300	59
35	skała serpentynowa z domieszką węglanów	40	200	5	2100	—
41a	talk	970	50	27	> 3300	19
41b	sepiolit	180	180	94	> 3300	—

\* długość linii analitycznych w Å

\*\* granica wykrywalności w ppm

Tabela 2

spektralnej w ppm

V	Ni	Zn	Co	Pb	Sr	Ba	Sn	Mo	Ag	Bi	As
3185,4 4	3050,8 4	3345,0 40	3453,5 3	2833,1 3	4607,3 3	4554,0 3	3175,0 2	3132,6 2	3280,7 1	3067,7 4	2850,5 370
—	—	—	—	—	27	4	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	5	43	5	—	—	—	—	—
14	166	70	41	23	1000	1100	—	3	—	—	—
—	—	—	—	—	18	4	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	29	4	—	—	—	—	—
—	—	40	—	14	40	3	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	27	4	—	—	—	—	—
—	—	—	—	6	19	5	—	—	—	—	—
—	—	—	—	18	—	4	—	6	—	—	—
—	—	—	—	—	24	9	—	—	—	—	—
—	—	—	—	5	53	5	—	—	—	—	—
—	—	—	—	3	43	7	—	—	—	—	—
—	—	—	51	9	18	—	—	—	—	—	—
10	195	—	55	—	160	28	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	29	6	—	—	—	—	—
—	11	—	4	18	—	10	—	—	—	—	—
—	—	—	—	26	14	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—

złoża z Rędzin są doskonałą ilustracją rozważań J. R. Coopera (1957) oraz H. Deera, R. Howie'go i J. Zussmana (1963) na temat powstawania nowych minerałów w strefach kontaktowo przeobrażanych dolomitów.

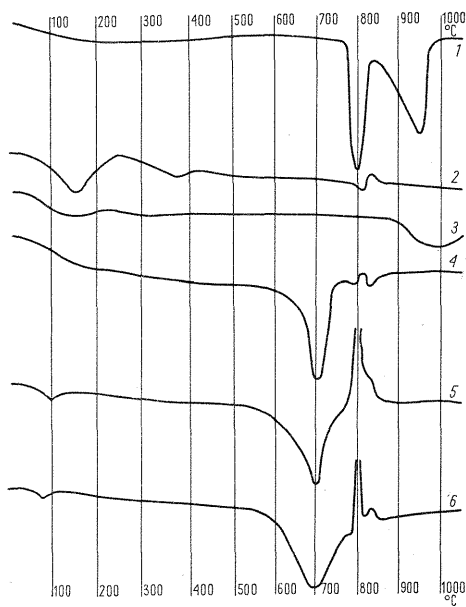


Fig. 5. Krzywe DTA minerałów z Rędzin (1—4) oraz antygorytu i chryzotyłu z serpentynitowego masywu Sobótka (krzywe 5—6 wg F. Szumlasa, 1963)

DTA curves of minerals from Rędziny (1—4) and antigorite, chrysotile from serpentinite massif of Sobótka (curves 5—6 according to F. Szumlas, 1963)

- 1 — dolomit, 2 — sepiolit, 3 — talk,  
4 — antygoryt-chryzotyl, 5 — antygoryt,  
6 — chryzotyl  
1 — dolomite, 2 — sepiolite, 3 — talc,  
4 — antigorite-chrysotile, 5 — antigorite,  
6 — chrysotile

W złożu rędzińskim obserwuje się również paragenезу mineralne tworzące się na etapie postmetamorficznym. Główną rolę odgrywają tu minerały z grupy serpentynu. Serpentynizacji uległy oliwiny, pirokseny i dolomity. Zmiany te zachodziły przy udziale  $\text{SiO}_2$  i  $\text{CO}_2$ , zawartych w krążących roztworach. Z procesem przeobrażania serpentynu wiąże się powstawanie talku. Obserwowane w Rędzinach procesy wtórnych przeobrażeń znajdują swoje odpowiedniki w zjawiskach zachodzących w złożu kruszców w Żłotym Stoku (W. M. Kowalski, 1963), jak również w procesach opisanych przez H. Deera, R. Howie'go i J. Zussmana (1963).

