

F. ZASTAWNIAK

ZALEŻNOŚĆ SKŁADU CHEMICZNEGO BIOTYTÓW TATRZAŃSKICH OD SKŁADU CHEMICZNEGO SKAŁ MACIERZYSTYCH

(4 rys.)

Зависимость химического состава биотитов Татр
от химического состава родной породы

(4 рис.)

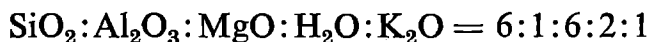
Chemical Composition of Biotites in different rocks of the Tatra Mts

(4 fig.)

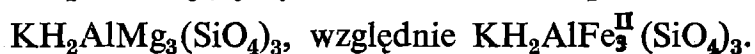
Streszczenie. Wykonano analizy gnejsu biotytowego, gnejsu injekowanego i diorytu z Tatr Zachodnich oraz analizy biotytów, z tych skał wydzielonych. Uwzględniając wcześniejsze analizy z serii łupków krystalicznych i ich biotytów, opublikowane w pracach petrograficznych W. Pawlicy, Z. Weyberga i S. Kreutza, odnoszących się do Tatr, autor wykazał dla łupków krystalicznych i ich biotytów podobną zależność w składzie chemicznym, jaką Z. Weyberg stwierdził dla biotytów i granitów tatrzańskich.

Od dawna zauważono, że skład chemiczny minerałów, tworzących kryształy mieszane substancji izomorfowych, zależy od składu chemicznego magmy, z której powstały. Najbardziej typowym przykładem tej zależności są plagioklasy o różnej zawartości An, zmieniającej się w sposób prawidłowy, niemal ciągły zwłaszcza w skałach szeregu wapienno-alkalicznego.

Biotyt jest obok skaleni jednym z najpospolitszych minerałów skałotwórczych. Liczne analizy tego minerału wykazały dużą zmienność składu chemicznego biotytów pochodzących nie tylko z różnych skał, ale nawet ze skał tego samego rodzaju. W. Kunitz ustala skład normalnego biotyty jako zbliżony do stosunków:



Wzór odpowiadający tym stosunkom ma postać:



Z polskich badaczy pierwszym, który w r. 1899 wydzielił i analizował miki tatrzańskie był L. Gorazdowski. Między innymi podaje on analizę biotytu z łupku biotytowego z doliny Wielickiej i z gruboziarnistego granitu z Czerwonego Wierchu. J. Morozewicz, przystępując do petrograficznego opisu granitów tatrzańskich, stosuje dla ich biotytów wzór $n.HK_2Al_3Si_3O_{12} + m(Fe, Mg, Ca)_6Si_3O_{12}$, gdzie $n:m \approx 1:1$. Przy tym sposobie przeliczenia analiz biotytów pozostają jednak poza wzorem duże ilości niezwiązanej krzemionki, żelaza trójwartościowego i wody.

W r. 1901 Z. Weyberg w przyczynku do znajomości petrograficznej krystalicznego trzonu tatrzańskiego podaje analizę granitytu o teksturze gnejsowej z Suchego Kondrackiego oraz analizę wydzielonego z tej skały biotytu. Ten sam autor w r. 1909 w szeregu prac zebranych później w jedną rozprawę, ogłoszoną w języku rosyjskim, bada zależność składu chemicznego biotytów od składu chemicznego skał dla tych mik macierzystych. Skałami tymi są:

1. granit dwumikowy z Kosistej,
2. granit dwumikowy z Goryczkowego Pośredniego,
3. granit o teksturze gnejsowej z Suchego Kondrackiego.

Biotyty z tych skał wydzielone przedstawił Z. Weyberg przy pomocy ogólnych wzorów:

1. $8 RO_2 \cdot 4 R_2O_3 \cdot R_2O \cdot 3 H_2O \cdot 3 R_2SiO_4$
2. $3 RO_2 \cdot 2 R_2O_3 \cdot R_2O \cdot 2 H_2O \cdot 2 R_2SiO_4$
3. $8 RO_2 \cdot 4 R_2O_3 \cdot 3 R_2O \cdot 5 H_2O \cdot 5 R_2SiO_4$

We wzorach przedstawionych w tej postaci Z. Weyberg umieszcza całą ilość otrzymanej w analizie krzemionki i wody. Dlatego też tego sposobu przedstawiania, jako najprostszego i całkowicie uwzględniającego składniki chemiczne biotytu, będę używał w dalszym ciągu niniejszej pracy.

Z. Weyberg wykrywa zależność, że «im skała magmowa zawiera więcej tlenków RO, tym jej biotyt jest bogatszy w R_2SiO_4 ». Wychodząc z opracowania tej zależności na skałach tatrzańskich autor ten zestawiał następnie na podstawie literatury 26 analiz biotytów wykazując, że ich skład chemiczny jest zależny od ilości żelaza i magnezu w skale, a niezależny od ilości kwarcu.

W oparciu o wyniki badań Z. Weyberga ogłasza P. Radziszewski w r. 1924 analizy granitów komagmatycznych z tatrzańskimi, a mianowicie z gór Tribeckich koło Nitry, z Małych Karpat (Wolfstal) i z gór Hnileckich (dol. Hernadu), podając zarazem analizy ich biotytów. Wykazując słuszność poglądów Z. Weyberga, P. Radziszewski wyraża również przypuszczenie, że barwa czerwono-brunatna biotytu z granitu wolfstalskiego może pochodzić od sagenitu lub w ogóle od TiO_2 , zawartego w biotycie w postaci roztworu stałego.

W r. 1915 publikuje W. Pawlica obszerne studium petrograficzne odnoszące się do tzw. północnej wyspy krystalicznej w Tatrach. W pracy tej wyróżnił on komagmatyczny z granitem tego obszaru gnejs andezynowo-biotytowy z Czuby Goryczkowej i porównał go

z granito-gnejssem Suchego Kondrackiego. Porównał też biotyty wydzielone z tych skał. Ten sam autor ogłosił w r. 1919 swoje badania nad skałami metamorficznymi z Garłucha, wśród których wyróżnił łupkę biotytowy, będący niewątpliwą skałą krystalofylliczną. I w tej pracy poddał analizie biotyt wydzielony z łupku biotytowego.

Prace Wł. Pawlicy nad gnejsami i łupkami biotytowymi tatrzańskimi były zachętą do rozszerzenia badań w celu ustalenia słuszności tezy Z. Weyberga w odniesieniu do biotytów, pochodzących ze skał zmetamorfizowanych. Prof. St. Kreutz powierzył mi nie tylko wykonanie tego zadania, lecz również był łaskaw oddać mi do dyspozycji próbki skał, pochodzące z Jego bogatego zbioru tatrzańskieg, uzupełnianego co roku podczas wycieczek Zakładu Mineralogicznego U. J. Nadto poddałem analizie próbkę diorytu z dol. Chochołowskiej, ofiarowaną mi przez dra K. Maślankiewicza.

Opis petrograficzny skał i wydzielonych z nich biotytów

I. Gnejs z Doliny Tomanowej. Jest to skała zbita, drobnoziarnista, barwy szarej. Charakter łupkowaty nadają jej blaszki biotyту, równoległe ułożone na przemian ze składnikami salicznymi. W płycie cienkiej pod mikroskopem widzimy blaszki biotyту pogięte i sfałdowane, pozrastane z muskowitem. Tak muskowit jak i biotyt okazują faliste ściemnienie światła. Stan zachowania biotyту jest rozmaity; obok świeżych zdarzają się osobniki częściowo zwietrzałe. Obok biotyту głównym składnikiem skały jest kwarciec z reguły o falistym ściemnianiu światła i plagioklaz należący do rzędu albit-oligoklaz, o zawartości 15% anortytu. Pomiary zostały wykonane na przekrojach \perp do ściany $M(010)$ i $P(001)$. Wynik ten potwierdziło oznaczenie za pomocą porównania współczynników załamania światła plagioklazu i kwarcu według metody F. Beckego:

w położeniu równoległym: $\omega > \alpha'$, $\varepsilon > \beta'$

w położeniu skrzyżowanym: $\omega > \beta'$, $\varepsilon > \alpha'$

Plagioklaz, zbliżniony według prawa albitowego jest zsercytowany wzdłuż szczelin łupliwości.

Ze składników akcesorycznych spotykamy w tej skale cyrkon, apatyt i tlenki żelaza, przeważnie jako wrostki w biotycie.

Biotyt tej skały jest ciałem optycznie prawie jednoosiowym — cechuje go zwykły schemat absorpcyjny: $\gamma = \beta$ barwy ciemnobrunatnej $> \alpha$ słomkowo-żółtej. Współczynniki załamania światła, zmierzone metodą immersyjną, dla światła sodowego, nie różnią się między sobą, dając wartość średnią: $\gamma = \beta = 1,6378$.

C. w. 3,005.

Ciężar właściwy biotytów analizowanych oznaczyłem przez zawieszenie blaszek o możliwie gładkich powierzchniach pod zmniejszonym ciśnieniem w cieczy Thouleta. Ciężar właściwy cieczy oznaczyłem za pomocą wagi Westphala.

II. Dioryt z Doliny Chochołowskiej. Jest to skała zbita, drobno-ziarnista, barwy ciemnobrunatnej. Pod mikroskopem wyróżniamy w niej amfibol barwy zielonej, należący do zwyczajnej hornblendy. Hornblenda gdzieśgdzie przerasta się z biotytem. Wrostków nie posiada. Wykazuje silny pleochroizm

α = barwa żółtawo-zielona
 β = „ oliwkowo-zielona
 γ = „ ciemnozielona.

Amfibole tworzą bliźniaki bardzo często zrosnięte równoległe do ściany (100).

Plagioklasy o falistym znikaniu światła, zbliżnione według praw: albitowego, karlsbadzkiego i peryklinowego należą do rzędu albitu i kwaśnego andezynu o zawartości 34% anortytu. Oznaczenia plagioklazu dokonałem na przekroju \perp do ściany *P* i *M*, a skontrolowałem oznaczenie met. Beckego. Na niektórych osobnikach plagioklazu można zauważyć ślad budowy pasowej. Wietrzenie plagioklazu rozpoczyna się od środka kryształów.

Kwarzec okazuje skutki kataklazy w postaci spękań i falistego ściemniania światła. Posiada wrostki cyrkonu i apatyty, przy czym ten ostatni minerał występuje w formie długich, dobrze wykształconych osobników.

Najliczniejszym składnikiem tej skały jest biotyt. Blaszki jego o postrzępionych zarysach są bezładnie względem siebie ułożone i rozmieszczone w skale; wyłupane ze skały okazują się kruche i łamliwe. Niektóre blaszki odznaczają się falistym ściemnianiem światła. Wygląd biotyty jest zupełnie świeży; znajdują się w nim listewkowate wrostki tlenków żelaza i zaokrąglone eliptycznie wrostki plagioklazu, nie dającego się bliżej oznaczyć. Wrostków cyrkonu w nim nie zauważyłem.

Pleochroizm α = barwa słomkowo-żółta
 $\beta = \gamma =$ „ ciemnooliwkowa.

Spółczynniki załamania dla światła sodowego $\beta = \gamma = 1,6372$.

Kąt osi optycznych, zmierzony w jednorodnym świetle sodowym na małym stoliku Fiodorowa umocowanym na stoliku mikroskopu, wynosi:

$$2V = 9^{\circ}.$$

Dyspersja osi optycznych niewidoczna.
 C. w. 2,997.

III. «Gnejs iniekcyjny» z Ornak. Okaz skały, z której wydzieliłem biotyt składał się z czterech warstw złożonych na przemian z białego gruboziarnistego granitu i ze smug biotyty. Powstanie tego gnejsu prof. St. Kreutz (11) tłumaczy intruzją prawie białego granitu w sąsiadujące z nim utwory starsze. Intruzja ta doprowadziła do powstania skały migmatytowej złożonej z dwóch naprzemianległych elementów: starszego łupku i młodszego granitu. Skały tej nie analizowałem z tego powodu, że analiza skały tak niejednolitej budowy

nie przedstawiałyby poważniejszej wartości dla wytłumaczenia związków genetycznych pomiędzy jej składnikami.

Biotyt wydzielony z warstwy wierzchniej — łupkowej jest pięknej barwy czerwonej. Błaszki biotyту są zupełnie świeże i elastyczne. Pleochroizm: $\beta = \gamma$ barwa ciemnoczerwona $> \alpha$ oliwkowo-czerwona.

Spółczynniki załamania dla światła sodowego wynoszą:

$$\beta = \gamma = 1,6406.$$

Kąt osi optycznych:

$$2V = 12^\circ.$$

Ciężar właściwy biotyту: 3,021.

Badania chemiczne

Próbki skał poddanych analizie chemicznej były zupełnie świeże i wzięte z różnych stron okazu. Wyodrębnienia biotyту dokonywałem w lejku rozdzielczym Harady przy użyciu czterobromku acetyleny lub bromoformu — następnie na szkiełku zegarkowym przy użyciu tych samych cieczy, dalej — za pomocą elektromagnesu, wreszcie przez wstrząsanie na matowej szklanej płycie. Wyodrębniony w ten sposób biotyt badałem pod mikroskopem na czystość, usuwając szpilką ewentualne resztki domieszek. Rozbiory chemiczne prowadziłem według ogólnie stosowanych metod, zebranych w podręcznikach Jannascha, Hillebranda, Treadwella, mając również na uwadze i do nich się stosując, zwłaszcza przy analizie biotyту, wszelkie ostrożności zalecane przez Jakoba (1).

Dla sprawdzenia wyników wykonałem dwie analizy równoległe, biorąc pod uwagę przy obliczeniach ich średnią wartość.

Do analizy użyłem tylko odczynników oznaczonych «pro analysi». Jednak przy oznaczaniu alkaliów metodą Lavrence-Smitha zbadałem użyty do spieku węglan wapniowy na zawartość alkaliów a drobną poprawkę uwzględniłem w końcowym rezultacie.

Całą analizę prowadziłem w kilku oddzielnych próbach. I tak, w pierwszej próbie oznaczałem SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , MnO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , CaO , MgO , w próbie drugiej ZrO_2 , BaO , S, w trzeciej wodę hygroskopijną, w czwartej wodę konstytucyjnie związaną, stosując metodę Penfielda; w piątej alkalia — przy czym z ich sumy wydzieliłem KCl kwasem chloroplatynowym, w próbie szóstej oznaczałem fluor, w ostatniej wreszcie, siódmej — żelazo dwuwartościowe (FeO).

