

Andrzej Bolewski

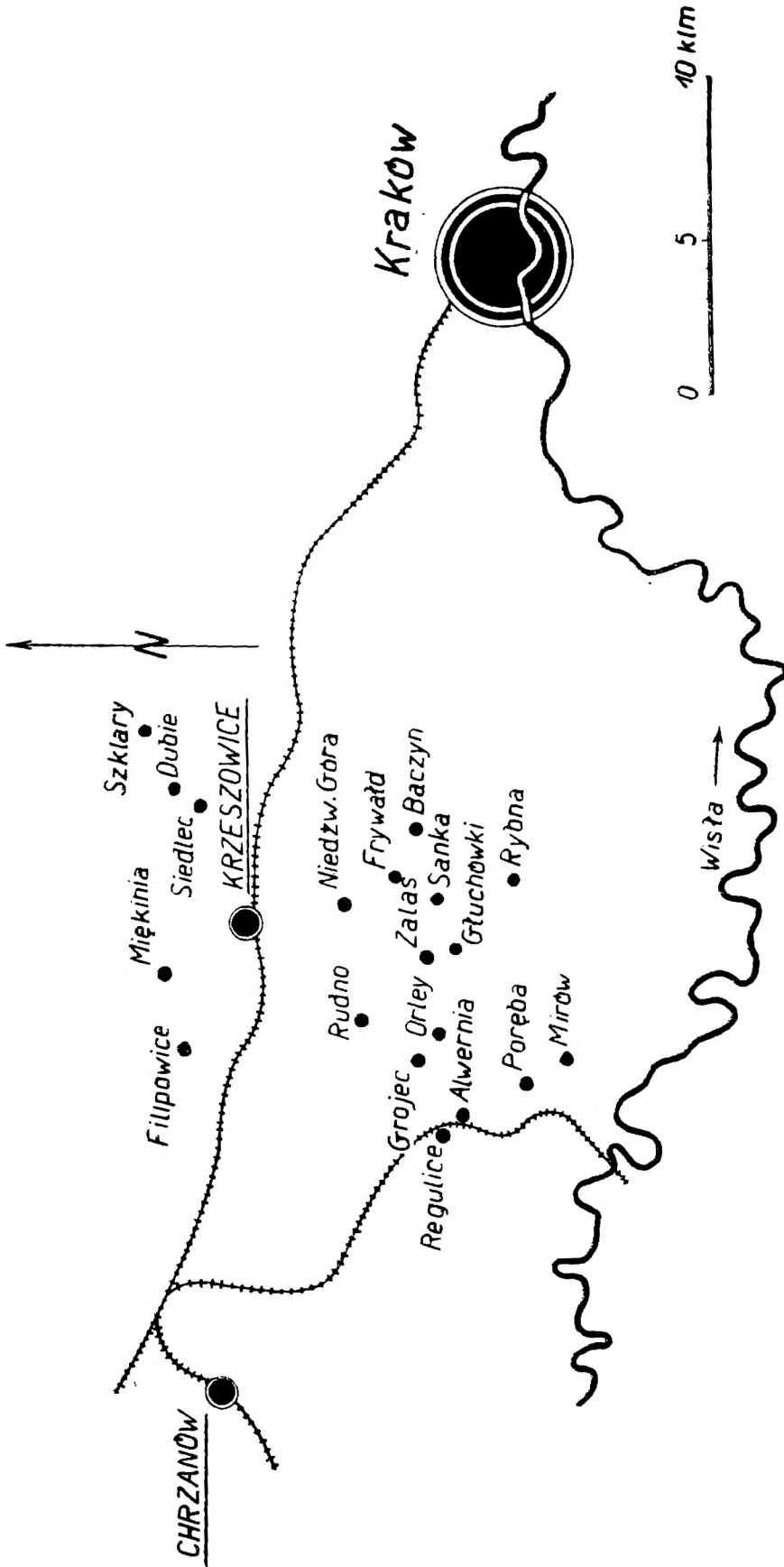
Zagadnienie „kalifikacji“ krakowskich skał magmowych

Das Problem der „Kalifikation“ der Krakauer Magmagesteine

Wstęp

Z. Rozen (14), opracowując w roku 1909 skały wylewne występujące w okolicach Krakowa, zauważył, że niektóre skały zmienione są zasobniejsze w K_2O od skał świeżych. Zjawisko to tłumaczył wietrzeniem. Autor ten wykazał duże różnice pod tym względem w porfirach z Miękini, Zalasu oraz »melafirach« z Regulic i Poręby-Belwederu (ryc. 1). Z. Rozen porównywał skały zwietrzałe ze świeżymi, wyliczając różnicę procentowej zawartości poszczególnych składników. Wzrost zawartości K_2O w zwietrzałej skale z Miękini wynosił: 3,15 %-wag., z Zalasu — 2,71 %, a dla skał z Regulic i Poręby-Belwederu sięgał nawet 6,35 %. Poza wzrostem zawartości K_2O stwierdził podnoszenie się ilości SiO_2 i słabiej $+H_2O$; inne składniki zachowały się chwiejnie (Al_2O_3), albo też wykazywały ubytek. Z. Rozen przypuszczał, że K_2O koncentruje się w produktach pozostałych po zwietrzałych minerałach femicznych i plagioklazach; przypuszczał wymianę CaO i Na_2O przez K_2O połączoną z tworzeniem się wtórnego ortoklazu. W ten sposób przeobrażona skała mogłaby dopiero w dalszym rozwoju wietrzenia ulec kaolinizacji. Z. Rozen twierdził, że w tym pierwszym »potasowym« stadium wietrzenia, określonym przez niego mianem *kalifikacji*, nie powstaje kaolin lub serycyt.

Badania diabazów z Niedźwiedziej Góry, wykonane przez J. Brodera (3), wykazały dwa rodzaje wietrzenia tych skał: pierwsze rozpoczynające się rozkładem plagioklazów; drugie zaś



Ryc. 1. — Fig. 1.

zapoczątkowane niszczeniem minerałów femicznych. W obu przypadkach stwierdził powstawanie serycytu.