4. Główne składniki mineralne złoża — dolomit i kalcyt — są najczęściej dobrze wykrystalizowane, tworząc granoblasty różnej wielkości. Często wykazują one zbliżnienia i wzajemne przerosty. Tekstura skał jest masywna i bezładna, czasem brekcjowata. W szczelinkach i porach skalnych obserwuje się minerały wtórne, takie jak: kalcyt, naciekowy limonit, kwarc, serpentyn. Z minerałów kruszcowych stwierdzono występowanie hematytu, pirytu i chalkozynu.

5. Marmury dolomityczne z Rędzin charakteryzują się niskimi koncentracjami badanych pierwiastków śladowych w granicach wartości średnich, typowych dla osadowych skał węglanowych.

Zawartość żelaza zmienia się od 760 ppm do powyżej 3300 ppm. Pierwiastek ten występuje często w postaci hematytu, naciekowego limonitu oraz pirytu. Rozproszony pigment hematytowo-limonitowy nadaje marmurom czerwone zabarwienie.

Ilość tytanu w czystych, białych odmianach marmurów jest mała, zwykle poniżej 60 ppm. Większe zawartości obserwuje się w partiach skalnych bogatszych w minerały ciemne.

Koncentracja manganu zmienia się w granicach 260—1320 ppm. Większe zawartości spotyka się w partiach skalnych z naciekami dendrytów manganowych.

Zawartość ołowiu wynosi poniżej 3 ppm, natomiast cynku poniżej 40 ppm. Zawartość Zn zwykle wzrasta w pobliżu stref okruszczowanych.

Glin występuje w ilościach 170—3300 ppm, przyjmując najniższe wartości w czystych dolomitach.

Miedź charakteryzuje się strefowością występowania. Zawartość jej wzrasta w pobliżu stref okruszczowanych. W czystych dolomitach koncentracje miedzi wynoszą najczęściej ok. 6 ppm.

Zawartość niklu wynosi najczęściej poniżej 4 ppm, a kobaltu poniżej 3 ppm. Wyższe koncentracje tych pierwiastków (do 200 ppm Ni i 50 ppm Co) zaobserwowano w strefach silnie zserpentyzowanych.

Koncentracja strontu zmienia się od 3 do 53 ppm, natomiast baru od 3 do 28 ppm.

Zawartość cyny i molibdenu wynosi zwykle poniżej 2 ppm, bizmutu poniżej 4 ppm i srebra poniżej 1 ppm. Dane dla arsenu są bardzo ogólne, z powodu niskiej wykrywalności tego pierwiastka w stosowanej metodzie analitycznej (wykrywalność 370 ppm). W żadnej badanej próbce nie stwierdzono zawartości arsenu powyżej tej koncentracji.

Porównanie zawartości badanych pierwiastków z danymi dla serpentynu, sepiolitu i talku wskazuje na pewne podwyższenie zawartości Ni w serpentynach, a Cu w talku i sepiolicie. W przypadku pozostałych pierwiastków nie obserwuje się wyraźniejszego zróżnicowania.

Niskie zawartości pierwiastków śladowych w marmurach dolomitowych z Rędzin zdają się potwierdzać tezę o izochemicznych warunkach kształtowania się złoże i słabym substancjonalnym oddziaływaniu intruzji granitoidowej Karkonoszy na przeobrażane dolomity. Tylko na etapie postmetamorficznym lokalnie mogły być uruchamiane roztwory hydrotermalne nieco wzbogacone w Fe, Cu i Ni.