Oprócz tego jeszcze w osobnych próbach kontrolowałem otrzymane wyniki, oznaczając MnO metodą octanową, P_2O_5 przez wytrawienie próbki stężonym kwasem azotowym i prowadząc dalej oznaczenie metodą Smitha. TiO_2 oznaczałem kolorymetrycznie i wagowo. Szczególniejszą zwłaszcza uwagę poświęciłem oznaczeniu żelaza dwuwartościowego, jako składnika ważnego dla budowy chemicznej biotyту.

Oznaczenia żelaza dwuwartościowego i sprawa utleniania się żelaza dwuwartościowego na trójwartościowe w biotycie podczas ucierania próbki

P. Radziszewski (12) analizując biotyty, zwrócił uwagę na sprawę utleniania się w nich żelaza dwuwartościowego $\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}$ na żelazo trójwartościowe $\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{O}_3$, podczas ucierania do analizy. Oznaczenia przeprowadzone metodą Pöbel-Doeltera, zmodyfikowaną przez J. Morozewicza a opisaną przez Z. Rozena, dały następujące wyniki:

		Ucierany	Nieucierany
1.	Biotyt z granitu Nitry	11,65% FeO ..	15,86% FeO
2.	„ „ „ z Dol. Hernadu...	12,69 „ „ ..	16,15 „ „
3.	„ „ „ Wolfstallu	8,21 „ „ ..	17,10 „ „

Różnice zatem wywołane utlenianiem się żelaza dwuwartościowego podczas ucierania są poważne i wynoszą znaczny procent całkowitej ilości FeO, a mianowicie: w biotycie Nitry 26⁰/₀ wag., z Wolfstallu 52% wag., z nad Hernadu 21% wag.

Doświadczenie P. Radziszewskiego pozostaje w sprzeczności z twierdzeniem J. Jakoba (1), który w opisie swej metody oznaczania żelaza dwuwartościowego zaznacza wyraźnie, że «utlenianie się tlenku przez rozcieranie nie następuje».

Ponieważ dokładne oznaczenie żelaza dwuwartościowego zwłaszcza w biotytach tatrzańskich, zawierających go wznacniejszej ilości, jest konieczne ze względu na ustalenie stosunku cząsteczki ortokrzemianowej do glinokrzemianowej, zająłem się tym problemem bliżej. Oznaczenia przeprowadzałem metodą Pöbel-Doeltera, przez rozkład biotyту mieszaniną stężonego H_2SO_4 i stężonego H_2F_2 w atmosferze CO_2 przy podniesionej temperaturze łaźni piaskowej. Metoda ta dała mi jednak wyniki bardzo chwiejne; najmniejsze nawet osłabienie w dopływie dwutlenku węgla powodowało bowiem znaczne różnice w otrzymywanych wynikach. Podane w tabeli I, na str. 123 dwa wyniki są najbardziej zbliżone spośród 5-ciu przeprowadzonych oznaczeń.

Równolegle wykonałem oznaczenia $\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}$ metodą Jakoba. Metoda ta również polega na rozkładzie biotyту mieszaniną $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{F}_2$. Rozkładu jednak dokonuje się na łaźni, w atmosferze pary wodnej. Postępuje się mianowicie w ten sposób, że parownicę platynową, w której odbywa się rozkład substancji umieszcza się na trójkącie porcelanowym w otworze silnie parującej łaźni wodnej. Otwór łaźni wraz z parownicą nakrywa się następnie odwóconym dużym lejkiem, w ten jednak sposób, aby ściany lejka nie dotykały ścian parownicy. Takie ustawienie lejka powoduje, że silny strumień pary wodnej usuwa powietrze, nie dopuszczając do utlenienia się żelaza.

Rozkład utartego biotyту następuje po 5-ciu mniej więcej minutach, przy nieucieranym natomiast trwa około 15—20 minut. Po zupełnym rozłożeniu biotyту, odpędza się H_2F_2 , rozcieńcza zimną, dobrze przed tym wygotowaną wodą destylowaną i zadaje krzemionką

I. OZNACZENIA FeO
metodą Pöbel-Doeltera (anal. autor)

	Biotyt z gnejsu Tomanowej		Biotyt z diorytu z Chochołowskiej		Biotyt z gnejsu na Ornaku	
	ucierany	nieucierany	ucierany	nieucierany	ucierany	nieucierany
1.	16,89%	17,86%	12,21%	12,86%	16,96%	17,26%
2.	16,94	17,73	12,46	12,90	17,06	17,44
3.	—	—	—	—	17,08	17,36
średn.	16,92	17,79	12,33	12,88	17,03	17,35

II. OZNACZENIA FeO
metodą Jakob'a (anal. autor)

	Biotyt z gnejsu Tomanowej		Biotyt z diorytu z Chochołowskiej		Biotyt z gnejsu na Ornaku	
	ucierany	nieucierany	ucierany	nieucierany	ucierany	nieucierany
1.	18,65%	18,75%	13,31%	13,58%	17,89%	18,24%
2.	18,59	19,09	13,32	13,29	18,02	18,28
3.	—	—	—	—	18,18	18,12
średn.	18,62	18,92	13,31	13,40	18,03	18,21

III. OZNACZENIA FeO
w skałach (anal. autor)

	Metodą Pöbel-Doeltera		Metodą Jakoba	
Gnejs z Tomanowej	2,64%	2,86%	2,94%	3,33%
Dioryt z Chochołowskiej	4,48	4,36	4,92	4,81

chemicznie czystą w celu związania ewentualnych resztek fluorowodoru. Następnie w tej samej parownicy miareczkuje się roztworem 1/100 n. nadmanganianu potasu.

Aby wykazać czy ucieranie biotyту do analizy wpływa na utlenianie się w biotycie żelaza dwuwartościowego na trójwartościowe, wykonałem szereg analiz obydwoma wyżej wspomnianymi metodami wszystkich badanych przeze mnie biotytów. Do analizy użyłem biotytów dokładnie ucieranych w moździerzu agatowym przez 45—60 minut, a oprócz tego blaszek biotytów, które z wyjątkiem operacji związanych z ich wydzielaniem ze skały nie były poddawane żadnemu tarcu mechanicznemu. Załączone na str. 123 tablice podają otrzymane wyniki.

Przy porównaniu tablicy I i II rzuca się w oczy różnica między wynikami otrzymanymi metodą jedną a drugą. Wyniki otrzymane metodą Jakoba są stale wyższe od wyników oznaczeń przeprowadzonych metodą Pöbel-Doeltera. Fakt ten stwierdzili również i inni pra

cownicy Zakładu Mineralogicznego U. J. Różnice w wynikach oznaczeń osiągają około 1% w biotytach bogatych w żelazo dwuwartościowe, w skałach zaś różnica dochodzi do 0,5%.

Podobnie ma się również sprawa z oznaczeniami FeO przeprowadzonymi na biotytach ucieranych i nieucieranych. Wyniki otrzymane metodą Pöbel-Doeltera (tablica I) okazują dla biotyту nieucieranego stale wyższe wartości niż dla ucieranego; i tak: w biotycie z gnejsu Tomanowej różnica ta średnio wynosi 0,87%, w biotycie z diorytu 0,54%, w biotycie z gnejsu Ornaku 0,32% wagowych. Wskazywałoby to na nieznaczny wprawdzie, ale dobrze widoczny wpływ ucierania.

Wpływ ten daje się również zauważyć i w wynikach otrzymanych metodą Jakoba, choć tutaj różnice są nieznaczne i obracają się w granicach błędu doświadczalnego (0,3%, 0,09%, 0,18%). Poza tym wyniki metodą tą otrzymane okazują większą stałość a różnice mogły być spowodowane niedokładnością odważenia przy niewielkich ilościach substancji branej do analizy (0,06—0,10 g). Metoda Jakoba zaleca się również swą taniością i przede wszystkim prostotą.

Na różnicę w wynikach otrzymanych jedną i drugą metodą wpływa prawdopodobnie najwięcej trudność w utrzymyniu stałego przepływu dwutlenku węgla nad mieszaniną reagującą, jak również znacznie wyższa temperatura łaźni piaskowej, w jakiej pracuje się przy metodzie Pöbel-Doeltera.

Rozbiór chemiczny skał i biotytów z nich wydzielonych

Analizie chemicznej poddałem gnejs z doliny Tomanowej (I) i skałę diorytową z Dol. Chochołowskiej (II), nie analizowałem natomiast gnejsu injekowanego z Ornaku (III) z powodu niemożności otrzymania dużej próbki średniej z tej skały, odznaczającej się dużą zmiennością składu mineralnego. Wykonałem zarazem analizy biotytów wydzielonych z tych skał (I a, II a, III a).

Dla przeprowadzenia studium zależności składu chemicznego biotytów od składu chemicznego ich skał macierzystych z serii łupków krystalicznych uwzględniłem także analizy podobnych skał tatrzańskich, wykonane i ogłoszone przez innych autorów. Są to skały następujące:

IV. gnejs andezynowo-biotytowy z Czuby Goryczkowej

V. gnejs z Suchego Kondrackiego

VI. łupek biotytowy z Garłucha

VII. łupek granatowo-sylimanitowo-biotytowy z Dol. Wielickiej.

Łupek andezynowo-biotytowy z Czuby Goryczkowej (IV) i łupek biotytowy z Garłucha (VI) wraz z ich biotytami (IV a i VI a) analizował W. Pawlica (8, 9).

Gnejs z Suchego Kondrackiego i biotyt z niego wydzielony był analizowany przez Z. Weyberga (6). Łupek granatowo-sylimanitowo-biotytowy z Dol. Wielickiej poddany był analizie chemicznej przez prof. St. Kreutza (12). Biotyt z podobnej skały z tej samej okolicy był analizowany przez L. Gorazdowskiego (4).

Wyniki własnych analiz jako też wyniki zaczerpnięte z literatury petrograficznej odnoszącej się do Tatr zestawilem w następujących tabelach:

ANALIZA I
Gnejs z Doliny Tomanowej
(anal. autor)

	I	II	$\frac{I+II}{2}$	stos. mol. × 10.000	% mol.
SiO ₂	59,40	59,70	59,55	9876	61,74
TiO ₂	0,81	0,90	0,85	106	0,66
Al ₂ O ₃	17,42	17,73	17,57	1719	10,75
Fe ₂ O ₃	2,94	3,33	3,13	196	1,22
FeO	4,43	4,10	4,26	593	3,71
MnO			śląd		
CaO	0,95	0,89	0,92	164	1,02
MgO	2,38	2,31	2,35	583	3,65
P ₂ O ₅	0,14	0,12	0,13	9	0,06
ZrO ₂	0,07	0,06	0,07	6	0,04
S	0,04	0,03	0,03	9	0,06
BaO	0,04	0,03	0,03	2	0,01
Na ₂ O	2,92	2,88	2,90	468	2,92
K ₂ O	4,81	4,64	4,72	501	3,13
H ₂ O+	3,24	3,13	3,18	1765	11,03
H ₂ O—	0,41	0,43	0,42	—	—
CO ₂			śląd		
	100,00	100,28	100,11	15997	100,00

ANALIZA II
Dioryt z Doliny Chochołowskiej
(anal. autor)

	I	% wagowe II	$\frac{I+II}{2}$	stos. mol. × 10.000	% mol.
SiO ₂	58,54	58,46	58,50	9701	61,79
TiO ₂	1,59	1,57	1,58	197	1,26
Al ₂ O ₃	16,02	15,97	16,00	1566	9,97
Fe ₂ O ₃	1,64	1,76	1,70	106	0,68
FeO	4,92	4,81	4,87	678	4,32
MnO	0,18	0,23	0,21	38	0,24
CaO	4,25	4,12	4,19	747	4,76
MgO	4,42	4,64	4,53	1123	7,16
P ₂ O ₅	0,11	0,09	0,10	7	0,04
ZrO ₂			śląd		
S	0,08	0,07	0,08	25	0,16
BaO			śląd		
Na ₂ O	2,80	2,73	2,77	447	2,86
K ₂ O	3,76	3,76	3,76	399	2,55
H ₂ O+	1,07	1,11	1,09	605	3,85
H ₂ O—	0,25	0,24	0,24	—	—
CO ₂	0,23	0,28	0,26	59	0,37
	99,86	99,85	99,88	15698	100,00

ANALIZA IV

Gnejs z Czuby Goryczkowej
(anal. W. Pawlica)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	62,52	10409	66,05
TiO ₂	0,38	48	0,30
P ₂ O ₅	0,48	34	0,22
Al ₂ O ₃	15,56	1522	9,71
Fe ₂ O ₃	2,31	145	0,92
FeO	3,14	437	2,78
MnO	0,19	27	0,17
MgO	3,30	818	5,21
CaO	4,90	874	5,57
BaO	0,06	4	0,03
K ₂ O	2,15	228	1,45
Na ₂ O	3,50	583	3,59
Li ₂ O	—	—	—
F ₂	0,28	73	0,47
H ₂ O+	1,00	555	3,35
H ₂ O—	0,17	—	—
S	—	—	—
Razem	99,94	15757	100,00
—O = F ₂	0,11		
	99,83		

ANALIZA V

Gnejs z Suchego Kondrackiego
(anal. Z. Weyberg)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	61,59	10254	68,64
TiO ₂	1,18	147	0,94
P ₂ O ₅	0,22	15	0,06
Al ₂ O ₃	18,91	1850	12,47
Fe ₂ O ₃	1,57	99	0,61
FeO	2,44	339	2,29
MnO	0,16	22	0,14
MgO	1,61	399	2,63
CaO	5,06	902	6,06
BaO	0,09	6	0,03
K ₂ O	1,87	195	1,28
Na ₂ O	4,46	743	4,85
Li ₂ O	0,01	—	—
F ₂	—	—	—
H ₂ O+	1,25	695	—
H ₂ O—	—	—	—
S	—	—	—
Razem	100,42	15666	100,00

ANALIZA VI

Łupek biotytowy z Garłucha (anal. W. Pawlica)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	58,24	9697	66,40
TiO ₂	1,56	194	1,49
P ₂ O ₅	0,51	36	0,27
Al ₂ O ₃	19,61	1919	13,21
Fe ₂ O ₃	2,71	169	1,17
FeO	6,91	962	6,61
MnO	0,55	77	0,55
MgO	2,63	652	4,47
CaO	1,37	244	1,75
BaO	—	—	—
K ₂ O	3,21	341	2,34
Na ₂ O	1,00	166	1,10
Li ₂ O	—	—	—
F ₂	0,39	103	0,68
H ₂ O+	1,45	806	—
H ₂ O—	0,32	—	—
S	0,12	38	0,14
Razem	100,58	15404	100,00
—O= F ₂	0,16		
	100,42		