J. Kuhl (10), opracowując technicznie skałę z Filipowic, określaną nazwą »tuf«, zwrócił uwagę na jej porfirową budowę i brak szkliwa, które jest charakterystycznym składnikiem tufów. Zauważył występowanie substancji ilastych i kaolinu. Podobnie jednak do Z. Rozena przypuszczał, że jest to skała skalifikowana i że występują w niej wtórne »bliżej nieokreślone krzemiany potasu«.

W roku 1935 autor (1) poznał nowy punkt występowania przeobrażonej skały magmowej koło Siedlca (6 km NE Krzeszowic). Spośród dotychczas znanych porfirów krakowskich, niektóre odmiany tej skały wyróżniają się silniejszym wybieleniem i wysoką zawartością K_2O dochodzącą do 7,13%-wag. Daleko posunięte przeobrażenie przy utrzymaniu tak znacznej ilości K_2O nasunęło przypuszczenie, że jest to skała skalifikowana. Mimo rozwinięcia dużych robót górniczych: 3 szyby (jeden do głębokości 51 m) oraz 140 m chodników poziomych, nie zdołano odsłonić skały świeżej. Tym samym niemożliwe było prześledzenie rozwoju procesu przeobrażającego tę skałę. W ogłoszonym drukiem opisie skały z Siedlca (2) przedstawiłem wyniki badania skały zmienionej, opisałem biały il występujący w jej szczelinach, oraz podałem wyniki badań nad wpływem roztworu K_2CO_3 na skałę w różnym stopniu przeobrażoną. Analizy próbek i wyciągów otrzymanych działaniem H_2SO_4 wykazały, że K_2O występuje przeważnie w postaci minerałów odpornych na działanie tego odczynnika. Badania mikroskopowe ujawniły znaczne podobieństwo skały, zwłaszcza prakryształów skaleni, do opisanych przez Z. Rozena (14) skalifikowanych porfirów z Miękini i Zalasu. W tym zakresie przeprowadzone badania nie dostarczyły podstaw do wyjaśnienia istoty kalifikacji. Nie został stwierdzony mineralny sposób wiązania K_2O oraz związek między skałą przeobrażoną i ilami występującymi w jej szczelinach. Rozważania nad kalifikacją doprowadziły do ogólnych uwag o pokrewieństwie tego procesu z wietrzeniem ilastym, silifikacją i feldspatyzacją. Wnioski nie odbiegały zasadniczo od dawnej koncepcji Z. Rozena.

Jest rzeczą szczególną, że mimo silnego rozwoju współczesnych badań nad przeobrażeniem i wietrzeniem skał magmowych, nigdzie nie zostały zaobserwowane zjawiska podobne do kalifikacji, której istota nie jest dotychczas dokładnie określona.

Celem rzucenia nowego światła na kalifikację skał okręgu

krakowskiego wykonałem dalsze badania. Punktem wyjścia w tych badaniach było stwierdzenie przez Z. Rozena (14) istnienia w obrębie zarówno porfirowych jak i melafirowych-diabazowych pochodnych magm krakowskich odmian silnie różniących się przede wszystkim zawartością K_2O . Według wspomnianego autora potasowe ogniwa obu szeregów miały być produktami szczególnego rodzaju wietrzenia czy też przeobrażenia skał pierwotnych, poznanych w materiałach niezmiennych. Jednakże analizy Z. Rozena, o ile to można z tekstu wywnioskować, nie dotyczyły — co podkreślam — materiałów geologicznie ze sobą powiązanych. W odnośnej pracy tego autora nie znajduje się bowiem bezpośrednich dowodów na to, że pochodne skalifikowane wiążą się genetycznie z ogniwami świeżymi. W dyskusji nad zagadnieniem kalifikacji, profesor J. Tokarski zwrócił moją uwagę na to, że wobec braku szczegółowego zdjęcia geologicznego magm krakowskich (zdjęcie St. Zaręcznego z roku 1894 jest obecnie niewystarczające) nic nie stoi na przeszkodzie wysunięciu zagadnienia obecności dwóch serii skał magmowych. Sprawa ta tym bardziej staje się aktualna wobec stwierdzenia alkaliczno-wapiennych i potasowych skał prawdopodobnie wieku permo-karbońskiego (15) na Wołyniu, gdzie J. Tokarski i M. Kamiński (7, 17) stwierdzili występowanie obok siebie alkaliczno-wapiennych bazaltów i potasowych trachitów związanych ze sobą geologicznie. J. Tokarski odkrywa wśród przedstawicieli dyferencyjnych granitów tatrzańskich pochodne potasowe, określone przez niego mianem »izofema 6«, które odznaczają się względnie dużym nagromadzeniem K_2O (ortoklaz)¹. Ostatnio ukazała się w 12. *Biuletynie P. I. G.* (str. 13) analiza E. Chlipalskiej tufitu z Bocianówki na Wołyniu, która to skała składem chemicznym nie różni się od skalifikowanej skały Z. Rozena z Poręby-Belwederu (14). Podobną analizę do tych skał okazuje trachit sanidynowy z Janowej Doliny analizowany obecnie przez H. Gawińską w Zakładzie Mineralogii i Petrografii U. J. K. we Lwowie².

Zagadnienie więc kalifikacji skał krakowskich przedstawia się zatem w chwili obecnej alternatywnie:

¹ Informacja ustna, odpowiednia publikacja w przygotowaniu do druku.

² Wiadomość ustna od profesora J. Tokarskiego.

1) zauważone przez Z. Rozena produkty zasobne w K_2O (skalfikowane) są rzeczywiście lawami wtórnie przeobrażonymi w sposób dotychczas bliżej nieokreślony, albo też

2) w okręgu krakowskim istnieją dwa szeregi law genetycznie odrębnych.

Pierwsza z tych alternatyw mogła by być przyjęta wówczas, gdyby się okazało, że świeże skały krakowskie (porfiry, melafiry, diabazy) wietrzejąc wiążą się, bezpośrednio geologicznie w danych profilach, w szereg nagromadzający stopniowo coraz większe ilości K_2O . W tym przypadku pozostałby jedynie do wyjaśnienia charakter samego procesu kalifikacji. W razie braku takich profili nabiera znaczenia, jako jedyny sposób wyjaśnienia, przyjęcie obecności dwóch serii magmowych (alkaliczno-wapiennej i potasowej) podobnie jak to stwierdzono na Wołyniu.

Biorąc pod uwagę obie alternatywy przeprowadziłem badania, których wyniki zestawiam poniżej.