Instytut Geochemii, Mineralogii i Petrografii  
 Uniwersytetu Warszawskiego  
 Warszawa, al. Zwirki i Wigury 96  
 Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej SGGW — Akademii Rolniczej  
 Warszawa, ul. Rakowiecka 8  
 Nadesłano dnia 6 września 1974 r.

## PIŚMIENNICTWO

- COOPER J. R. (1957) — Metamorphism and volume losses in carbonate rocks near Johnson Camp, Coohise County, Arizona. *Geol. Soc. America, Bull.*, **68**, p. 577—610, nr 5. Baltimore.
- DEER H., HOWIE R., ZUSSMANN J. (1963) — *Rock forming minerals*. 2. London.
- DOMAŃSKI J., PIOTROWICZ W. (1966) — Niektóre cechy petrograficzno-chemiczne dolomitów ze złoże Rędziny koło Kamiennej Góry. *Szkło i Ceramika*, nr 2, p. 31—37. Warszawa.

- KOWALSKI W. M. (1963) — Serpentyzacja złoża kruszców arsenu w Złotym Stoku (Dolny Śląsk). Pr. geol. Kom. Nauk Geol. PAN Oddz. w Krakowie, nr 12, p. 55—71. Kraków.
- MICHAŁEK Z. (1963) — O sepiolicie włóknistym z Rędzin (Dolny Śląsk). Spraw. z Pos. Kom. PAN Oddz. w Krakowie lipiec—grudzień 1962, p. 505—506. Kraków.
- SZUMLAS F. (1963) — Nikiel, kobalt i chrom w serpentynitach okolic Sobótki na Dolnym Śląsku. Arch. miner., 24, z. 1, p. 55—116. Warszawa.
- TEISSEYRE J. H. (1971) — O wieku i następstwie warstw w skałach metamorficznych Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego. Geol. Sudetica, 5, p. 165—210. Warszawa.
- TEISSEYRE J. H. (1973) — Skały metamorficzne Rudaw Janowickich i Lasockiego Grzbietu. Geol. Sudetica, 8, p. 7—120. Warszawa.
- ZNAŃSKA M. (1966) — Dokumentacja geologiczna złoża marmuru dolomitycznego „Rędziny” w kat. B+C. Arch. Inst. Geol. (maszynopis). Warszawa.
- МИХЕЕВ В. (1965) — Рентгенометрический определитель минералов. 2. Ленинград.

Влодзимеж КОВАЛЬСКИ, Зофья МАЗУРЕК, Адам МАЗУРЕК

## ГЕОХИМИЧЕСКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЛОМИТОВЫХ МРАМОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕНДЗИН

### Резюме

Месторождение доломитовых мраморов Рендзин является частью контактной зоны Рудава Яновицкие, преобразованной в условиях регионального метаморфизма, а позднее под влиянием интрузии гранитоидов Карконошей. Месторождение имеет форму линзы, вдавленной в кристаллические сланцы.

В порядке детального лабораторного анализа производилось изучение шлифов и полированных аншлифов, рентгеновские, термические и геохимические исследования.

Основной составной частью доломитовых мраморов является доломит, залегающий в хорошо выкристаллизованных блоках. Ему сопутствует вторичный кальцит, а второстепенную роль в количественном отношении играет сидерит. Кроме того установлено наличие форстерита, пироксенов (диопсид, диаллаг), актинолита, гранатов, минералов, типичных для контактно преобразованных доломитов. Из некарбонатных минералов, образующихся в мраморе мелкие жилки, обычно встречаются минералы группы серпентина (хризотил, антигорит, гидратированный серпентин), образовавшиеся на этапе постметаморфизма. В результате преобразования серпентинов и при воздействии растворов образовался тальк. Обнаружен также сепиолит (парасепиолит), а из рудных минералов — гематит, пирит и калькозин.

Доломитовые мраморы Рендзин отличаются низкой концентрацией микроэлементов, средней для осадочных карбонатных пород. Это может свидетельствовать о том, что во время преобразования доломитов они не испытывали воздействия гранитоидной интрузии Карконошей.