ANALIZA VII

Łupek granat.-syl.-biot. z Doliny Wielickiej (anal. St. Kreutz)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	52,47	8736	62,36
TiO ₂	1,86	232	1,66
P ₂ O ₅	0,11	8	0,06
Al ₂ O ₃	25,30	2469	17,77
Fe ₂ O ₃	3,11	194	1,40
FeO	6,74	938	6,73
MnO	0,42	59	0,43
MgO	2,58	639	4,59
CaO	0,55	99	0,70
BaO	—	—	—
K ₂ O	3,90	414	2,96
Na ₂ O	0,64	106	0,74
Li ₂ O	—	—	—
F ₂	0,30	79	0,60
H ₂ O+	2,53	1405	—
H ₂ O—	0,30	—	—
S	0,05	16	—
Razem	100,86	15394	100,00
—O= F ₂	0,18		
	100,68		

ANALIZA I a

Biotyt z gnejsu z Doliny Tomanowej
(anal. autor)

	I	% wagowe II	$\frac{I+II}{2}$	stos. mol. × 10.000	% mol.
SiO ₂	34,66	34,58	34,62	5741	37,17
TiO ₂	2,24	2,61	2,42	302	1,92
Al ₂ O ₃	17,89	17,36	17,63	1725	11,17
Fe ₂ O ₃	5,07	4,92	4,99	312	2,03
FeO	18,75	19,09	18,92	2633	17,05
MnO			śląd		
CaO	0,34	0,42	0,38	68	0,44
MgO	7,33	7,76	7,54	1870	12,11
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—
Na ₂ O	3,15	2,97	3,09	498	3,22
K ₂ O	7,58	7,92	7,75	823	5,33
H ₂ O+	2,68	2,62	2,65	1472	9,53
H ₂ O—	0,18	0,17	0,17	—	—
	99,87	100,42	100,16	15444	100,00

ANALIZA II a

Biotyt z diorytu z Doliny Chochołowskiej
(anal. autor)

	I	% wagowe II	$\frac{I+II}{2}$	stos. mol. × 10.000	% mol.
SiO ₂	38,25	38,19	38,22	6338	39,86
TiO ₂	2,94	2,98	2,96	369	2,32
Al ₂ O ₃	14,68	14,73	14,71	1439	9,05
Fe ₂ O ₃	3,76	3,89	3,83	239	1,50
FeO	13,58	13,29	13,44	1871	11,76
MnO	0,52	0,52	0,52	73	0,46
CaO	1,49	1,44	1,46	260	1,64
MgO	13,42	13,47	13,45	3336	20,98
P ₂ O ₅	0,07	0,09	0,08	6	0,04
Na ₂ O	0,48	0,52	0,50	81	0,51
K ₂ O	7,93	7,87	7,90	839	5,28
H ₂ O+	1,88	1,91	1,89	1049	6,60
H ₂ O—	0,60	0,60	0,60	—	—
	99,60	99,50	99,56	15900	100,00

ANALIZA III b

Biotyt z gnejsu injekowanego z Ornàku

(anal. autor)

	I	% wagowe II	$\frac{I+II}{2}$	stos. mol. × 10.000	% mol.
SiO ₂	34,28	34,19	34,24	5678	36,44
TiO ₂	3,36	3,46	3,41	426	2,73
Al ₂ O ₃	18,04	18,34	18,19	1780	11,42
Fe ₂ O ₃	2,11	2,16	2,14	134	0,86
FeO	18,28	18,24	18,26	2541	16,31
MnO	0,36	0,43	0,39	49	0,31
CaO	0,23	0,23	0,23	41	0,26
MgO	8,16	8,17	8,17	2026	13,04
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,03	—	—
Na ₂ O	1,05	1,05	1,05	169	1,08
K ₂ O	9,14	9,03	9,08	964	6,19
H ₂ O—	3,12	3,26	3,19	1771	11,36
H ₂ O+	1,53	1,46	1,50	—	—
	99,69	100,04	99,88	15580	100,00

ANALIZA IV a

Biotyt gnejsu z Czuby Goryczkowej

(anal. W. Pawlica)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	35,80	5967	37,02
TiO ₂	3,68	459	2,80
Al ₂ O ₃	15,29	1496	9,36
Fe ₂ O ₃	5,98	375	2,32
FeO	12,86	1790	11,18
MnO	0,60	84	0,53
CaO	2,30	410	2,56
MgO	11,90	2951	18,42
K ₂ O	7,82	830	5,19
Na ₂ O	1,22	203	1,20
Li ₂ O	0,09	30	0,19
F ₂	—	—	—
H ₂ O—	0,14	—	—
H ₂ O+	2,86	1583	9,23
Razem	100,54	16278	100,00

ANALIZA V a

Biotyt gnejsu z Suchego Kondrackiego
(anal. Z. Weyberg)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	33,81	5629	34,34
TiO ₂	3,12	389	2,38
Al ₂ O ₃	17,45	1707	10,62
Fe ₂ O ₃	4,04	253	1,56
FeO	16,49	2295	13,63
MnO	0,63	88	0,50
CaO	0,83	148	0,93
MgO	8,53	2115	13,18
K ₂ O	9,57	1016	6,31
Na ₂ O	2,14	356	2,12
Li ₂ O	0,05	17	0,06
F ₂	—	—	—
H ₂ O—	—	—	—
H ₂ O+	4,15	2305	14,37
Razem	100,81	16318	100,00

Stosunki molekularne zostały obliczone przeze mnie, natomiast procenty molekularne podaję za autorami analiz.

ANALIZA VI a

Biotyt łupku biotytowego z Garłucha
(anal. W. Pawlica)

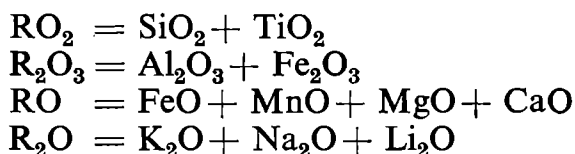
	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	32,98	5491	31,40
TiO ₂	2,95	368	2,11
Al ₂ O ₃	12,13	1187	6,81
Fe ₂ O ₃	3,60	226	1,30
FeO	24,50	3410	19,58
MnO	—	—	—
CaO	0,50	88	0,53
MgO	7,38	1830	10,51
K ₂ O	7,27	772	4,43
Na ₂ O	1,04	173	0,98
Li ₂ O	—	—	—
F ₂	1,20	315	1,83
H ₂ O+	6,45	3583	20,52
Razem	100,00	17443	100,00

ANALIZA VII a

Biotyt łupku biotytowego z Doliny Wielickiej
(anal. L. Gorazdowski)

	% wag.	stos. mol.	% mol.
SiO ₂	35,12	5847	35,61
TiO ₂	2,26	282	1,72
Al ₂ O ₃	19,52	1910	11,63
Fe ₂ O ₃	8,08	506	3,08
FeO	15,69	2184	13,30
MnO	—	—	—
CaO	0,47	84	0,52
MgO	4,77	1183	7,20
K ₂ O	7,25	769	4,68
Na ₂ O	0,84	140	0,86
Li ₂ O	—	—	—
F ₂	—	—	—
H ₂ O+	6,33	3516	21,41
Razem	100,33	16421	100,00

Opierając się na wynikach analiz zestawionych w powyższych tablicach obliczyłem stosunki molekularne i złączyłem je w ogólny wzór charakteryzujący daną skałę czy biotyt według schematu:



Oprócz tego dla biotytów podaję jeszcze wartości stosunków molekularnych dla H₂O.

Już z pobieżnego przeglądu zestawionych według przyjętego powyżej schematu tablic wynika, że każda skała posiada inny biotyt, charakteryzujący się swoistym składem chemicznym.

Ze wszystkich rozbiórów wyszczególnionych w tablicach na str. 125—131 tworzę wzory ogólne wyrażone stosunkami molekularnymi, które dla skał przedstawiają się jak następuje:

	RO ₂	R ₂ O ₃	RO	R ₂ O
Skała I.	9982	1985	1240	969
„ II.	9898	1672	2586	846
„ IV.	10457	1667	2156	811
„ V.	10401	1949	1662	938
„ VI.	9891	2088	1936	507
„ VII.	8968	2663	1735	520

Przyjmując R₂O₃ = 10 dla umożliwienia porównań, uzyskuje to, że stosunki molekularne stają się bardziej przejrzyste, jak to przedstawia tabela, umieszczona niżej:

	RO ₂	R ₂ O ₃	RO	R ₂ O
Skała I.	52,1	10	6,5	5
„ II.	59,2	10	15,4	5
„ IV.	62,7	10	12,9	4,9
„ V.	53,4	10	8,5	9,3
„ VI.	47,4	10	9,3	2,4
„ VII.	33,7	10	6,5	1,9

Podobnie obliczone wzory ogólne dla biotytów są następujące:

	RO ₂	R ₂ O ₃	RO	R ₂ O	H ₂ O
Biotyt I a.	6043	2037	4571	1321	1472
„ II a.	6707	1678	5540	920	1049
„ III a.	6104	1914	4657	1133	1771
„ IV a.	6426	1871	5235	1063	1583
„ V a.	6018	1960	4646	1369	2305
„ VI a.	5859	1413	5328	945	3583
„ VII a.	6129	2416	3451	909	3516

Obliczone według prof. Z. Weyberga (7) wzory tych biotytów są następujące:

I a.	13 RO ₂	7 R ₂ O ₃	5 R ₂ O	5 H ₂ O	8 R ₂ SiO ₄
II a.	14 RO ₂	6 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	10 R ₂ SiO ₄
III a.	10 RO ₂	5 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	6 R ₂ SiO ₄
IV a.	10 RO ₂	5 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	7 R ₂ SiO ₄
V a.	11 RO ₂	6 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	7 H ₂ O	7 R ₂ SiO ₄
VI a.	13 RO ₂	6 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	13 H ₂ O	11 R ₂ SiO ₄
VII a.	9 RO ₂	5 R ₂ O ₃	2 R ₂ O	7 H ₂ O	4 R ₂ SiO ₄

Przyjmując dla porównania R₂O₃ = 10, otrzymuję tabelę:

I a.	19 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	7 H ₂ O	11 R ₂ SiO ₄
II a.	23 RO ₂	10 R ₂ O ₃	5 R ₂ O	6 H ₂ O	16 R ₂ SiO ₄
III a.	20 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	10 H ₂ O	12 R ₂ SiO ₄
IV a.	20 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	8 H ₂ O	14 R ₂ SiO ₄
V a.	19 RO ₂	10 R ₂ O ₃	7 R ₂ O	12 H ₂ O	12 R ₂ SiO ₄
VI a.	22 RO ₂	10 R ₂ O ₃	7 R ₂ O	25 H ₂ O	19 R ₂ SiO ₄
VII a.	18 RO ₂	10 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	14 H ₂ O	8 R ₂ SiO ₄

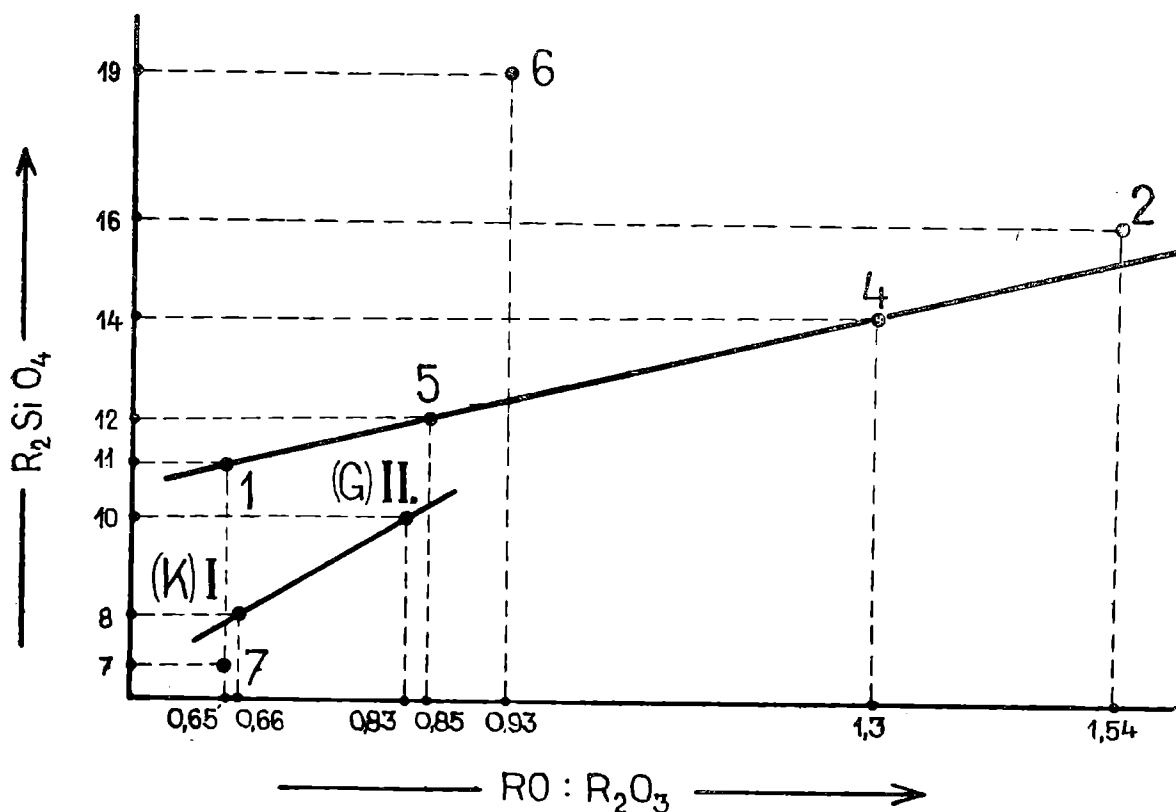
Z porównania wzorów biotytów wynika, że największe wahania zachodzą w ilości wody, przy czym biotyty obydwóch łupków (skał para-krystalicznych), odznaczają się największą jej zawartością.

Dla wyraźniejszego uwydatnienia zależności składu chemicznego biotytów od chemizmu skał macierzystych podaję szereg stosunków części składowych, oraz wykresy, naocznie te zależności ilustrujące.