I. Profil kamieniołomu w Miękini

Główna ściana kamieniołomu Miast Małopolskich w Miękini koło Krzeszowic odsłania 40—50 metrów wysoki profil złoża porfirowego częściowo osłoniętego erozyjnie zniszczoną pokrywą dolomitów triasowych (14). Na znacznej części tego profilu, erozja rzeczki Miękiniki sięgnęła głębiej niszcząc również górne części złoża porfirowego. W tych punktach porfir występuje bezpośrednio na powierzchnię. Roboty eksploatacyjne, prowadzone koło wieży spustowej nr 1 i wieży triangulacyjnej, odsłoniły całkowity profil porfiru i skał nadległych. Z tych miejsc pobrałem próbki do badań (ryc. 2).

Dolna część profilu jest utworzona z szarowiśniowej zwięzłej skały z dużymi prakryształami skaleni, kwarcu i biotyту. Porfir ten jest wydobywany na dwóch poziomach eksploatacyjnych jako materiał drogowy i budowlany. Ku stropowi, świeża skała łagodnie przechodzi w odmiany zwietrzałe tworzące około 10 m profilu. Przejście to, z reguły bardzo łagodne, można dostrzec w górnej części ściany na wyższym poziomie eksploatacyjnym. Roboty prowadzone na tzw. odkrywce (poziom najwyższy) odsłaniają technicznie bezwartościową skałę silnie zwietrzałą, w stanie wilgotnym barwy różowawo-fioletowej (próby 2—4), z wyraźnie odcinającymi się, na tym tle, zmienionymi białymi prakryształami



Ryc. 2. — Fig. 2.

skaleni. Profil złoża porfirowego zamykają skały zupełnie zwietrzałe: rdzawe (miąższość do 1,20 m) i białawe (miąższość do 60 cm — próba 5). Równocześnie ze zmianą barwy skały zmniejsza

się jej mechaniczna wytrzymałość. Skała świeża wytrzymuje do 2260 kg/cm^2 (16), odmiany białawe dają się kruszyć w palcach. W miarę postępowania do skał zwietrzałych zaciera się, właściwy świeżemu porfirowi, gruboprzyrmatyczny cios.

Bezpośrednio nad zupełnie zwietrzałym, kruchym, białawym porfirem występuje 60 cm miąższości zwarta partia wylewnej skały przeobrażonej (ryc. 2 — próba 6). Od zwietrzałego porfiru wyróżnia się w profilu przyrmatycznym ciosem i większą zwięzłością. Wyrażna granica obu skał jest silnie podkreślona różnicą własności mechanicznych. Liczne infiltracje rdzawe oraz szarordzawa barwa, na pierwszy rzut oka, upodabnia tę skałę do nadległych dolomitów. W innych częściach robót można stwierdzić, w spągu skał osadowych, liczne bloki i otoczaki tej skały stropowej.

a) Analiza mikroskopowa

Megaskopowe zmiany wywołane wietrzeniem porfiru wyraźnie ujawniają się w badaniu mikroskopowym. Świeża skała okazuje budowę porfirową z mikrogranitowym ciastem skalnym. Duże, niekiedy do 6 mm, prakryształy skaleni, kwarcu i biotyту odcinają się na tle drobnoziarnistego ciasta barwy czerwonej od rozsianego pyłu hematytowego. Wśród najczęstszych prakryształów skaleni, przeważają plagioklasy nad ortoklazem, który występuje w zbliżniaczonych osobnikach o budowie pasowej. W częściowo zmienionych prakryształach plagioklazów dostrzec można drobne ilości wtórnego kalcytu. Większe spośród nich, przeważnie zbliżniaczone wedle prawa albitowego pomierzone na dwóch okazach, przynależą do oligoklazu o formule $\text{Ab}_{75}\text{An}_{25}$, co jest zgodne z obserwacjami Z. Rozena (14). Mniejsze natomiast prakryształy skaleni należą do labradoru. Znacznie rzadsze, wśród prakryształów, kwarcy są magmowo skorodowane podobnie zresztą jak i skaleni. Zarysy prakryształów biotyту są zatarte szerokim ciemnym obrzeżem utworzonym z nieprzejrzystych tlenków metalicznych. W niektórych osobnikach, mimo silnej resorbcji, ujawnia się jeszcze dość wyraźna, niezmieniona, pierwotna treść o silnym pleochroizmie w przekroju prostopadłym do (001) w barwach: α — żółtozielonawym, γ — czerwono-brunatnym. Niektóre osobniki są schlorytyzowane. Bardzo rzadkie są zupełnie zmienione, zresorbowane prakryształy amfibolu. Ciasto skalne tworzą skaleni (oligoklaz i skałen potasowy), drobne osobniki kwarcu, strzępy biotyту i pył hematytowy. Obecny jest rutyl, apatyt i cyrkon.

W obrazach mikroskopowych skały zwietrzałej, tworzącej wyższe części profilu, można zauważyć następujące charakterystyczne cechy: kwarciec pozostaje bez zmiany optycznych właściwości; prakryształy biotyty zachowują się niejednakowo, część jego osobników wykazuje większą odporność i można je jeszcze obserwować nawet w skale silnie zmienionej. Przeważnie jednak minerał ten wietrzeje znacznie wcześniej. Równocześnie z jego rozkładem następuje limonityzacja tlenków metalicznych, tworzących obwódki resorbcyjne. Prakryształy skaleni wietrzeją różnie, zależnie od składu chemicznego. Najszybciej i najenergiczniej niszczone są osobniki, obwódki i ośrodki zasadowe, o czym świadczą znaczne ilości odpowiednio rozmieszczonego kalcytu. Charakterystyczne formy przemian strukturalnych skaleni, podkreślane przez Z. Rozena (14), występują tutaj również aczkolwiek sporadycznie. W odpowiednich osobnikach część przekroju została zmieniona w gruboziarniste agregaty słabodwójłomne. Formy takie, mniej lub więcej liczne, występują we wszystkich odmianach opisywanych skał, a także w skale stropowej. Do zagadnienia tego powrócę w dalszym ciągu pracy. Rzadko spotyka się częściowo lub całkowicie zserycytizowane skalenie potasowe. Zmiany w cieście skalnym rozpoczynają się rozkładem minerałów femicznych, limonityzacją hematytu stanowiącego źródło żelazistych infiltracji występujących w bardziej zwietrzałej skale. Znikają wyraźne zarysy, tkwiących w cieście skalnym, ziarn plagioklazów, równocześnie tracących swoją pierwotną świeżość. W cieście pojawiają się również liczne spękania częściowo wypełnione kalcytem, co wskazuje na rozluźnienie zwięzłości skały.