Только местами наблюдается влияние гидротермальных растворов, выражающихся в обогащенности некоторых частей месторождения Fe, Cu и Ni. Повышенное содержание Ni и Co наблюдается в серпентинах, Cu в тальке и сепиолите. Увеличенное содержание Zn наблюдается в мраморе вблизи орудненных его частей.

Włodzimierz KOWALSKI, Zofia MAZUREK, Adam MAZUREK

## GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTIC OF DOLOMITIC MARBLES FROM RĘDZINY DEPOSIT

### Summary

The deposit of dolomitic marbles at Rędziny forms a fragment of the contact zone of the Rudawy Janowickie Range. This fragment was metamorphosed in conditions of regional metamorphism and then as a result of plutonic intrusion of the Karkonosze granitoids. The deposit occurs in the form of a lense which has been wedged among schists.

The results presented here are based on extensive lab work which comprised observation of rocks and minerals under the microscope, in thin sections and polished preparations, as well as X-ray, thermic, and geochemical analyses.

Dolomite, which occurs in well-crystallized blasts, is the main component of dolomitic marbles. It is accompanied by secondary calcite and incidental siderite. In addition there are also forsterite, pyroxene (diopside, diallage), actinolite, garnet, those minerals which are typical of contact-changed dolomites. Among noncarbonate minerals which form fine veinlets in marbles, the most common are those of the serpentine group (chrisotile, antigorite, hydrated serpentine); they originated during the post-metamorphic stage. Talc was formed as a result of the metamorphism of serpentines and the activity of circulating solutions. Sepiolite (parasepiolite) has also been identified here; ore minerals are represented by haematite, pyrite, and chalcocite.

Dolomitic marbles at Rędziny are characterized by low concentrations of trace elements which correspond to average concentrations of trace elements, typical of carbonate rocks. This may indicate that the granitoid intrusion of the Karkonosze was not active during the metamorphic processes in dolomites. It is only locally that the influence of hydrothermal solutions can be traced: some parts of the deposit show a larger amount of Fe, Cu, and Ni. Larger amounts of Ni and Co occur in serpentines; a higher content of Cu has been observed in talc and sepiolite. Larger amounts of Zn occur in marbles, close to ore-bearing parts of the rocks.