1. Obliczam więc stosunki tlenków $RO:R_2O_3$ w skałach i porównuję z ilością cząstek ortokrzemianu zawartego w biotytach:

Analiza	I.	II.	IV.	V.	VI.	VII.
$RO:R_2O_3$ w skałach	0,65	1,54	1,30	0,85	0,93	0,65
R_2SiO_4 w biotytach	11	16	14	12	19	7

Okazuje się, że w miarę wzrostu RO w skale powiększa się zawartość R_2SiO_4 w biotycie, wydzielonym z danej skały. Jeszcze dobitniej zależność tę ilustruje podany wykres, w którym na osi odciętych umieszczam stosunek $RO:R_2O_3$ danej skały, na osi rzędnych R_2SiO_4 , wyliczony według Weyberga dla jej biotyту.



Rys. 1.

Zależność pomiędzy ilością R_2SiO_4 w biotytach a stosunkiem $RO:R_2O_3$ w skałach tatrzańskich. 1, 4, 5 skały ortokrystaliczne; 2 dioryt; 6, 7 łupki parakrystaliczne; (K) I granit Kosistej; (G) II granit Goryczkowej.

Рис. 1.

Зависимость между количеством R_2SiO_4 в биотитах а пропорцией $RO:R_2O_3$ в породах Татр. 1, 4, 5 породы ортокрystalлические; 2 диорит; 6, 7 сланцы паракрystalлические; (K) I гранит из Косистой; (G) II гранит из Горичковой.

Fig. 1.

Relation between the R_2SiO_4 — content in biotites and the $RO:R_2O_3$ — ratio in rocks from Tatra Mts. Nos 1, 4, 5 rocks orthocrystallic; 2 diorite; 6, 7, schistes paracrystallic; (K) I granite from Kosista; (G) II granite from Goryczkowa.

Zaobserwowana więc przez Z. Weyberga reguła o zależności składu chemicznego biotytów z granitów tatrzańskich stosuje się również do diorytu i do gnejsów tatrzańskich, nie stosuje się natomiast do skał zmetamorfizowanych pochodzenia osadowego i ich biotytów, jak na to wskazują rozmieszczenie punktów 6 i 7 w diagramie. Odpowiednie stosunki w granitach i ich biotytach przedstawiają się następująco:

- I. Granit Kosistej RO:R₂O₃ = 0,66
 II. „ Goryczkowej . . . RO:R₂O₃ = 0,83

Ilość zaś cząsteczek ortokrzemianowych R₂SiO₄ we wzorze biotyty, obliczonym wg Weyberga wynosi:

- dla biotyty z granitu I: 8 R₂SiO₄
 „ „ „ „ II: 10 R₂SiO₄

Jeśli porówna się zależność cząsteczki ortokrzemianowej biotyty od stosunku RO:R₂O₃ w granicie i gnejsie, to daje się łatwo zauważyć, że ilość cząsteczek R₂SiO₄ w biotytach wydzielonych z gnejsów jest większa niż w biotytach, pochodzących z granitów o tym samym co w gnejsach stosunku RO:R₂O₃. Znajdziemy bowiem dla granitu Kosistej np. stosunek RO:R₂O₃ równy 0,66, któremu w biotycie odpowiada 8 cząsteczek R₂SiO₄. Takiej samej prawie wartości RO:R₂O₃ w gnejsie z Tomanowej odpowiada biotyt o zawartości 11 cząsteczek R₂SiO₄.

Że zależność w biotytach, wydzielonych z gnejsu i granitu, nie jest w powyższym przykładzie przypadkowa, świadczą o tym podobne stosunki zachodzące również między granitem Goryczkowej Pośredniej (G) II a gnejsiem Suchej Kondrackiej (analiza V) i ich biotytami:

- w granicie Goryczkowej Pośredniej RO:R₂O₃ = 0,83,
 w gnejsie Suchej Kondrackiej RO:R₂O₃ = 0,85,
 w biotycie granitu wyliczono 10 cząsteczek R₂SiO₄,
 w biotycie gnejsu natomiast 12 cząsteczek R₂SiO₄.

Jasno z powyższego wynika, że pomiędzy liczbą cząsteczek R₂O₃ w biotytach a stosunkiem RO:R₂O₃ w skałach macierzystych zachodzi zależność wprost proporcjonalna, zgodnie z regułą Z. Weyberga, przy czym biotyty gnejsów są zawsze bogatsze w R₂SiO₄ od biotytów z granitów, przy tym samym RO:R₂O₃ w obu skałach.

2. Porównanie stosunków FeO:MnO:MgO w skale i w jej biotycie poucza, że biotyty gnejsów i łupków krystalicznych są procentowo bogatsze w cząsteczki FeO niż ich skały macierzyste. Wyjątek stanowi jedynie dioryt i jego biotyt:

	Skała		Biotyt
	FeO : MnO : MgO		FeO : MnO : MgO
Skały I.	1,02 : 0 : 1	Biotyty I a.	1,38 : 0 : 1
II.	0,60 : 0,04 : 1	II a.	0,35 : 0,02 : 1
III.	nie analizowano	III a.	1,25 : 0,02 : 1
IV.	0,53 : 0,03 : 1	IV a.	0,61 : 0,03 : 1
V.	0,85 : 0,01 : 1	V a.	1,09 : 0,04 : 1
VI.	1,48 : 0,12 : 1	VI a.	1,86 : : 1
VII.	1,47 : 0,09 : 1	VII a.	1,85 : : 1

Stosunki te, wyliczone dla granitów tatrzańskich i ich biotytów, są następujące:

	FeO	MnO	MgO
Granit z Kosistej	1	: 0	: 1
Biotyt	1,47	: 0,04	: 1
Granit z Pośredniej Goryczkowej	0,83	: 0,06	: 1
Biotyt	0,83	: 0,04	: 1

Wyraźniejsza zależność tych stosunków w biotytach i ich skałach macierzystych jest zaciemniona obecnością muskowitu w granicie z Kosistej, w gnejsach i łupkach krystalicznych. Jest rzeczą oczywistą, że w warunkach umożliwiających krystalizację muskowitu, a więc w obecności składników lotnych magnez łatwiej i dłużej utrzymuje się w stanie dysocjacji, niż żelazo i stąd biotyty są procentowo wzbogacone w żelazo.

W skałach bardziej zasadowych, zawierających amfibole (dioryt) żelazo jest zużywane wcześniej na krystalizację amfiboli i ewentualnie rud tak, że biotyty jako późniejsze wzbogacają się procentowo w MgO, W granicie biotytowym, wolnym od muskowitu pierwotnego (Pośredni Goryczkowy) stosunek FeO:MgO jest taki sam jak w biotycie.

3. Zależność stosunków molekularnych innych składników chemicznych w biotytach od stosunków tych składników w skałach nie jest tak wyraźna, lub zgoła wcale nie zachodzi. Jako przykład niechaj służą stosunki $Al_2O_3:Fe_2O_3$, których porównanie ze sobą wskazuje, że nie ma prostej zależności między tymi składnikami w biotycie i w skale:

	$Al_2O_3 : Fe_2O_3$		$Al_2O_3 : Fe_2O_3$
Skały I.	8,3 : 1	Biotyty I a.	5,5 : 1
„ II.	15,0 : 1	„ II a.	6,0 : 1
„ III.	nie analizowano	„ III a.	13,3 : 1
„ IV.	10,5 : 1	„ IV a.	4,0 : 1
„ V.	18,7 : 1	„ V a.	6,9 : 1
„ VI.	11,4 : 1	„ VI a.	5,2 : 1
„ VII.	12,7 : 1	„ VII a.	3,7 : 1

4. Dla uzupełnienia charakterystyki składu chemicznego samych biotytów, podaję jeszcze szereg stosunków molekularnych ich składników chemicznych, nie uwzględniając już i tak nieuchwytnej zależności tych stosunków do chemizmu skały:

5. Obliczam stosunek $RO_2:R_2O_3$, gdzie RO_2 odpowiada krzemionce, od której odjęto ilość potrzebną do utworzenia cząsteczki R_2SiO_4 :

	$RO_2 : R_2O_3$
Biotyt I a.	1,84 : 1
„ II a.	2,34 : 1
„ III a.	1,97 : 1
„ IV a.	2,09 : 1
„ V a.	1,84 : 1
„ VI a.	2,24 : 1
„ VII a.	1,82 : 1

Stosunek ten tylko w biotytach z Ornaku i z gnejsu Czuby Goryczkowej wynosi około 2, w biotycie z diorytu poważnie od tej liczby odbiega, a we wszystkich innych jest do liczby tej zbliżony.

6. Stosunki cząsteczkowe między $RO_2:H_2O$, $RO_2:R_2O$ i $H_2O:R_2O$ w biotytach przedstawiają się w następującym zestawieniu:

	$RO_2 : H_2O$	$RO_2 : R_2O$	$H_2O : R_2O$
Biotyt I a.	4 : 1	4,5 : 1	1,1 : 1
„ II a.	6,4 : 1	7,3 : 1	1,1 : 1
„ III a.	3,4 : 1	5,4 : 1	1,6 : 1
„ IV a.	4,1 : 1	6,0 : 1	1,5 : 1
„ V a.	2,6 : 1	4,4 : 1	1,6 : 1
„ VI a.	1,6 : 1	6,2 : 1	3,8 : 1
„ VII a.	1,7 : 1	6,7 : 1	3,8 : 1

Zestawienie to wskazuje, że stosunek $RO_2:H_2O$ w biotytach jest różny, natomiast stosunek cząsteczkowy $RO_2:R_2O$ zbliża się w czterech biotytach do liczby 6.

Stosunek $H_2O:R_2O$ w biotytach obu łupków jest bardzo wysoki, bo wynosi 3,8:1, w biotytach zaś wszystkich innych skał nie przekracza liczby 1,6. Liczba ta pozostaje w związku z ważną rolą wody podczas tworzenia się minerałów w łupkach krystalicznych.

7. Stosunek cząsteczki glinokrzemianowej do ortokrzemianowej w biotytach, przyjętej za jednostkę, jest następujący:

	$(RO_2 + R_2O_3 + R_2O + H_2O) : R_2SiO_4$	
Biotyt I a.	1,25	: 1
„ II a.	0,91	: 1
„ III a.	1,23	: 1
„ IV a.	1,06	: 1
„ V a.	1,34	: 1
„ VI a.	1,14	: 1
„ VII a.	2,17	: 1

8. W końcu należało podać skład cząsteczkowy biotytów, obliczony według sposobu stosowanego przez J. Morozewicza (5). Jak już we wstępie zazaczyłem wzór biotytów tak ustalony nie obejmuje poważnych ilości składników chemicznych, wykazanych w analizie.

I a. Biotyt z gnejsu Doliny Tomanowej:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 19,78	} 46,65% mol.
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 26,87	
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	

Przy tym sposobie przeliczenia następujące ilości pozostają jednak niezwiązane: 0,39% mol. Al_2O_3 i 5,26% mol. H_2O , brak: 2,29% mol. SiO_2 .

II a. Biotyt z diorytu Doliny Chochołowskiej:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 38,92	} 60,02% mol.
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 21,10	
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	

Niezwiązane: 7,43% mol. SiO_2 , 1,88% mol. Al_2O_3 , 3,71% mol. H_2O .

III. Biotyt z gnejsu injekcyjnego Ornaku:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 22,55	
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 28,19	50,74% mol.
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	49,26% mol.

Niezwiązane: SiO_2 2,43%, Al_2O_3 4,39%, H_2O 7,73% mol.

IV a. Biotyt z gnejsu Czuby Goryczkowej:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 35,55	
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 19,84	55,39% mol.
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	44,61% mol.

Niezwiązane: SiO_2 3,74%, Al_2O_3 1,81%, H_2O 5,94% mol.

V a. Biotyt z gnejsu Suchego Kondrackiego:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 22,69	
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 22,73	45,42% mol.
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	54,58% mol.

Niezwiązane: 10,13% mol. H_2O . Brak 2,83% mol. SiO_2 i 0,54% mol. Al_2O_3 .

VI a. Biotyt z łupku biotytowego Gałucha:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 21,13	} 58,62% mol.
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 37,49	
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	41,38% mol.

Niezwiązane: 2,0% mol. SiO_2 , 17,82% mol. H_2O .

VII a. Biotyt z łupku biotytowego Doliny Wielickiej:

$Mg_6Si_3O_{12}$	— 17,86	} 48,68% mol.
$Fe_6Si_3O_{12}$	— 30,82	
$HK_2Al_3Si_3O_{12}$	—	51,32% mol.

Niezwiązane: 10,21% mol. SiO_2 , 6,40% mol. Al_2O_3 , 18,64% mol. H_2O .

Stosunek drobin glinokrzemianowych do ortokrzemianowych przy tym sposobie przeliczenia wyraża się w sposób następujący:

	$HK_2Al_3Si_3O_{12} : R_2SiO_4$	
Biotyt I a.	1,14	: 1
„ II a.	0,67	: 1
„ III a.	0,97	: 1
„ IV a.	0,81	: 1
„ V a.	1,20	: 1
„ VI a.	0,71	: 1
„ VII a.	1,05	: 1

Jest on inny niż w sposobie przedstawienia składników chemicznych Z. Weyberga, przedstawionym na str. 136.

Zależność składu chemicznego skał i ich biotytów w wartościach Niggiego

Charakter skał pod względem chemicznym, które w badaniach swych brałem pod uwagę, określam wartościami liczbowymi *si*, *al*, *fm*, *c*, *alk*, *k*, *mg*, które obliczyłem według P. Niggiego ze stosunków molekularnych (36).

Wartości te dla poszczególnych skał i ich biotytów przedstawiają tab. VIII i IX.