Stwierdzona w stropie zupełnie zwietrzałych porfirów przeobrażona skała wylewna jest barwy rdzawoszarej z licznymi infiltracjami substancji żelazowych. Na tym tle występują zmienione prakryształy skaleni (wielkość do 12 mm), znacznie mniejsze biotyty oraz rzadkie kwarcce. Pod mikroskopem przedstawia ona resztki dawnej budowy porfirowej, przypuszczalnie o mikrogranitowym cieście. Prakryształy stanowią 15,4% powierzchni preparatów. Najczęstsze prakryształy skaleni, o zachowanych zarysach krystalograficznych, okazują swoistą budowę opisaną u porfirów skalifikowanych (14) oraz w przeobrażonej skale z Siedlca (2). Rzadsze zresorbowane biotyty są częściowo zmienione, wybielone lub zasnute substancjami żelazistymi. Bardzo rzadkie prakryształy kwarcu są obtopione. W cieście skalnym występują zmienione

minerały femiczne, znaczne ilości kwarcu oraz znane z Siedlca (2) mikrolity. Pod względem budowy mikroskopowej, skała stropowa zajmuje niejako pośrednie miejsce między skałą przeobrażoną z Siedlca (cios, mikrolity, swoista budowa prakryształów skaleni) a porfirem z Miękini (obtopienie prakryształów, resorbcja biotyту).

b) Analizy chemiczne prakryształów skaleni z porfiru

Swoista struktura przeobrażonych prakryształów skaleni miała wedle Z. Rozena (14) stanowić mikroskopową cechę skał skali-fikowanych z Miękini i z Zalusu. Zauważyłem ją również w obecnie badanych porfirach, jak to wyżej zazaczyłem opisując profil, w obrębie skał zwietrzałych. Z. Rozen ograniczył się jedynie do wzmianki o tej charakterystycznej strukturze nie podając bliższego wyjaśnienia jej genezy. Opisując natomiast prakrystały ortoklazu w porfirze miękińskim podał dość niezwykle jego cechy, pisząc między innymi: »Prakrystały ortoklazu (niekiedy zupełnie przezroczystego sanidynu) odznaczają się nadzwyczaj wybitną budową. Są one najczęściej bliźniakami karlsbadzkimi, niekiedy dobrze rozwiniętymi. Jedna z połów bliźniaczych bywa zwykle jednorodna, druga zaś zbudowana zonalnie. Zjawisko to powtarza się stale i może być uważane za swoistą cechę ortoklazu porfirów miękińskich« (14).

Sądzę przeto, że na charakter przeobrażenia wspomnianego minerału może rzucić pewne światło jego analiza chemiczna. W tym celu wydzieliłem ze świeżej skały, wziętej ze spągu złoża porfirowego, prakrystały ortoklazu i kwarcu z plagioklazami metodą elektromagnetyczną i sposobem prof. St. Kreutza (9), która była w ostatnich czasach parokrotnie stosowana do precyzyjnego rozdzielania przez profesora J. Tokarskiego (18). Zastosowałem następujący tok postępowania: po utłuczeniu około 750 g skały do największej wielkości ziarn 0,43 mm odsiałem ziarno zupełnie drobne (poniżej 0,10 mm), a następnie w niejednorodnym polu elektromagnetycznym o nasileniu do 12.000 gaussów oddzieliłem czystą, wolną od ciasta skalnego i biotyту, frakcję niemagnetyczną. Frakcja ta składała się z okruchów prakryształów skaleni i kwarcu. Ortoklaz, w ilości 0,35% próby pierwotnej, oddzieliłem sposobem prof. St. Kreutza w bromoformie (c. wł. 2.904) jako frakcję o c. wł. 2.542—2.620. Pozostało 3,07% plagioklazów z kwarcem (c. wł. 2.620—2.712).

W tabeli I podaję analizę chemiczną prakryształów ortoklazu, a w tabeli II racjonalną analizę frakcji plagioklazowo-kwarcowej, której nie mogłem rozdzielić mechanicznie z powodu braku wyraźnych różnic ciężarów właściwych między kwarcem a częścią plagioklazów. Trawienie frakcji plagioklazowo-kwarcowej kwasem solnym wykonałem 3 razy po 48 godzin, a to celem

TABELA I

	%-wagowe Gew.-%	St. cząsteczkowe ¹ Molquot. ¹
SiO ₂	62,70	10440
Al ₂ O ₃	20,07	1969
Fe ₂ O ₃	0,41	26
FeO	0,03	4
MnO	—	
CaO	1,48	264
MgO	0,18	45
BaO	0,22	14
K ₂ O	12,82	1361
Na ₂ O	0,87	140
CO ₂	0,14	32
+H ₂ O	0,73	405
-H ₂ O	0,20	
Suma: Summe:	99,85	

¹ × 10.000.

przybliżonego ilościowego oznaczenia labradoru (19), który był mikroskopowo wyróżniony.

Mimo wzięcia do badań pozornie świeżego porfiru, skalenie są częściowo zwiertzałe, gdyż analizy chemiczne wykazują obecność kalcytu i substancji ilastych. Analiza chemiczna prakryształów ortoklazu ujawnia w nich zawartość 75,74%-wag. skalenia potasowego; resztę stanowią wyliczone z analizy ryczałkowej domieszki plagioklazów (13,79%) o średnim składzie Ab₅₅An₄₅, substancje ilaste obecne w ilości 7,93%-wag. oraz kalcyt (0,32%). Natury substancji ilastej nie można, wyłącznie na podstawie analizy ryczałkowej, bliżej określić. Sądząc po stosunku Al₂O₃:H₂O = 1:2,11 można by ją określić jako kaolin (halloizyt), zaś na podstawie stosunku Al₂O₃:SiO₂ = 1:4,61 — jako montmorillonit lub tp. Nie jest rzeczą wykluczona, że mam tutaj do czynienia z mechaniczną domieszką kwarcu. W ortoklazie stwierdziłem również