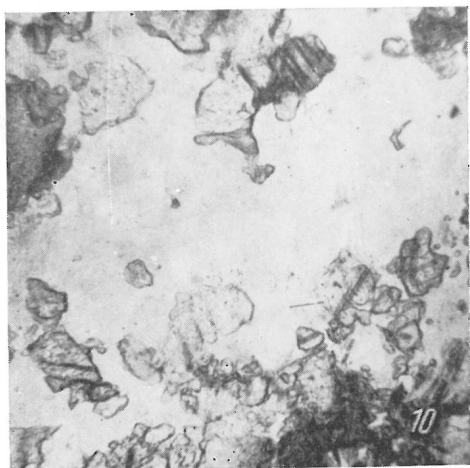
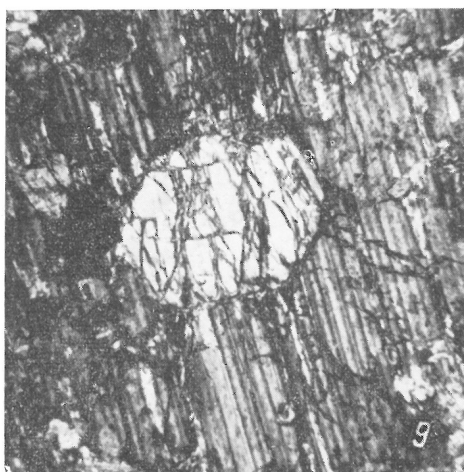
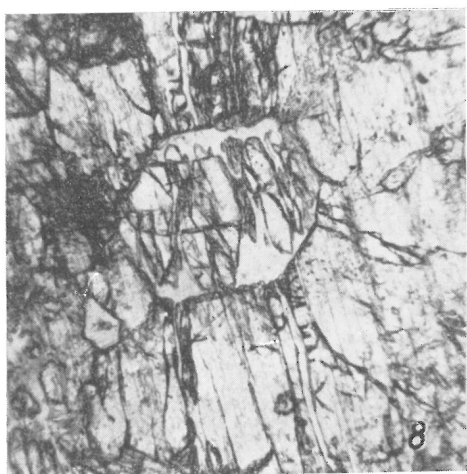
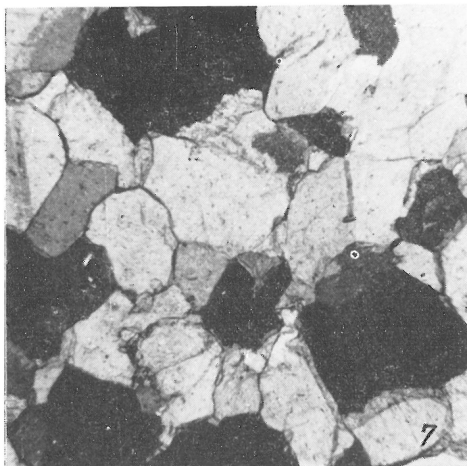
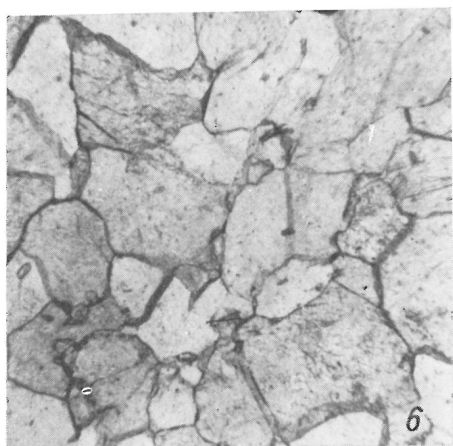
## TABLICA I

- Fig. 6, 7. Dolomit o strukturze granoblastycznej; pow. 45×; fig 6 — jeden nikol,  
fig. 7 — nikole skrzyżowane  
Dolomite with granoblastic texture; ×45; Fig. 6 — one nicol, Fig. 7 — crossed nicols
- Fig. 8, 9. Spękany blast oliwinu, w tle piroksen z diallagową łupliwością. W piroksenach zaznacza się proces serpentynizacji; pow. 45×; fig. 8 — jeden nikol,  
fig. 9 — nikole skrzyżowane  
Fissured blast of olivine; in the background — pyroxene marked by diallage schistosity. Serpentinization process visible in pyroxenes; ×45; Fig. 8 — one nicol,  
Fig. 9 — crossed nicols
- Fig. 10, 11. Rozetkowe, włókniste agregaty minerałów z grupy serpentynu; pow. 45×;  
fig. 10 — jeden nikol, fig. 11 — nikole skrzyżowane  
Rosette-shaped, fibrous aggregates of minerals from serpentine group; ×45; Fig. 10 —  
one nicol, Fig. 11 — crossed nicols