TABELA VIII

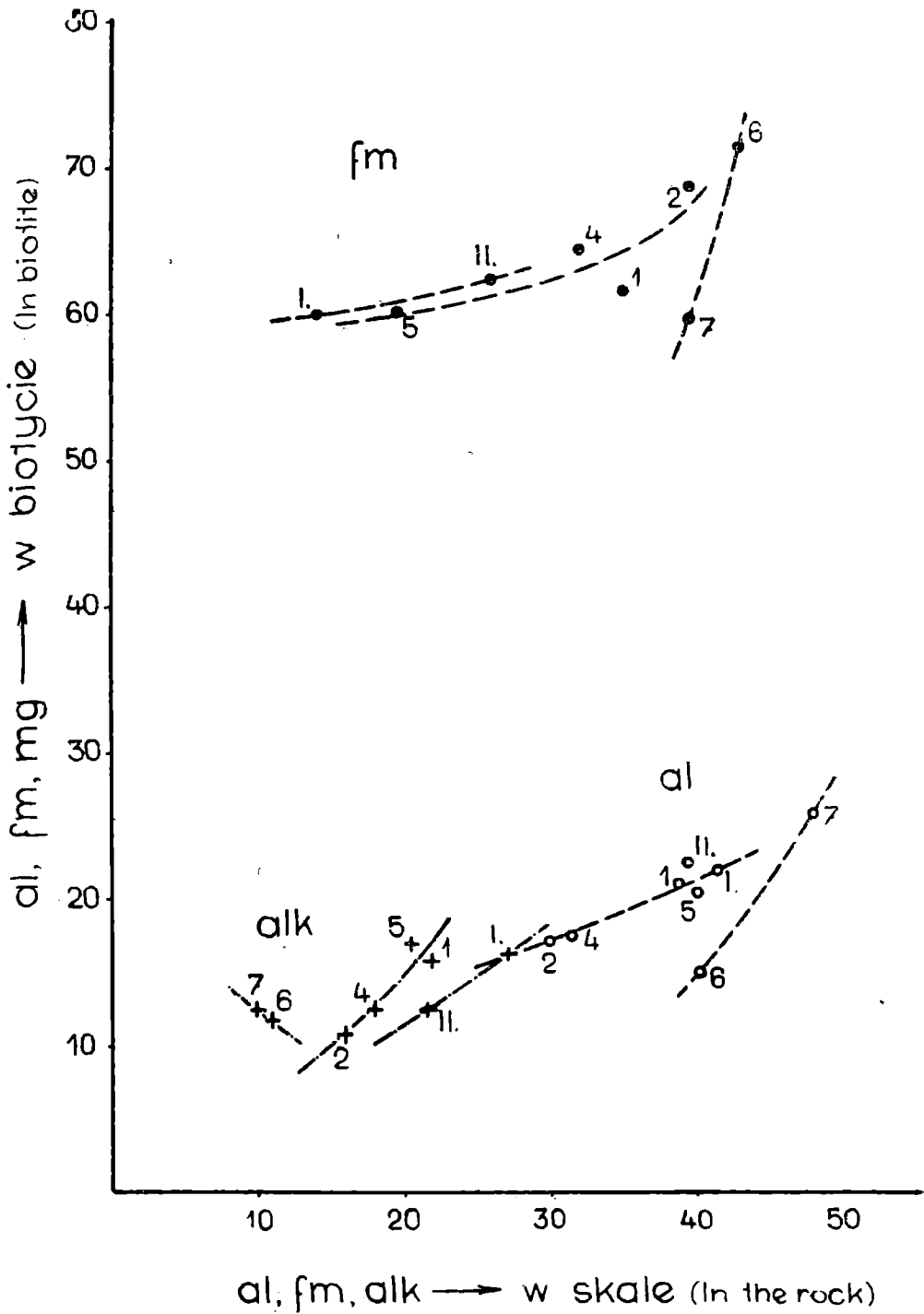
		<i>si</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>al</i>	<i>alk</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>
I.	Gnejs z Doliny Tomanowej (1)	223	35,0	4,0	39,0	22,0	0,37	0,52
II.	Dioryt z Doliny Chochołowskiej (2)	185	39,5	14,5	30,0	16,0	0,55	0,47
IV.	Gnejs z Czuby Goryczkowej (4)	215	32,4	18,1	31,5	18,0	0,52	0,26
V.	Gnejs z Suchej Kondrackiej (5)	222	19,5	19,7	40,3	20,5	0,38	0,21
VI.	Łupek z Garłuchą (6)	206	43,2	5,2	40,8	10,8	0,32	0,67
VII.	Łupek z Doliny Wielickiej (7)	171	39,6	1,9	48,3	10,2	0,31	0,79
K	Granit z Kosistej (I)	292	14,0	17,5	41,4	27,1	0,40	0,51
G	Granit z Goryczkowej (II)	278	25,9	13,8	38,7	21,6	0,19	0,24

TABELA IX

		<i>si</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>al</i>	<i>alk</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>
I a.	Biotyt gnejsu Tomanowej (1 a)	69,6	62,2	0,8	20,9	16,1	0,36	0,62
II a.	Biotyt diorytu z Chochołowskiej (2 a)	75,6	68,7	3,1	17,2	11,0	0,58	0,90
III a.	Biotyt gnejsu z Ornaku (3 a)	72,4	62,3	0,5	22,7	14,5	0,42	0,85
IV a.	Biotyt gnejsu Goryczkowej (4 a)	70,0	65,3	4,8	17,5	12,4	0,53	0,78
V a.	Biotyt gnejsu Kondrackiej (5 a)	68,0	60,6	1,8	20,7	16,9	0,42	0,73
VI a.	Biotyt łupku z Garłucha (6 a)	69,4	71,9	1,1	15,0	12,0	0,32	0,82
VII a.	Biotyt łupku z dol. Wielickiej (7 a)	80,0	60,1	1,2	26,2	12,5	0,27	0,84
K a.	Biotyt granitu Kosistej (I)	74,5	60,4	1,9	21,9	15,8	0,29	0,73
G a.	Biotyt granitu Goryczkowej (II)	66,0	62,6	2,2	22,6	12,6	0,44	0,71

Wykres dyferencyjny, sporządzony na podstawie wartości Nigglego, wyliczonych ze składu chemicznego biotytów byłby niezbyt czytelny i pouczający z powodu małej rozpiętości wartości dla *si* (od 66—80).

Trudno byłoby też doprowadzić do jakiejś korelacji normalnie skonstruowane wykresy, ilustrujące tymi wartościami równocześnie skały i ich biotyty. Nie istnieje bowiem, jak to poprzednio wykazałem, zależność składników biotytu od zawartości krzemionki w skale. War-



Rys. 2.

Zależność wartości Niggliego biotytów i ich skał macierzystych. Rzędne: *al, fm, mg* w biotytach; odcięte: *al, fm, mg* w skałach macierzystych.

I — granit z Kosistej; II — granit z Goryczkowej.

Objaśnienia liczb jak pod rysunkiem 3.

Рис. 2.

Зависимость стоимости Ниггли биотитов и их родных пород. Ордината *y*: *al, fm, mg* в биотитах; ордината *x*: *al, fm, mg* в родных породах.

I — гранит из Косистой; II — гранит из Горычковой.

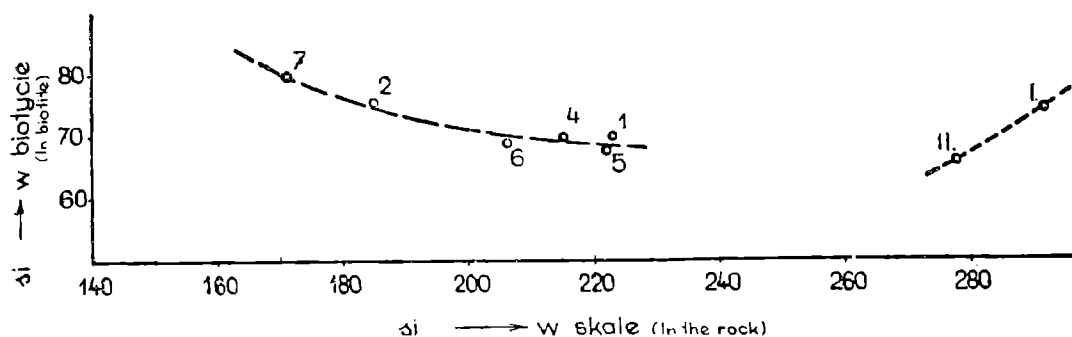
Числовое объяснение как для рис. 3.

Fig. 2.

Relation between *al, fm, mg* in biotites and in their parent rocks. I — Granite from Kosista; II — granite from Goryczkowa.

Explanation see fig. 3.

tości Nigglego wykorzystałem przeto inaczej. Sporządziłem wykresy, w których odpowiednie wartości skały tworzą oś odciętych, podczas gdy te same wartości biotytu leżą na rzędnych. I tak wykres zbudowany na wartościach fm skał i ich biotytów wykazuje wyraźnie zależność prostą, polegającą na wzroście fm w biotytach ze wzrostem fm odpowiednich skał, zgodnie ze spostrzeżeniami Z. Weyberga i moimi. Można zaobserwować, że zależność ta tworzy pewną funkcję ciągłą w odniesieniu do biotytów z granitów i gnejsów, podczas gdy dla biotytów z łupków krystalicznych (VI i VII) otrzymane punkty w wykresie znajdują się poza zasięgiem linii zmienności ciągłej. To samo odnosi się do wartości al i alk . Jedynie przy wartościach alk dla łupków krystalicznych zaznacza się słaby spadek alk w biotycie przy wzroście tej wartości w skale. W wykresie nie została uwzględniona wartość c , jako bardzo mała i nieistotna dla składu chemicznego biotytu.



Rys. 3.

Zależność wartości si Nigglego w biotytach i ich skałach macierzystych.

Rzędne: si dla biotytów; odcięte: si dla odpowiednich skał.

1 — gnejs z dol. Tomanowej; 2 — dioryt z dol. Chochołowskiej (z serii amfibolitów); 4 — gnejs z Czuby Goryczkowej; 5 — gnejs z Suchego Kondrackiego; 6 — łupek biotytowy z Garłucha; 7 — łupek granatowo-sylimanitowo-biotytowy z dol. Wielickiej.

Рис. 3.

Зависимость стоимости si Ниггли в биотитах и их родных пород. Ордината у si для биотитов; ордината х si для соответствующей породы. 1 — гнейс из Томановой долины; 2 — диорит из Хохоловской долины (серия амфиболитова); 4 — гнейс из Горычковой Чубы; 5 — гнейс из Сухого Кондрацкого; 6 — биотитовый сланец из Гарлуха; 7 — сланец гранатово-силлиманитово-биотитовый из Велицкой долины.

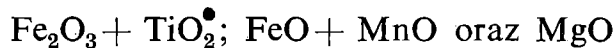
Fig. 3.

Relation between si Niggli content in biotites and in their parent rocks. 1 — gneiss from Tomanowa valley; 2 — diorite from Chochołów valley; 4 — gneiss from Goryczkowa Czuba; 5 — gneiss from Suchy Kondracki; 6 — biotite schist from Garluch; 7 — garnet-silimanite-biotite schist from Wielicka valley.

Osobny wykres, zbudowany na wartościach si biotytów i skał wykazuje, że ze wzrostem kwasoty skał zmetamorfizowanych spada nieznacznie ale w sposób ciągły zawartość SiO_2 w biotytach. Krzemionka zachowuje się więc w skałach tych odmiennie niż w granitach, gdzie istnieje zależność prosta.

Wartości Niggliego pozwalają więc również na stwierdzenie zależności między składem chemicznym skały a składem chemicznym biotytów z tych skał wydzielonych, przedstawiając zależności te w sposób wyraźny i przejrzysty.

W r. 1946 pojawiła się praca E. Wm. Heinricha, wykonana w Zakładzie Mineralogii i Petrografii Uniw. Harvarda (Cambridge, Mass. USA), w której autor, posługując się materiałem, zebrany z literatury, wykazuje zmienność składu chemicznego biotytów w zależności od rodzaju skał dla nich macierzystych. Doszedł on do przekonania, że zmienność tę da się wyrazić przy pomocy trzech grup składników chemicznych w biotytach:

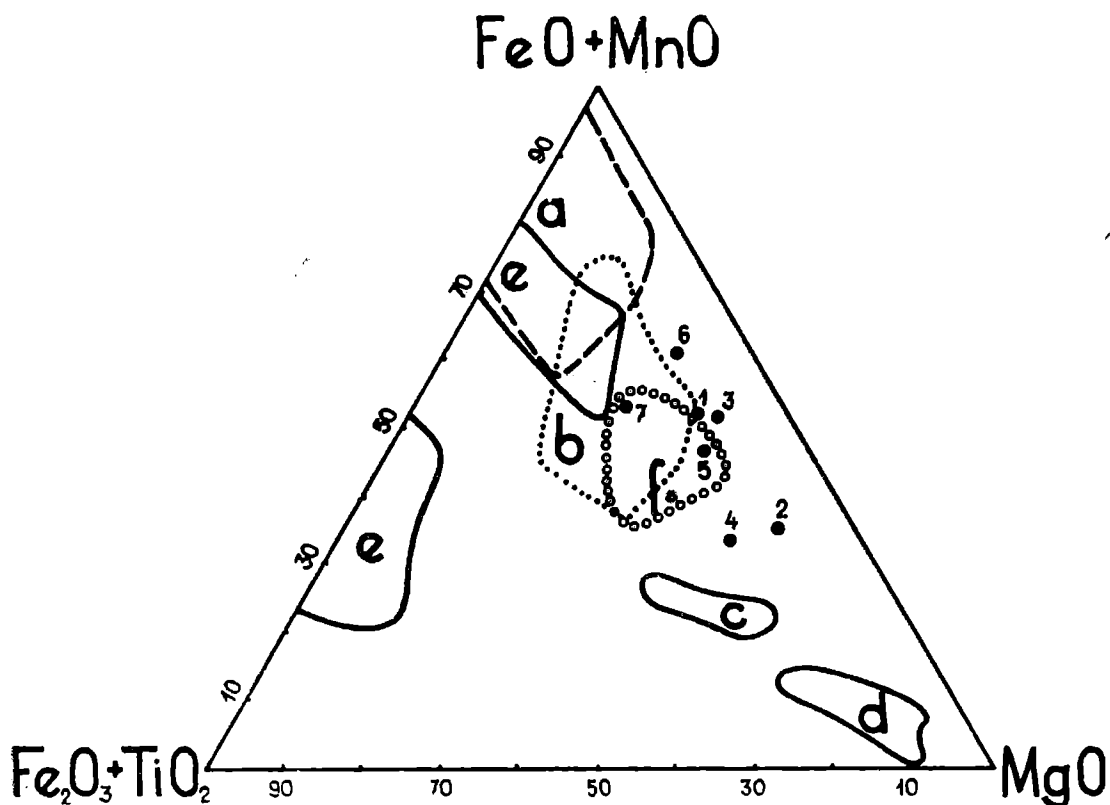


Te trzy grupy składników przedstawione graficznie w trójkącie Osanna, wyznaczają różne pola, zajęte przez biotyty z różnych skał. W ten sposób wyraźnie oddzielają się od siebie biotyty: a) z pegmatytów granitowych, b) z granitów, granodiorytów i monzonitów kwarcowych, c) z gabrów, d) z perydotytów i e) z syjenitów alkalicznych oraz z ich pegmatytów. Biotyty z tonalitów i diorytów zajmują część pola wymienionego pod b). Biotyty z gnejsów i łupków krystalicznych (f) leżą w obrębie pola przesuniętego nieco ku MgO w stosunku do pól wyznaczonych przez biotyty z granitów, monzonitów kwarcowych, granodiorytów, tonalitów i diorytów. Sposób przedstawiania zmienności składu chemicznego biotytów zastosowany przez Heinricha, nie pozwala jednak na śledzenie bardziej szczegółowej zależności od składu chemicznego skał tego samego rodzaju, co okazało się jedynie możliwe w opracowaniu podanym przez Z. Weyberga.