TABELA II

	Rozp. w HCl		Rozp. w H ₂ SO ₄		Pozostałość Rückstand		Razem Summe		Analiza ryczałtowa Bauschanalyse	
	%-wag. Gew.-%	St. cząst. ¹ Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.
SiO ₂	11,75	1958	1,18	197	50,94	8482	63,87	63,97	10651	
TiO ₂								0,19	24	
P ₂ O ₅								0,05	4	
F ₂								0,02	11	
Al ₂ O ₃	6,18	606	0,68	67	14,78	1470	21,64	21,66	2125	
Fe ₂ O ₃	0,61	38	0,03	2	0,04	3	0,68	0,61	38	
FeO								0,07	10	
MnO	0,04	6					0,04	0,06	9	
CaO	1,86	332	0,11	20	3,27	583	5,24	5,36	956	
MgO	0,19	47	0,02	5	0,05	12	0,26	0,28	69	
K ₂ O	0,18	19			0,86	91	1,04	1,18	125	
Na ₂ O	0,64	103			4,51	728	5,15	5,29	853	
CO ₂	(0,20)	46			0,02	11	(0,20)	0,20	46	
+H ₂ O	0,74	411	0,12	67			(0,88)	0,88	489	
—H ₂ O	(0,40)						(0,40)	0,40		
Suma: Summe:	22,69		2,14		74,47		99,40		100,22	
Oznaczone: Direkte Bestimmung:	22,96		2,48		74,56		100,00			

1 × 10.000.

niewielką domieszkę skalenia barowego, występującego w ilości 0,53%-wag.

Analiza racjonalna frakcji plagioklazowo-kwarcowej wykazała, zgodnie z dawniejszymi badaniami mikroskopowymi (14), występowanie oligoklazu i labradoru. Obydwa te plagioklasy zawierają domieszkę 8% skalenia potasowego. Nadto stwierdzono występowanie, poza skaleniami, 0,46%-wag. kalcytu, 6,70% substancji ilastych, 0,85% kaolinu i 14,43% kwarcu.

Na podstawie posiadanych danych nie można z należyłą dokładnością ustalić ilościowych stosunków między prakryształami, gdyż część ich uległa rozkruszeniu, część zaś została oddzielona z frakcją magnetyczną. Przybliżony stosunek

$$\begin{aligned} & \text{kwarzec : ortoklaz : oligoklaz : labrador} = \\ & = \quad 19 \quad : \quad 10 \quad : \quad 53 \quad : \quad 18 \end{aligned}$$

Chemiczną budowę skaleni w porfirze z Miękinii określa następujące zestawienie:

	Or	Ab	An
Średnio w porfirze (14)	30	52	18
Średnio w prakryształach	16	53	31
Prakryształy ortoklaz	83	9	8
Średnia domieszka plagioklaz			
w prakryształach ortoklaz		55	45
Średni plagioklaz (prakryształy)	8	59	33

Zestawienie to wykazuje, że średni skład chemiczny prakryształów skaleni różni się znacznie zawartością An od średniego skalenia wyliczonego z ryczałtowej analizy porfiru. Średnie oznaczenie domieszki plagioklazów w prakryształach ortoklaz ujawnia formułę $Ab_{55}An_{45}$, co wskazuje że przeciętny plagioklaz w ortoklazu jest wyraźnie bardziej zasadowy od średniego plagioklaz w prakryształach i wyliczonego z analizy skały. Z tego wynika możliwość wczesnej krystalizacji ortoklaz.

Powyższe analizy rzucają światło na przebieg zmian wtórnych dokonanych diagenetycznie w strukturze prakryształów ortoklaz. Prawdopodobnie w swoistych warunkach klimatycznych uległy destrukcji, w owych prakryształach, przede wszystkim zasadowe domieszki plagioklaz zawarte w ilości 13,79%-wag. Ten przebieg procesu hydrolitycznego spowodował niszczenie pierwotnej struktury prakryształów ortoklaz, które można obser-

wować w zmienionych skałach z Miękini, Zalasu i Siedlca (14, 2), przypuszczalnie niezależnie od pierwotnego wzajemnego stosunku magmowego.

c) Analizy chemiczne skał

Celem określenia zmian chemicznych następujących w wietrzejących porfirach z Miękini i porównania tych skał ze skałą występującą w ich stropie, wykonałem 5 ryczałtowych analiz próbek pobranych z opisanego profilu koło wieży spustowej nr 1 (ryc. 2). Wyniki tych analiz podaję wraz z analizą świeżego porfiru, wykonaną przez Z. Rozena (14) w tabeli III, zachowując kolejność od skały świeżej ku stropowi. W zestawieniu zamieściłem również obliczenie wartości R.—Z., dokonane sposobem G. Grossera (5), dla zwietrzałych odmian porfiru.

Wyniki analiz chemicznych (tabela III) wykazują, że w miarę postępu wietrzenia porfiru (analizy 1—5) wyraźnie wzrasta zawartość Al_2O_3 (z 13,92 do 16,22%); niemal czterokrotnie powiększa się ilość $+\text{H}_2\text{O}$; znacznie natomiast mniej wyraźny jest wzrost zawartości SiO_2 . Szczególnie interesujące, ze względu na zagadnienie kalifikacji, ilościowe zmiany jakim ulega K_2O w wietrzejącym porfirze w porównaniu ze skałą świeżą, wykazują pewne wahanie. W początkowym okresie wietrzenia, w mało zmienionych odmianach barwy szarowiśniowej, zawartość K_2O nieco wzrasta, dochodząc do 114,7% pierwotnej ilości. Wobec stwierdzenia badaniami mikroskopowymi większej odporności skalenia potasowego w czasie wietrzenia, tę niewielką zmianę można uzasadnić intensywniejszym wietrzeniem minerałów femicznych i plagioklazów. W tych bowiem warunkach może nastąpić względne podniesienie się ilości skalenia potasowego powodujące niewielki wzrost zawartości K_2O wykazany ryczałtową analizą skały. Powyższe przypuszczenie jest potwierdzone zachowaniem się K_2O , które w dalszych stadiach wietrzenia rychło zmienia swój kierunek (analizy 3, 4). W miarę jaśnienia skały, w miarę jej wybielenia, następuje stały silny ubytek tego składnika. W zupełnie zwietrzałym kruchym, białawym porfirze zawartość K_2O spada do 1,82%-wag. Ogólnie więc można stwierdzić, że wietrzenie porfiru miękińskiego jest połączone z odprowadzaniem alkaliów z wietrzejącej skały.