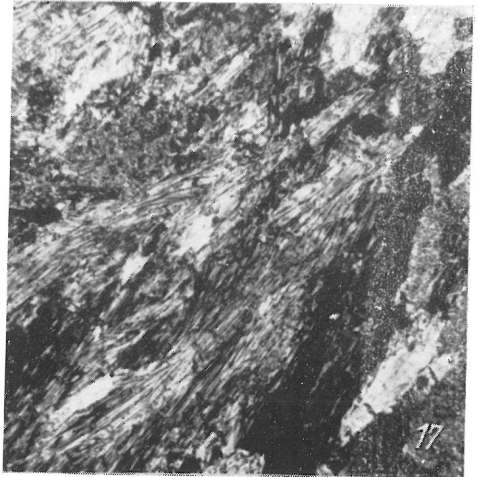
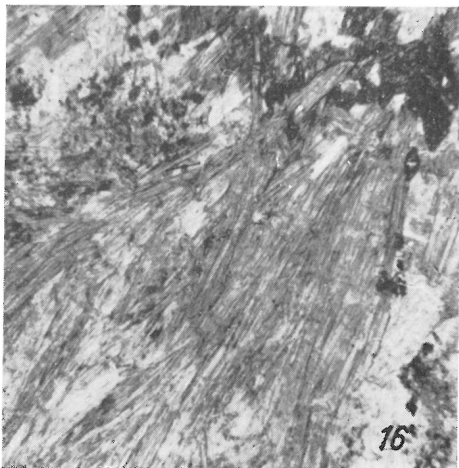
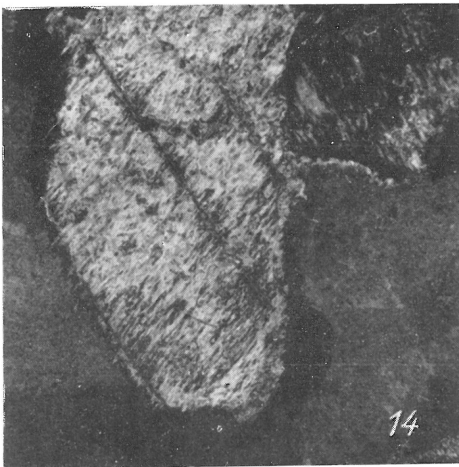
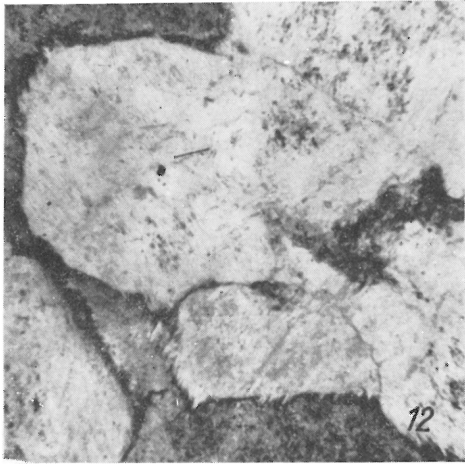
## TABLICA II

- Fig. 12, 13. Agregaty talku w asocjacji z serpentynem (górnny, prawy róg); pow. 45×;  
fig. 12 — jeden nikol, fig. 13 — nikole skrzyżowane  
Aggregates of talc in association with serpentine (upper righthand corner); ×45;  
Fig. 12 — one nicol, Fig. 13 — crossed nicols
- Fig. 14. Pseudomorfoza talku po piroksenie w asocjacji z minerałami grupy serpentynów i węglanów; pow. 45×, nikole skrzyżowane  
Pseudomorphism of talc after pyroxene in association with minerals of serpentine and carbonate group; ×45, crossed nicols
- Fig. 15. Automorficzne blasty piroksenów w paragenzie z węglanami; pow. 45×,  
nikole skrzyżowane  
Automorphic blasts of pyroxenes in paragenesis with carbonates; ×45, crossed nicols
- Fig. 16, 17. Promienisto-włókniste agregaty aktynolitu; pow. 45×; fig. 16 — jeden nikol, fig. 17 — nikole skrzyżowane  
Radiate-fibrous aggregates of actinolite; ×45; Fig. 16 — one nicol, Fig. 17 — crossed nicols





Włodzimierz KOWALSKI, Zofia MAZUREK, Adam MAZUREK — Geochemiczno-mineralogiczna charakterystyka marmurów dolomitowych ze złoża Rędziny



Włodzimierz KOWALSKI, Zofia MAZUREK, Adam MAZUREK — Geochemiczno-mineralogiczna charakterystyka marmurów dolomitowych ze złoża Rędziny