Dla porównania została sporządzona projekcja w trójkącie Osanna dla biotytów tatrzańskich, oparta na ilości następujących składników chemicznych, wyliczonych według Heinricha:

	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	$\text{FeO} + \text{MnO}$	MgO
Biotyt I a.	12	51	37
„ II a.	10	33	55
„ III a.	11	50	39
„ IV a.	15	33	52
„ V a.	13	46	41
„ VI a.	10	59	31
„ VII a.	19	53	28

Z wykresu widzimy, że pole biotytów pochodzących ze skał zmetamorfizowanych tatrzańskich zajmuje wyraźnie jeden bok pola, wyznaczonego przez Heinricha dla biotytów z gnejsów i łupków.



Rys. 4.

Biotyty zmetamorfizowanych skał tatrzańskich, wyrażone w układzie trójskładnikowym $(\text{FeO} + \text{MnO}) : \text{MgO} : (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$. Liczby 1, 2, 4, 5, 6, 7 oznaczają skały, jak w objaśnieniach do rys. 3. Oznaczenie pól: a — biotyty z pegmatytów granitowych; b — z granitów, granodiorytów, monzonitów kwarcowych; c — z gabra; d — z perydotytów; e — z syjenitów alkalicznych, f — z gnejsów i łupków krystalicznych (według E. W. Heinricha).

Рис. 4.

Биотиты метаморфических пород Татр, выраженные тройэлементным укладом $(\text{FeO} + \text{MnO}) : \text{MgO} : (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$. Числа 1, 2, 4, 5, 6, 7 обозначают породы как в объяснению рис. 3. Обозначение полей: а — биотиты пегматитовых гранитов, монзонитов кварцевых; б — габро; д — перидотитов; е — сиенитовых щелочных; ж — гнейсов и кристаллических сланцев (по Гейнриху).

Fig. 4.

Biotites in metamorphic Tatra rocks. a — biotites from granite pegmatites; b — from granites, granodiorites, quartz monzonites; c — from gabbro; d — from peridotites; e — from alkali syenites; f — from gneiss and crystalline schists (after E. W. Heinrich). Other signs see fig. 3.

WNIOSKI OGÓLNE

1. Oznaczenia żelaza dwuwartościowego (FeO) wykonane metodą Jakoba w biotytach: gnejsu doliny Tomanowej, diorytu doliny Chochołowskiej, gnejsu Ornaku wykazują, że wpływ ucierania w powietrzu na utlenianie się żelaza dwuwartościowego FeO na trójwartościowe (Fe_2O_3) jest bardzo nieznaczny, a różnice w otrzymanych wynikach obracają się w granicach błędu doświadczalnego.

2. Dla wykazania zależności składu chemicznego biotytów od składu chemicznego ich skał macierzystych okazała się najodpowiedniejszą charakterystyka biotyty przy pomocy stosunków cząsteczkowych składników obliczanych sposobem Z. Weyberga. Wzór oparty na tych stosunkach uwzględnia bowiem wszystkie składniki wykazane przez analizę chemiczną. Wzór ten podaje ilości składników w odpowiednio złączonych grupach RO_2 , R_2O_3 , R_2O , H_2O i w cząsteczce ortokrzemianowej R_2SiO_4 .

3. Regułę Z. Weyberga, zauważoną na biotytach granitów tatrzańskich, że skały bogatsze w FeO i MgO posiadają również biotyt bogatszy w te składniki, można uogólnić, gdyż stosuje się ona również w przypadku zmetamorfizowanych skał tatrzańskich pochodzenia magmowego.

4. Prawidłowość ta z uwzględnieniem pewnych odchyłeń w składzie chemicznym obowiązuje również biotyty i łupki krystaliczne pochodzenia osadowego.

5. Wzbogacenie się biotytów w FeO i MgO pochodzących ze skał bardziej zasadowych jest stosunkowo większe, niż w przypadku biotytów skał kwaśniejszych np. granitów.

6. Biotyty łupków krystalicznych posiadają znacznie większe ilości związanej chemicznie wody, niż biotyty innych skał.

7. Wykresy Niggliego pozwalają w sposób wyraźny i widoczny przedstawić zależność wartości fm w skale od wartości fm w biotycie (reguła Z. Weyberga).

Stosunki liczbowe innych składników w biotycie, wyrażone w wartościach Niggliego przez al , c , alk wykazują wyraźnie analogiczne dostosowanie się do zawartości tychże samych składników w skale, choć nie podlegają one tak znacznym wahaniom jak wartość fm .

8. Procentowa zawartość krzemionki w biotytach ulega małym wahaniom, bez względu na zawartość jej w analizie ryczałtowej skał; z wykresu Niggliego można by wnosić, że zawartość SiO_2 w biotytach, wprawdzie w bardzo ograniczonym zakresie jest odwrotnie proporcjonalna do ilości krzemionki w skałach.

* * *

Praca niniejsza została wykonana w latach 1930—1932 pod kierownictwem prof. St. Kreutza w Zakładzie Mineralogicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. Obecnie pracę ponownie przejrzał i uzupełnił nową literaturą i przygotował do druku prof. dr Antoni Gawęł za co składam Mu serdeczne podziękowania.

SPIS LITERATURY

1. J. Jakob: Beiträge zur chemischen Konstitution der Glimmer. *Zeit. f. Krist* 64 B, 1926. — 2. H. E. Boeke: Die Grenzen der Mischkristallbildung im Muscovit u. Biotit. *N. J. f. Min. P. u. G.*, 1916, I B. — 3. W. Kunitz: Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung u. den physikalisch-opt. Eigenschaften innerhalb der Glimmergruppe. *N. J. f. Min. B.*, B L. — 4. L. Gorazdowski: O składzie chemicznym tatrzańskich minerałów skałotwórczych. *Pam. fizj.*, War-

szawa, t. XV. — 5. J. Morozewicz: Ueber die Tatrgranite, N. J. B. B. XXXIX. — 6. Z. Weyberg: Przyczynki do petrografii trzonu kryst. tatrzańskiego, *Pam. Tow. Tatr.* Kraków, t. XXIII. — 7. Z. Weyberg: Materiały k poznaniu chemicz. sostawa porodoobrazujuszczich slud. *Warsz. U. Izwiestia.* — 8. W. Pawlica: Północna wyspa krystaliczna w Tatrach. *Rozpr. Akad. Um.*, Kraków, t. LVIII, 1915. — 9. W. Pawlica: Garłuchowskie skały wapienno-krzemianowe. *Rozpr. Akad. Um.*, Kraków, t. LVIII. — 10. P. Radziszewski: O granitach karpackich. *Prace P. I. G.*, t. I, zes. 2, Warszawa 1924. — 11. S. Kreutz: O tatrzańskim trzonie krystalicznym, *Wierchy*, Rocznik 9, 1930. — 12. S. Kreutz: Łupek granatowo-sylimanitowo-biotytowy w Tatrach. *Rozpr. Akad. Um.*, Kraków, t. LIII. — 13. St. Jaskólski: Les Amphibolites de Monts Tatra et leur origine. *Bull. d. l'Acad. de Science, Cracovie* 1926. — 14. J. Morozewicz: Rozmieszczenie granitów, gnejsów i łupków kryst. w Tatrach. *Pam. fizjogr.*, t. XI, 1891. — 15. W. Nechay: Z petrografii trzonu kryst. Tatr. *Kosmos* 1929. — 16. P. Seidel: Beiträge zur Kenntniss der gesteinsbildenden Biotite vorwiegend aus Paragneisen. Leipzig 1906. — 17. H. S. Washington: Chemical analyses of igneous rocks. Washington 1916. — 18. Z. Weyberg: Zależność składu biotytów skałotwórczych od zasadowości skały. *Sprawozd. z pos. Warsz. Tow. Nauk.* 1909. — 19. Z. Weyberg: Przyczynek do poznania stosunków panujących pomiędzy muskowitami skałotwórczymi, j. w. 1909. — 20. Z. Weyberg: Słów kilka o składzie łuszczaków w skałach dwułuszczakowych, j. w. 1908. — 21. Z. Weyberg: Biotyty skałotwórcze gór Ilmeńskich, j. w. — 22. Z. Weyberg: Wyniki rozbioru chemicznego skał biotytowych i ich biotytów, j. w. — 23. Z. Weyberg: Biotyty granitów, lamprofirów, bazaltów i syjenitów, j. w. (1908—1911). — 24. E. Wm. Heinrich: Studies in the mica group: the biotite-phylogopite series. *Am. Journ. of Sc.*, vol. 244, 1946.

РЕЗЮМЕ

Произведено анализ биотитового гнейса, инъекционного гнейса и диорита из Западных Татр а тоже анализ биотитов выделенных из этих пород.

Учитывая раньше произведенные анализы серий кристаллических сланцев и их биотитов, которые были опубликованы в петрографических трудах В. Павлицы, З. Вейберга и С. Креутца — относящихся к Татрам — автор доказал для кристаллических сланцев и их биотитов похожую зависимость в химическом составе, какую определил З. Вейберг для биотитов из гранитов Татр.

1. Обозначения железа двойвалентного (FeO), изготовленные методом Якоба в биотитах: гнейса Томановой Долины, диорита Хохоловской Долины, гнейса Орнава, доказывают, что влияние утирания в воздухе на окисление железа двойвалентного (FeO) на тройвалентное очень незначительное, а разницы результатов удерживаются в границах экспериментальной ошибки.

2. Для указания зависимости химического состава биотитов от химического состава их родных пород оказалась самой хорошей характеристика биотита при помощи молекулярных отношений, элементов исчисленных методом З. Вейберга. Формула на основании этих отношений учитывает все элементы выказаны химическом анализом. Формула эта представляет количество элементов в относительно соединенных группах RO_2 , R_2O_3 , R_2O , H_2O и в молекуле ортосиликата R_2SiO_4 .

3. Правило З. Вейберга, замеченное в биотитах Татр, что породы богаче в FeO и MgO имеют тоже биотит очень богатый

в эти же элементы, можно обобщить, потому что оно касается тоже в случае метаморфических пород Татр магмового происхождения.

4. Правильность эта, по принятию во внимание незначительных отклонений в химическом составе, обязывает тоже биотиты и кристаллические сланцы осадочного происхождения.

5. Обогащение биотитов в FeO и MgO , происходящих из пород более щелочных, оказывается относительно больше, чем в случае биотитов более кислых пород, нр. гранитов (рис. 1).

6. Биотиты кристаллических сланцев имеют значительно большие количества химически связанной воды чем биотиты других пород.

7. Диаграмма Ниггли позволяет отчётливо и ясно представить зависимость fm в породе от стоимости fm в биотите (Правило Э. Вейберга). Количественные отношения других элементов в биотите, выраженные стоимостями Ниггли al , c , alk , доказывают ясно аналогическое приспособление к этим же элементам в породе, хотя не подлежат они так значительной нерешительности как стоимость fm .

8. Процентное содержание кремнезёма в биотитах подлежит малой изменчивости, не смотря на содержание его в огульном анализе пород.

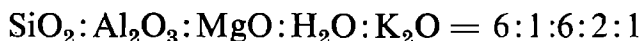
Из диаграммы Ниггли можно предполагать, что содержание Si_2O в биотитах, в самом деле в ограниченном размере, является обратно пропорциональным до содержания кремнезёма в породах.

SUMMARY

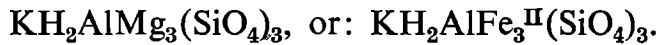
Abstract. Biotite gneiss, injection gneiss and diorites of the Western Tatras have been analyzed and the results compared with the analyses of the biotites contained by the rocks. On the basis of analyses of the Tatra crystalline schists and their biotites, published by W. Pawlica, Z. Weyberg, and S. Kreutz, the author has come to the conclusion that a similar relation exists between the crystalline schists and their biotites as that found by Z. Weyberg between the Tatra granite and its biotite.

Since long ago it has been noticed that the chemical composition of minerals forming mixed crystals of isomorphous substances is dependent on the chemical composition of the magma from which they originated. The most typical example of such a dependence are plagioclases with a various An content, the latter changing in a regular manner which is almost continuous, especially in rocks of the calc-alkali series.

Apart from feldspars, biotite is one of the most common rock-forming minerals. Numerous analyses of this mineral have demonstrated great variability of the chemical composition of biotites derived not only from different rocks, but also from rocks of one kind. W. Kunitz establishes the composition of normal biotite as approximating the ratios:



The formula corresponding to these ratios has the form:



The biotites of granites in the Tatra Mountains have been studied for a long time as to the variability of their chemical composition. L. Gorazdowski was the first Polish investigator who in 1899 isolated and analyzed the Tatra micas. Among others he gives the analysis of a biotite from a biotite-schist encountered in Dolina Wielicka and from a coarse-grained granite from Czerwony Wierch. J. Morozewicz, entering upon a petrographical description of the Tatra granites, employs for their biotites the formula:



However, when such a manner of recalculating the analyses of biotites is adopted, large quantities of free silica, trivalent iron and water remain unincorporated in the formula.

In 1901 Z. Weyberg, in a contribution to the petrography of the crystalline core of the Tatra Mountains, gives the analysis of a granite of gneissitic texture from Suchy Kondracki and the analysis of a biotite isolated from this rock. In 1909 the same author, in a series of studies later collected in one work published in Russian, investigates the dependence of the chemical composition of biotites upon the chemical composition of the parent rocks of these micas. The latter rocks are the following:

1. bimicaceous granite from Kosista,
2. micaceous granite from Pośredni Goryczkowy,
3. granites of a gneissitic texture from Suchy Kondracki.

The biotites isolated from these rocks were represented by Z. Weyberg by means of the following general formulae:

- | | |
|----|---|
| 1. | $8 \text{RO}_2.4 \text{R}_2\text{O}_3. \text{R}_2\text{O}.3 \text{H}_2\text{O}.3 \text{R}_2\text{SiO}_4$ |
| 2. | $3 \text{RO}_2.2 \text{R}_2\text{O}_3. \text{R}_2\text{O}.2 \text{H}_2\text{O}.2 \text{R}_2\text{SiO}_4$ |
| 3. | $8 \text{RO}_2.4 \text{R}_2\text{O}_3.3 \text{R}_2\text{O}.5 \text{H}_2\text{O}.5 \text{R}_2\text{SiO}_4$ |

In the formulae represented in this form Z. Weyberg includes the whole quantity of silica and water obtained in the analysis. For that very reason this method of representing biotites will be used by the author henceforth in this work, being as it is the simplest method and one which completely takes into consideration the chemical components of biotite.