Poznane zatem zmiany chemiczne, znajdujące swój obraz w odpowiednich zmianach budowy mikroskopowej, nie wykazują

TABELA III

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
	% - wag. Gew. - %		% - wag. Gew. - %		% - wag. Gew. - %		% - wag. Gew. - %		% - wag. Gew. - %		% - wag. Gew. - %	
	R. — Z.		R. — Z.		R. — Z.		R. — Z.		R. — Z.		R. — Z.	
SiO ₂	67,90						70,10	1,032	71,88	1,059	67,60	
TiO ₂	0,76						0,61	0,802	0,24	0,315	0,52	
P ₂ O ₆	0,39						0,06	0,154	0,02	0,051	0,08	
F ₂	0,06											
Al ₂ O ₃	13,92						15,68	1,126	16,22	1,164	18,03	
Fe ₂ O ₃	3,05						2,70	0,885	1,88	0,616	1,85	
FeO	0,49						0,32	0,635	0,12	0,244	0,16	
MgO	0,94						0,62	0,659	0,32	0,340	0,21	
CaO	3,11						1,98	0,637	0,66	0,212	0,40	
K ₂ O	3,67		4,21	1,147	4,14	1,128	3,27	0,891	1,82	0,496	5,94	
Na ₂ O	3,40		2,60	0,765	1,82	0,535	1,24	0,364	0,96	0,282	0,89	
CO ₂							0,30		0,09		0,08	
+H ₂ O	1,30						2,55	1,961	4,96	3,815	3,71	
—H ₂ O	0,92						0,89		1,03		0,88	
Suma:	99,92						100,32		100,20		100,35	
Summe:												
ki	8,3						7,6		7,5			
ba	1,09						0,59		0,29			
K	1,00						0,92		0,90			
B	1,00						0,54		0,27			

Analiza 1. Porfir świeży wg Z. Rozena (14). — Frischer Porphy nach Z. Rozen (14).

Analiza 2. Porfir bardzo mało zmieniony, różniący się od skały świeżej wybieleniem prakryształów skaleni. — Porphy wenig verändert.

Analiza 3. Jak 2, próba wzięta nieco wyżej w profilu. — Wie 2, höher entnommene Probe.

Analiza 4. Kruchy, zwietrzały porfir barwy różowawo-foletowawej. — Bröckliger, verwitterter Porphy.

Analiza 5. Zupetnie zwietrzały porfir barwy rdzawo-białawej. — Ganz verwitterter Porphy.

Analiza 6. Przeobrażona skała ze stropu. — Verändertes Gestein aus dem Hangenden des Porphyrs.

odchylen poza zmiany właściwe kwaśnym skałom magmowym (5) ulegającym działaniu czynników klimatycznych o nasileniu nie odbiegającym od klimatu umiarkowanego.

Analiza skały stropowej (tabela III, analiza 6) zestawiona z analizą bezpośrednio sąsiadującego, zwietrzałego, białawego porfiru (analiza 5) ujawnia drastyczną trzykrotnie wyższą zawartość K_2O (1,82—5,94%). Mniejsze, lecz również nagłe różnice wykazuje porównanie oznaczeń SiO_2 , Al_2O_3 i H_2O . Powyższe różnice, a zwłaszcza specjalnie nas interesująca zmiana zawartości K_2O , następują tak nagle, że nie można przypuszczać by był to proces nagromadzenia się, z substancji pierwotnych czy też z zewnątrz dostarczonych, przebiegający w obrębie jednego złoża porfirowego. W tym bowiem przypadku spodziewać by się należało raczej zmian łagodniejszych, rozwijających się podobnie np. do opisanego wietrzenia porfiru. Biorąc tutaj pod uwagę wyniki badań geologicznych, wykazujących wyraźną granicę między porfirem a omawianą skałą, jak również opisane różnice budowy megaskopowej i mikroskopowej, stwierdzić można petrograficzną odrębność skały stropowej od niżej w profilu występującego porfiru.

Nadmierna zawartość Al_2O_3 i $+H_2O$ w analizie skały stropowej (tabela III, analiza 6) oraz jej budowa wskazują, że nie jest to skała świeża lecz zmieniona, przypuszczalnie zwietrzała. Wysoka natomiast zawartość K_2O tworzy pewne chemiczne podobieństwo do znanego z Miękini »porfiru skalifikowanego«. Porównanie tych dwóch skał jest tym bardziej możliwe, gdyż odpowiedni okaz Z. Rozena, przechowywany w Muzeum Zakładu Mineralogicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, jest megaskopowo podobny do moich materiałów zebranych w punkcie występowania skały stropowej. Zestawienie analiz chemicznych omawianych dwóch skał wraz z przeliczeniem wartości R.—Z. podaję w tabeli IV.

Wartości R.—Z., obliczone dla skały stropowej w porównaniu z »porfirem skalifikowanym« analizowanym przez Z. Rozena (14), tworzą szereg: H_2O — 2,748, Al_2O_3 — 1,254, SiO_2 — 0,976, K_2O — 0,871..., którego kolejność i poszczególne wartości są zgodne z ogólną charakterystyką wietrzenia kwaśnych skał magmowych (5). Ponieważ występujący w bezpośrednim sąsiedztwie porfir również w podobny sposób wietrzeje, przeto można z porównania analiz skały stropowej i »porfiru skalifiko-

wanego« wyciągnąć wniosek, że są to skały genetycznie ze sobą związane. Wyróżniona przez mnie skała stropowa jest zatem zwietrzałym »porfirem skalifikowanym«. Stąd wynika, że mimo braku bezpośredniego ścisłego geologicznego określenia stosunku skały świeżej i »skalifikowanej«, wyróżnionej przez Z. Rozena,

TABELA IV

	1.	2.	
	%-wag. Gew.-%	%-wag. Gew.-%	R.—Z.
SiO ₂	69,23	67,60	0,976
TiO ₂	0,69	0,52	0,753
P ₂ O ₅	0,12	0,08	0,667
Al ₂ O ₃	14,37	18,03	1,254
Fe ₂ O ₃	2,72	1,85	0,680
FeO	0,35	0,16	0,457
MnO	ślady	ślady	
CaO	0,93	0,40	0,430
MgO	0,35	0,21	0,600
K ₂ O	6,82	5,94	0,871
Na ₂ O	1,11	0,89	0,801
CO ₂	ślady	0,08	
+H ₂ O	1,35	3,71	2,748
—H ₂ O	2,11	0,88	
Suma: Summe:	100,15	100,35	
<i>ki</i>	8,2	6,3	
<i>ba</i>	0,76	0,47	
<i>K</i>	1,00	0,77	
<i>B</i>	1,00	0,62	

Analiza 1. »Porfir skalifikowany« wg Z. Rozena (14). — »Kalifizierter Porphyr« nach Z. Rozen (14).

Analiza 2. Skała stropowa. — Gesteine aus dem Hangenden des Porphyrs.

można ujawnić, że okaz skały »skalifikowanej« pochodzi ze stropowego złoża skały wylewnej odrębnej od porfiru miękińskiego.

Przeprowadzone badania ujawniły zatem występowanie w głównym kamieniołomie miękińskim dwóch skał wylewnych: porfiru i nieznannej w stanie świeżym skały stropowej. Obydwie te skały uległy wietrzeniu pod działaniem czynników klimatycznych. Skała stropowa dostarczyła skał wybielonych bogatszych w K₂O od świeżego i zwietrzałego porfiru.

II. Skały z Siedlca

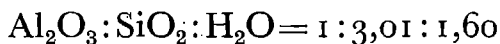
a) Skała przeobrażona

Na podstawie dotychczasowych wyników badań chemicznych skały przeobrażonej z Siedlca, której opis zamieściłem w poprzedniej publikacji (2), nie można było określić jej składu mineralnego i szczególnie nas interesującego sposobu wiązania K_2O . Chcąc wyjaśnić te stosunki wykonałem dodatkową analizę racjonalną białej przeobrażonej skały, której próbka była pobrana w środkowych partiach jej występowania w pobliżu nagromadzeń białego iłu. Wyniki tej analizy racjonalnej, przeprowadzonej sposobem stosowanym w Zakładzie Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, podaję w tabeli V.

Na podstawie wyników analizy racjonalnej można obliczyć następujący skład mineralny przeobrażonej białej skały magmowej z Siedlca:

kwarzec . . .	37,42 %-wag.
ortoklaz . . .	38,96 „
albit . . .	2,63 „
anortyt . . .	0,14 „
kaolin . . .	6,33 „
substancje ilaste	11,97 „
kalcyt . . .	0,13 „
limonit . . .	0,39 „

Znaczna ilość minerałów ilastych obecnych w skałe w ilości 18,30 %-wag., wskazuje, że jest to skała zwietrzała. Natomiast kaolin występujący w ilości 6,33 %-wag., ujawnia że świeża skała uległa częściowej kaolinizacji. Wietrzenie to jednak w stosunkowo słabym stopniu naruszyło pierwotną budowę skały, gdyż analiza racjonalna wykazała 41,73% skaleni wobec 18,8% minerałów wtórnych. K_2O jest niemal całkowicie związany w skaleniu potasowym stwierdzonym w ilości 38,96 %-wag. Tylko 0,21 %-wag. K_2O , tj. 3% jego całkowitej zawartości, przeszło do roztworu wraz z substancjami ilastymi. Przypuszczalnie jest to tlenek potasu zaabsorbowany przez te substancje. Stosunek



stwierdzony w substancjach rozpuszczalnych w HCl , znacznie odbiega od stosunku właściwego substancji kaolinowej, halloizytowej lub montmorillonitowej. Wobec stwierdzenia pewnych ilości

TABELA V

	Rozp. w HCl Lösl. in HCl		Rozp. w H ₂ SO ₄ Lösl. in H ₂ SO ₄		Pozostałość Rückstand		Razem Summe		Analiza ryczałtowa Bauschanalyse	
	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.
SiO ₂	6,94	1156	2,97	495	65,22	10859	75,13	12516	75,17	12516
TiO ₂								0,28	0,28	35
P ₂ O ₅								0,02	0,02	2
F ₂								0,03	0,03	16
Al ₂ O ₃	3,91	384	2,49	236	7,64	750	14,04	1365	13,94	1365
Fe ₂ O ₃	0,33	21	0,06	4			0,39	23	0,36	23
FeO					0,01	1	0,01	3	0,02	3
MnO								ślady		
CaO	0,21	38	0,02	4	0,03	5	0,26	34	0,19	34
MgO	0,16	40	0,01	3	0,06	15	0,23	52	0,21	52
K ₂ O	0,21	22			6,59	700	6,80	733	6,90	733
Na ₂ O	0,03	5			0,26	42	0,29	50	0,32	50
CO ₂	(0,06)	14					(0,06)	14	0,06	14
+H ₂ O	1,12	616	0,87	483	0,06	33	(2,05)	1138	2,05	1138
--H ₂ O	(0,69)						(0,69)		0,69	
Suma: Summe:	13,66		6,42		79,87		99,95		100,24	
Oznaczono: Direkte Bestimmung:	13,73		6,53		79,74		100,00			

¹ × 10.000.

alkaliów przypuszczać można występowanie wtórnych łyszczyków, np. serycytu. Możliwe jest również przejście do roztworu części krzemionki z minerałów grupy SiO_2 lub glinokrzemianów zasadowych.

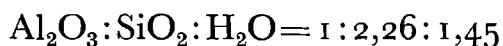
b) Biały ił

Chcąc porównać budowę mineralną i wyjaśnić stosunek przeobrażonej skały wylewnej do białego iłu występującego w jej szczelinach, wykonałem również analizę racjonalną tego iłu. Wyniki podaję w tabeli VI.