Z. Weyberg discovers the dependence that: «the more RO oxides in a magmatic rock, the richer is its biotite in R_2SiO_4 ». Having ascertained the existence of such a dependence in Tatra rocks, the above-mentioned author listed in his subsequent studies 26 analyses of biotites, collected from literature; he proved that their chemical composition is also dependent on the quantity of iron and magnesium in the rock, and independent of the quantity of quartz.

Adopting the results of Z. Weyberg's studies as a basis, P. Radziszewski publishes in 1924 some analyses of granites that are co-

magmatic with the ones from the Tatra Mountains, viz.: from the hills of Tribec near Nitra, in the range of the Małe Karpaty (Wolfstal) and from the Hnilec hills (valley of the Hernad), giving at the same time analyses of their biotites. He, too, confirms the correctness of the views held by Z. Weyberg. P. Radziszewski also expresses the supposition that the red-brown colour of the biotite in the Wolfstal granite may be derived from sagenite or even from TiO_2 , contained in biotite in the form of a solid solution.

In 1915 W. Pawlica publishes an extensive petrographic study pertaining to the so-called northern crystalline island in the Tatra Mountains. In this work he distinguishes an andesine-biotite-gneiss from Czuba Goryczkowa, comagmatic with the granite of this region; he compares this gneiss with the granite-gneiss of Suchy Kondracki. He also compares the biotites isolated from these rocks. The same author published in 1919 his studies of metamorphic rocks from Garłuch, among which he distinguishes a biotite-schist. In this work also he analyzes the biotite isolated from the biotite-schist.

The studies of W. Pawlica on the gneisses and biotite-schists of the Tatra Mountains were an encouragement towards extending the investigations for the purpose of establishing the correctness of Z. Weyberg's thesis with regard to biotites derived from metamorphic rocks. Prof. S. Kreutz not only entrusted the author with the execution of this task, but he was also kind enough to put at the author's disposal the rock samples of his rich collection from the Tatra Mountains, supplemented every year during the field-excursions of the Mineralogy Department of the Cracow University. Moreover, the author carried out an analysis of a sample of diorite from Dolina Chochołowska, offered to him by Dr. K. Maślankiewicz.

Petrographic description of the rocks and of the biotites isolated therefrom

I. Gneiss from Dolina Tomanowa (Analysis I, p. 125).

This is a compact rock, fine-grained, of grey colour. Its schistoid character is imparted to it by laminae of biotite, arranged in a parallel manner and alternating with salic components. In a thin slice under the microscope observable are laminae of biotite, bent and undulating, united with muscovite. Both muscovite and biotite display an undulating extinction of light. The state of conservation of the biotite is various; besides fresh specimens, ones which are partly weathered also occur. Apart from the biotite the principal constituent of the rock is quartz, as a rule with an undulating extinction of light, and plagioclase belonging to the order of albite-oligoclase, containing 15% of anorthite. Measurements were carried out on sections perpendicular to face M (010) and P (001). This result was confirmed by a de-

termination by means of comparing the refractive index of plagioclase with that of quartz, according to the method of F. Becke:

in a parallel position: $\omega > \alpha'$, $\varepsilon > \gamma'$

in a crossed position: $\omega > \gamma'$, $\varepsilon > \alpha'$

Plagioclase, twinned in accordance with the albite law, is sericitized along the cleavage fissures.

Of accessory constituents in this rock encountered are zircon, apatite and iron oxides, mostly as inclusions in the biotite.

The biotite (page 128, Analysis 1a) of this rock is optically almost uniaxial; it is characterized by the usual absorption pattern: $\gamma = \beta$ of the dark-brown colour $> \alpha$ of the straw-yellow colour.

The refractive indices, measured by the immersion method, for sodium light, do not differ from each other, giving the mean value:

$$\gamma = \beta_{\text{Na}} = 1.6378.$$

Specific gravity 3.005.

The author determined the specific gravity of the analyzed biotites by suspending laminae, with surfaces as smooth as possible, under reduced pressure in Thoulet's liquid. The specific gravity of the liquid was determined by the author by means of Westphal's balance.

II. Diorite from Dolina Chochołowska. This is a compact rock, fine-grained, of dark-brown colour. Distinguishable in it under the microscope is a green amphibole belonging to common hornblende. In places the hornblende intergrows with biotite. It does not possess inclusions. It displays strong pleochroism:

α = yellowish-green colour

β = olive-green colour

γ = dark-green colour.

Twins are very frequently united parallel to the face (100). Plagioclases with an undulating extinction of light, twinned in accordance with the albite-, Carlsbad- and pericline laws, belong to the order of albite and acid andesine with a 34% content of anorthite. The author carried out a determination of the plagioclase on a section perpendicular to the face *P* and *M*, checking the determination by Becke's method. On some individuals of plagioclase observable are traces of a banded structure. The weathering of the plagioclase begins from the middle of the crystals.

The quartz displays the results of cataclasis in the form of fissures and an undulating extinction of light. It has inclusions of zircon and apatite, the latter mineral occurring in the form of long well-developed individuals.

The most numerous occurring constituent of this rock is biotite. Its laminae, with frayed outlines, are arranged with regard to one another and distributed in the rock in a disorderly fashion; hammered out of the rock, they prove to be brittle and fragile. Some laminae display an undulating extinction of light. The appearance of the biotite is quite fresh; contained in the latter are list-like inclusions

of iron oxides and elliptically rounded inclusions of plagioclase which it was not possible to determine accurately. The author noticed in it no inclusions of zircon.

Pleochroism:

α = straw-yellow colour
 $\beta = \gamma$ = dark-olive colour

Refractive index for sodium light:

$\beta = \gamma = 1.6372$ (Na)

The angle of the optical axes — measured in homogeneous sodium light on Fedorow's small stage mounted on a microscope stage — amounts to:

$$2V = 90^\circ$$

Dispersion of the optical axes is not visible.

Specific gravity 2.997.

Chemical composition: see page 128, Analysis II a.

III. «Injection gneiss» from Ornak. The rock specimen from which the author isolated the biotite was composed of four layers consisting alternately of white coarse-grained granite and streaks of biotite. Prof. S. Kreutz (11) explains the origin of this gneiss by the intrusion of almost white granite into older neighbouring formations. This intrusion led to the formation of a migmatitic rock composed of two alternating elements: an older schist and a younger granite. The author did not analyze this rock, because the analysis of a rock of such heterogeneous structure would be of no great value for the purpose of explaining the genetical relationships between its constituents.

The biotite isolated from the top layer, the schistose one, is of a beautiful red colour. The laminae of the biotite are completely fresh and elastic. Chemical composition: see page 129, Analysis III b.

Pleochroism: $\beta = \gamma$ = dark-red colour $> \alpha$ olive-red colour.

Refractive indices: $\beta = \gamma = 1.6406$ (Na).

Angle of the optical axes: $2V = 12^\circ$.

Specific gravity: 3.021.

Also taken into consideration in the work herein presented were the analyses of the following rocks and their biotites, executed by other authors:

IV. Gneiss from Czuba Goryczkowa; analyzed by W. Pawlica (8), page 126, Analysis IV, and page 129, Analysis IV a.

V. Gneiss from Suchy Kondracki; analyzed by Z. Weyberg (6), page 126, Analysis V, and page 130, Analysis V a.

VI. Biotite-schist from Garłuch; analyzed by W. Pawlica (9), page 127, Analysis VI, and page 130, Analysis VI a.

VII. Garnet-sillimanite-biotite-schist; analyzed by S. Kreutz (12), page 127, Analysis VII, and page 131, Analysis VI a.

With regard to the analyses it must be explained that bivalent iron was determined in analyses I, II and III by the method of J. Jakob (2), while in the earlier analyses, quoted in this work, the determination of FeO was carried out by the Pöbel-Doelter method.

Furthermore, the author carried out investigations for the purpose of demonstrating whether the grinding of biotite does really exert any influence upon the degree of iron oxidation in biotite. The results of the executed analyses always show slightly higher values for biotites which have not been ground, as is observable in the following table:

a. Determination of FeO by the Pöbel-Doelter method.

Percentages by weight.

	B I O T I T E					
	from the gneiss from Tomanowa		from the diorite from Chochołowska		from the gneiss from Ornak	
	ground	not ground	ground	not ground	ground	not ground
1	16·89	17·86	12·21	12·86	16·96	17·26
2	16·94	17·73	12·46	12·90	17·06	17·44
3	—	—	—	—	17·08	17·36
Mean	16·92	17·79	12·33	12·88	17·03	17·35

b. Determination of FeO by the method of J. Jakob.

Percentages by weight.

	B I O T I T E					
	from the gneiss from Tomanowa		from the diorite from Chochołowska		from the gneiss from Ornak	
	ground	not ground	ground	not ground	ground	not ground
1	18·65	18·75	13·31	13·58	17·89	18·24
2	18·59	15·09	13·32	13·29	18·02	18·28
3	—	—	—	—	18·18	18·12
Mean	18·62	18·92	13·31	13·40	18·03	18·21

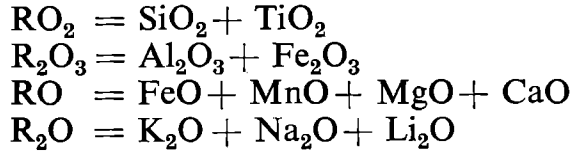
c. Determination of FeO in the rocks.

Percentages by weight.

	Pöbel-Doelter method		J. Jakob method	
	ground	crushed	ground	crushed
gneiss from Tomanowa	2·64	2·86	2·94	3·33
diorite from Chochołowska	4·48	4·36	4·92	4·81

The results of the author's own chemical analyses, as well as those of Tatra rocks and biotites taken from literature, are listed in the following tables (pp. 125—131 of the Polish text).

The molecular relations, calculated from the chemical analyses, have been combined in one general formula characterizing the particular rock or biotite according to the following scheme:



In addition to this, for the biotites the author also gives the values of the molecular ratios for H_2O .

Even a cursory inspection of the tables prepared according to the scheme adopted above shows that each rock has a different biotite, characterized by a specific chemical composition.

From all the analyses listed on pages 125—131, the author composes general formulae expressed by molecular ratios which for the rocks present themselves as follows:

	RO_2	R_2O_3	RO	R_2O
Rock I.	9982	1985	1240	969
„ II.	9898	1672	2586	846
„ IV.	10457	1667	2156	811
„ V.	10401	1949	1662	938
„ VI.	9891	2088	1936	507
„ VII.	8968	2663	1735	520

By accepting $\text{R}_2\text{O}_3 = 10$, for the purpose of making comparisons possible, the molecular ratios become clearer, as is shown in the table given below:

	RO_2	R_2O_3	RO	R_2O
Rock I.	52.1	10	6.5	5
„ II.	59.2	10	15.4	5
„ IV.	62.7	10	12.9	4.9
„ V.	53.4	10	8.5	9.3
„ VI.	47.4	10	9.3	2.4
„ VII.	33.7	10	6.5	1.9

General formulae for the biotites, calculated in a similar manner, are as follows:

	RO_2	R_2O_3	RO	R_2O	H_2O
Biotite I a.	6043	2037	4571	1321	1472
„ II a.	6707	1678	5540	920	1049
„ III a.	6104	1914	4657	1133	1771
„ IV a.	6426	1871	5235	1063	1583
„ V a.	6018	1960	4646	1369	2305
„ VI a.	5859	1413	5328	945	3583
„ VII a.	6129	2416	3451	909	3516

The formulae of these biotites, calculated according to Prof. Z. Weyberg (18), are as follows:

I a.	13 RO ₂	7 R ₂ O ₃	5 R ₂ O	5 H ₂ O	8 R ₂ SiO ₄
II a.	14 RO ₂	6 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	10 R ₂ SiO ₄
III a.	10 RO ₂	5 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	6 R ₂ SiO ₄
IV a.	10 RO ₂	5 R ₂ O ₃	3 R ₂ O	4 H ₂ O	7 R ₂ SiO ₄
V a.	11 RO ₂	6 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	7 H ₂ O	7 R ₂ SiO ₄
VI a.	13 RO ₂	6 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	13 H ₂ O	11 R ₂ SiO ₄
VII a.	9 RO ₂	5 R ₂ O ₃	2 R ₂ O	7 H ₂ O	4 R ₂ SiO ₄

For the sake of comparison accepting R₂O₃ = 10, the author obtains the following table:

I a.	19 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	7 H ₂ O	11 R ₂ SiO ₄
II a.	23 RO ₂	10 R ₂ O ₃	5 R ₂ O	6 H ₂ O	16 R ₂ SiO ₄
III a.	20 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	10 H ₂ O	12 R ₂ SiO ₄
IV a.	20 RO ₂	10 R ₂ O ₃	6 R ₂ O	8 H ₂ O	14 R ₂ SiO ₄
V a.	19 RO ₂	10 R ₂ O ₃	7 R ₂ O	12 H ₂ O	12 R ₂ SiO ₄
VI a.	22 RO ₂	10 R ₂ O ₃	7 R ₂ O	25 H ₂ O	19 R ₂ SiO ₄
VII a.	18 RO ₂	10 R ₂ O ₃	4 R ₂ O	14 H ₂ O	7 R ₂ SiO ₄

It follows from a comparison of the formulae of the biotites that the greatest oscillations take place with regard to the quantity of water; the highest content of the latter characterizes the biotites of the two schists (paracrystalline rocks).

In order to bring into greater prominence the dependence of the chemical composition of biotites upon the chemism of the parent rocks, the author gives a series of ratios between the constituent parts, as well as graphs illustrating plainly the above-mentioned dependence.

1. Thus the author calculates the ratios of the oxides RO:R₂O₃ in the rocks and compares them with the number of molecules of orthosilicate contained in the biotites:

Analysis:	I	II	IV	V	VI	VII
RO:R ₂ O ₃ in rocks:	0·65	1·54	1·30	0·85	0·93	0·65
R ₂ SiO ₄ in biotites:	11	16	14	12	19	7

It turns out that parallel to the increase of RO in a rock, there is an increase of the R₂SiO₄ content in the biotite isolated from the same rock. This dependence is illustrated still more distinctly in the graph fig. 1, p. 133, in which the ratio RO:R₂O₃ of the particular rock is located on the axis of abscissas, while on the axis of ordinates we have R₂SiO₄, calculated for its biotite according to Weyberg.

Therefore, the rule discovered by Z. Weyberg, concerning the dependence of the chemical composition of biotites derived from Tatra granites, is also applicable to diorite and gneisses from the Tatra Mountains, but it does not apply to metamorphic rocks of sedimentary origin and their biotites, as is indicated by the distribution of points 6 and 7 in the graph (see Polish text, page 133).

The corresponding ratios in granites and their biotites are as follows:

- I. Granite of Kosista RO:R₂O₃ = 0·66
- II. Granite of Goryczkowa RO:R₂O₃ = 0·83

On the other hand, the number of orthosilicate molecules R₂SiO₄ in the formula of biotite, calculated according to Weyberg, is as follows:

- for biotite from granite I: 8 R₂SiO₄
- " " " " " II: 10 R₂SiO₄

If a comparison is made of the dependence of the orthosilicate molecule of biotite upon the ratio RO:R₂O₃ in granite and gneiss, it is easily observable that the number of R₂SiO₄ molecules in the biotites isolated from gneisses is greater than in biotites derived from granites with the same ratio RO:R₂O₃ as the one encountered in gneisses. The fact is that for the granite from Kosista we find, e. g., the ratio RO:R₂O₃ equal to 0·66; in the biotite 8 molecules of R₂SiO₄ correspond to the latter. In the gneiss from Tomanowa a biotite containing 11 molecules of R₂SiO₄ corresponds to an almost identical value of RO:R₂O₃.

The fact that the dependence existing in the biotites isolated from gneiss and granite is not accidental in the above-mentioned example, is proved by similar relations occurring also between the granite of Goryczkowy Pośredni (II) and the gneiss of Suchy Kondracki (Analysis V, page 126) on the one hand, and their biotites on the other:

- in the granite of Goryczkowy Pośredni.. RO:R₂O₃ = 0·83
- in the gneiss of Suchy Kondracki RO:R₂O₃ = 0·85

In the biotite of the granite calculated were 10 molecules of R₂SiO₄, in the biotite of the gneiss: 12 molecules of R₂SiO₄.

It clearly follows from the foregoing that there exists between the number of R₂O₃ molecules in biotites and the ratio RO:R₂O₃ in their parent rocks an interdependence which is directly proportional, in accordance with Z. Weyberg's rule; furthermore, the biotites of gneisses are always richer in R₂SiO₄ than are the biotites of granites, with the same ratio RO:R₂O₃ occurring in both rocks.

2. A comparison of the ratios FeO:MnO:MgO in a rock and its biotite informs us that the biotites of gneisses and crystalline schists are richer, in percentages, in FeO molecules than their parent rocks. The only exception is diorite and its biotite (Anal. II, II a).

Analysis			Analysis		
No.	Rock		No.	Biotite	
	FeO	MnO : MgO		FeO	MnO : MgO
I.	1·02	: 0 : 1	I a.	1·38	: 0 : 1
II.	0·60	: 0·04 : 1	II a.	0·35	: 0·02 : 1
III.	not analyzed		III a.	1·25	: 0·02 : 1
IV.	0·53	: 0·03 : 1	IV a.	0·61	: 0·03 : 1
V.	0·85	: 0·01 : 1	V a.	1·09	: 0·04 : 1
VI.	1·48	: 0·12 : 1	VI a.	1·86	: 1
VII.	1·47	: 0·09 : 1	VII a.	1·85	: 1

These ratios, calculated for the Tatra granites and their biotites, are as follows:

	FeO	: MnO	: MgO
Granite from Kosista.....	1	:	0 : 1
Biotite	1.47	:	0.04 : 1
Granite from Pośredni Goryczkowy	0.83	:	0.06 : 1
Biotite	0.83	:	0.04 : 1

The interdependence of these ratios in the biotites and their parent rocks is more markedly obscured by the presence of muscovite in the granite from Kosista, in gneisses and crystalline schists. It is obvious that under conditions which make possible the crystallization of muscovite — i. e., in the presence of volatile components — magnesium more easily and longer persists in a state of dissociation than does iron, and for that reason biotites are, in percentages, enriched in iron.

In more basic rocks, containing amphiboles (diorite), iron is used up sooner for the crystallization of amphiboles and, as the case may be, in such manner that the biotites, being younger, become enriched (in percentages) in MgO. In biotite-granite, free from the original muscovite (Pośredni Goryczkowy), the ratio FeO:MgO is the same as in the biotite.

3. The dependence of the molecular relations of other chemical constituents in biotites upon the ratios of these constituents in the rocks is not so distinct, or even does not occur at all. As an example may serve the ratios $Al_2O_3:Fe_2O_3$, a comparison of which with each other demonstrates that there is no simple interdependence between these constituents in the biotite and in the rock:

	$Al_2O_3 : Fe_2O_3$		$Al_2O_3 : Fe_2O_3$
Rock I.	8.3 : 1	Biotite I a.	5.5 : 1
„ II.	15.0 : 1	„ II a.	6.0 : 1
„ III.	—	„ III a.	13.3 : 1
„ IV.	10.5 : 1	„ IV a.	4.0 : 1
„ V.	18.7 : 1	„ V a.	6.9 : 1
„ VI.	11.4 : 1	„ VI a.	5.2 : 1
„ VII.	12.7 : 1	„ VII a.	3.7 : 1

In order to supplement the characteristic of the chemical composition of the biotites themselves, the author gives yet a series of the molecular ratios of their chemical constituents, disregarding the already indeterminable dependence of these ratios upon the chemism of the rocks:

4. The author calculates the ratio $RO_2:R_2O_3$, in which RO_2 corresponds to the silica from which has been deducted the quantity necessary for forming a molecule of R_2SiO_4 :

	$RO_2 : R_2O_3$
Biotite I a.	1.84 : 1
„ II a.	2.34 : 1
„ III a.	1.97 : 1
„ IV a.	2.09 : 1
„ V a.	1.84 : 1
„ VI a.	2.24 : 1
„ VII a.	1.82 : 1

Only in the biotites from Ornak and from the gneiss of Czuba Goryczkowa does this ratio amount to c. 2; in the biotite from diorite it considerably differs from this figure, while in all others it is close to it.

5. The molecular ratios $RO_2:H_2O$, $RO_2:R_2O$, and $H_2O:R_2O$, in biotites, are shown in the following list:

	$RO_2 : H_2O$	$RO_2 : R_2O$	$H_2O : R_2O$
Biotite I a.	4 : 1	4.5 : 1	1.1 : 1
„ II a.	6.4 : 1	7.3 : 1	1.1 : 1
„ III a.	3.4 : 1	5.4 : 1	1.6 : 1
„ IV a.	4.1 : 1	6.0 : 1	1.5 : 1
„ V a.	2.6 : 1	4.4 : 1	1.6 : 1
„ VI a.	1.6 : 1	6.2 : 1	3.8 : 1
„ VII a.	1.7 : 1	6.7 : 1	3.8 : 1

The foregoing list shows that in biotites the ratio $RO_2:H_2O$ differs; on the other hand, the molecular ratio $RO_2:R_2O$ approximates the figure 6 in four biotites.

In the biotites of both schists the ratio $H_2O:R_2O$ is very high, amounting to 3.8:1, while in the biotites of all the other rocks it does not exceed the figure 1.6. This figure is associated with the important role played by water during the formation of minerals in crystalline schists.

3. The ratio of a aluminosilicate molecule silicate to one of orthosilicate in the biotites, accepted as a unit, is as follows:

	$(RO_2 + R_2O_3 + R_2O + H_2O) : R_2SiO_4$
Biotite I a.	1.25 : 1
„ II a.	0.91 : 1
„ III a.	1.23 : 1
„ IV a.	1.06 : 1
„ V a.	1.34 : 1
„ VI a.	1.14 : 1
„ VII a.	2.17 : 1

Interdependence of the chemical composition of rocks and their biotites in Niggli values

The character of the rocks taken into consideration in the author's studies is designated with regard to the chemical composition, by the

numerical values *si*, *al*, *fm*, *c*, *alk*, *k*, *mg* — calculated by the author according to Niggli from the molecular ratios.

These values for the particular rocks are shown in Table VIII on p. 138.

A differentiation graph, prepared on the basis of Niggli's values calculated from the chemical composition of the biotites, would not be very legible or instructive on account of the small range of values for *si* in the biotites (from 66 to 80).

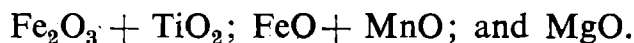
It would also be difficult to attain any correlation in normally composed graphs, illustrating by means of these values simultaneously the rocks and their biotites. The fact is, as the author has previously demonstrated, that there does not exist any dependence of the constituents of biotite upon the silica content in the rock. The author utilized Niggli's values otherwise. He prepared graphs in which the appropriate values of the rock constitute the axis of abscissas, while the same values of the biotite lie on the ordinates. And thus the graph prepared by means of the *fm* values of the rocks and their biotites shows distinctly a direct dependence consisting in an increase of *fm* in the biotites together with an increase of *fm* in the corresponding rocks, in accordance with the observations of Z. Weyberg and of the author.

It is noticeable that the above-mentioned dependence forms a certain continuous function as regards the biotites from granites and gneisses, while for the biotites derived from crystalline schists (VI and VII) the points obtained in the graph lie beyond the range of the line of continuous variability. The same applies to the values *al* and *alk*. Only in the values of *alk* for the crystalline schists is there a slight drop of *alk* in the biotite, with an increase of this value in the rock. Not taken into account in the graph was the value *c*, being as it is very small and not of great importance for the chemical composition of the biotite (see fig. 2 on p. 139).

A separate graph (fig. 3), prepared by means of the *si* values of the biotites and rocks, demonstrates that together with an increase of the acidity of metamorphic rocks there occurs an insignificant, but continuous, drop of the SiO₂ content in the biotites. Therefore, the silica in these rocks behaves differently than it does in granites in which there exists a direct dependence.

Consequently, Niggli's values allow us to establish the existence of an interdependence between the chemical composition of rocks and that of the biotites isolated from those rocks, showing this interdependence in a distinct and clear manner.

In 1946 was published a work of E. Wm. Heinrich, executed in the Mineralogy and Petrography Department of Harvard University (Cambridge, Mass., USA), in which the author, making use of material collected from literature, demonstrates the variability of the chemical composition of biotites in conformity with their parent rocks. He became convinced that this variability is expressible by means of three groups of chemical components in biotites:



These three groups of components, represented graphically in Osann's triangle, mark out different fields, occupied by biotites from different rocks. In such manner distinctly separated from one another are biotites: (a) from granite-pegmatites; (b) from granites, granodiorites, and quartz-monzonites; (c) from gabbros; (d) from peridotites; and (e) from alkali syenites and from their pegmatites. Biotites from tonalites and diorites occupy part of the field listed above under point b. Biotites from gneisses and crystalline schists lie within a field which is shifted somewhat towards MgO with regard to the fields marked out by the biotites from granites, quartz-monzonites, granodiorites, tonalites and diorites. The method of showing the variability of the chemical composition of biotites adopted by Heinrich does not enable one, however, to investigate the more detailed dependence on the chemical composition of rocks of the same kind, this having been proved to be possible only in the elaboration published by Z. Weyberg.

For the sake of comparison, a projection has been prepared in Osann's triangle for the Tatra biotites, based upon the quantity of the following chemical components, calculated according to Heinrich:

	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	$\text{FeO} + \text{MnO}$	MgO
Biotite I a.	12	51	37
„ II a.	10	33	57
„ III a.	11	50	39
„ IV a.	15	33	52
„ V a.	13	46	41
„ VI a.	10	59	31
„ VII a.	19	53	28

It is observable in the graph (fig. 4) that the field of biotites derived from metamorphic rocks from the Tatra Mountains distinctly occupies one side of the field marked out by Heinrich for biotites from gneisses and schists.

GENERAL CONCLUSIONS

1. Determinations of bivalent iron (FeO) carried out by Jakob's method in biotites (from gneiss of Dolina Tomanowa, diorite of Dolina Chochołowska, and gneiss of Ornak) demonstrate that the influence of grinding in the open air upon the oxidation of bivalent iron ($\text{Fe}^{\text{II}}\text{O}$) to trivalent iron ($\text{Fe}_2^{\text{III}}\text{O}_3$) is very slight, and the differences in the results arrived at lie within the limits of experimental error.

2. It was discovered that for demonstrating the dependence of the chemical composition of biotites upon that of their parent rocks the most suitable method is to characterize biotite by means of the molecular ratios of constituents, calculated by Z. Weyberg's method. The fact is that the formula based on these ratios takes into consideration all the constituents demonstrated by chemical analysis. This formula gives the quantities of constituents in appropriately combined groups — RO_2 , R_2O_3 , R_2O , H_2O — and in a molecule of orthosilicate, R_2SiO_4 .

3. It is possible to generalize Z. Weyberg's rule, observed on the biotites of Tatra granites, which states that rocks richer in FeO and MgO possess also a biotite which is richer in these constituents; this rule applies also to Tatra metamorphic rocks of magmatic origin.

4. This regularity, taking into consideration certain deviations in the chemical composition, applies also to biotites and crystalline schists of sedimentary origin.

5. Enrichment of biotites in FeO and MgO is relatively greater when the biotites are derived from more basic rocks than in the case of biotites of more acid rocks, e. g., granites.

6. The biotites of crystalline schists have considerably greater quantities of chemically combined water than the biotites of other rocks.

7. By means of Niggli's graphs it is possible to present distinctly and visibly the dependence of the *fm* value in rock upon the *fm* value in its biotite (Z. Weyberg's rule).

The numerical ratios of other constituents in biotite, expressed in Niggli's values by *al*, *c*, and *alk*, display distinctly an analogical adaptation to the content of the same constituents in the rock, although they are not subject to such considerable oscillations as is the value *fm*.

8. The percental content of silica in biotites is subject to small oscillations, regardless of its content in the total analysis of the rocks; from Niggli's graph it could be concluded that the SiO₂ content in biotites, within very narrow limits to be sure, is inversely proportional to the quantity of silica in the rocks.

The present work was carried out in the years 1930—1932 under the guidance of Prof. S. Kreutz in the Mineralogy Department of the Jagellonian University (Cracow). The work has now been revised, supplemented with new literature and prepared for publication by Prof. Dr. Antoni Gaweł to whom the author offers his cordial thanks.