Skład mineralny iłu, określony w taki sam sposób jak skały przeobrażonej, podaję poniżej:

kwarzec . . .	20,84 %-wag.
ortoklaz . . .	2,23 „
albit	0,54 „
anortyt . . .	0,05 „
kaolin	36,32 „
substancje ilaste	36,52 „
kalcyt	0,29 „
limonit . . .	0,67 „

Budowa mineralna badanego iłu, wykazuje jego przynależność do grupy skał ilastych o średniej zawartości kaolinu. Lista zaś minerałów jest taka sama jak w sąsiadującej zwiertzałej skale magmowej; różnice występują głównie w ilościowym stosunku skaleni do minerałów ilastych. Substancje rozpuszczalne w HCl mają stosunek



a zatem bardziej zbliżony do wzoru kaolinu (halloizytu) aniżeli odpowiednia substancja występująca w skale przeobrażonej. W obu przypadkach zwraca uwagę niska zawartość $+\text{H}_2\text{O}$.

Analizy racjonalne wykazują podobny skład mineralny skały przeobrażonej i białego iłu. Ił ten jest produktem wietrzenia ilasto-kaolinowego. Takie wietrzenie skały magmowej z Siedlca wskazuje również wynik racjonalnej analizy skały przeobrażonej. Wobec tej zgodności wyników, oraz wobec tego, że geologiczne warunki występowania iłu w środkowych partiach skały przeobrażonej tworzą podobne przesłanki, można wyciągnąć wniosek, że zarówno ił jak i skała przeobrażona z Siedlca są produktami

TABELA VI

	Rozp. w HCl Lös. in HCl		Rozp. w H ₂ SO ₄ Lös. in H ₂ SO ₄		Pozostałość Rückstand		Razem Summe		Analiza ryczałtowa Bauschanalyse	
	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.
SiO ₂	18,80	3130	17,34	2887	22,70	3780	58,84		58,76	9787
TiO ₂									0,39	49
P ₂ O ₅									0,02	1
Al ₂ O ₃	14,09	1382	14,05	1378	0,83	81	28,97		29,06	2851
Fe ₂ O ₃	0,57	36	0,04	3			0,61		0,59	37
FeO					0,04	6	0,04		0,03	4
MnO									ślady	
CaO	0,28	50	0,03	5	0,01	2	0,32		0,38	68
MgO	0,29	72	0,02	5	0,02	5	0,33		0,30	74
K ₂ O	0,30	32			0,38	40	0,68		0,78	83
Na ₂ O	0,19	31			0,07	23	0,26		0,30	63
CO ₂	(0,14)	32					(0,14)		0,14	32
+H ₂ O	3,59	1993	4,99	2770	0,03	17	(8,61)		8,61	4779
-H ₂ O	(0,96)						(9,96)		0,96	
Suma:	39,21		36,47		24,08		99,76		100,32	
Summe:			36,59		24,11		100,00			
Oznaczono: Direkte Bestimmung:	39,30									

1 × 10.000.

wietrzenia dotychczas w stanie świeżym nieznaney skały wylewnej. Analizy racjonalne ujawniły dalej, że K_2O występuje w postaci skalenia potasowego, a dotychczasowe wyniki badania skał krakowskich nie dostarczyły materiałów bezpośrednio wskazujących na dostawę K_2O z zewnątrz. Wobec tego mogę wysnuć dalszy wniosek, że dotychczas w stanie świeżym nieznaną skałą z Siedlca pierwotnie zawierała znacznieszą ilość K_2O związanego w odpornym na wietrzenie skaleniu potasowym, który częściowo pozostał w skale zwietrzałej (przeobrażonej) powodując wysoką zawartość K_2O , genetycznie związanego z pierwotną budową skały a nie z późniejszym jej przeobrażeniem.

III. Glinka ogniotrwała z kop. »Władysław« k. Poręby

Porównanie wyników badania iltu i przeobrażonej skały wylewnej z Siedlca z opublikowanymi wynikami badań krzeszowickich gliniek ogniotrwałych (8), występujących w sąsiedztwie skał magmowych (Mirów, Poręba, Grojec), ujawnia pewne ich podobieństwo. Badania gliniek ogniotrwałych były jednakże wykonane innymi metodami analitycznymi. Aby więc umożliwić zestawienie wyników badań skał z Siedlca i krzeszowickich gliniek ogniotrwałych wykonałem dodatkową analizę racjonalną glinki ogniotrwałej pochodzącej z nieczynnej dziś kopalni »Władysław« koło Poręby. Wyniki podaję w tabeli VII.

Skład mineralny glinki ogniotrwałej, obliczony na podstawie wyników analizy racjonalnej, wraz z analogicznym przeliczeniem analiz skał z Siedlca podaję poniżej.

		Kop. „Władysław” glinka ogniotrwała	Siedlca ilt skała przeobrażona	
kwarzec	%-wag.	23,41	20,84	37,42
ortoklaz	„	1,66	2,23	38,39
albit	„	0,33	0,54	2,63
anortyt	„	0,13	0,05	0,14
kaolin	„	38,37	36,32	6,33
substancje ilaste	„	29,86	36,52	11,97
kalcyt	„	0,64	0,29	0,13
limonit	„	1,05	0,67	0,39
$Al_2O_3:SiO_2:H_2O$ (w subst. rozp. w HCl)		1:2,66:1,45	1:2,26:1,45	1:3,01:1,60

TABELA VII

	Rożp. w HCl Lösł. in HCl		Rożp. w H ₂ SO ₄ Lösł. in H ₂ SO ₄		Pozostałość Rückstand		Razem Summe		Analiza ryczałkowa Bauschanalyse	
	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.	%-wag. Gew.-%	St. cząst. Molquot.
SiO ₂	16,58	2761	18,40	3064	24,76	4123	59,74		59,82	9960
TiO ₂									0,84	105
P ₂ O ₅									0,02	1
Al ₂ O ₃	10,57	1037	15,30	1501	0,42	41	26,29		26,17	2567
Fe ₂ O ₃	0,94	59	0,04	3	0,06	4	1,04		1,06	66
CaO	0,36	64	0,08	14	0,03	5	0,47		0,42	75
MgO	0,28	69	0,04	10	0,02	5	0,34		0,32	77
K ₂ O	1,60	170			0,28	30	1,88		1,84	195
Na ₂ O	0,13	21			0,05	8	0,18		0,21	34
CO ₂	(0,31)	71					(0,31)		0,31	71
+H ₂ O	2,71	1504	5,37	2981	0,04	22	(8,12)		8,12	4502
-H ₂ O	(0,99)						(0,99)		0,99	
Suma:	34,47		39,23		25,66		99,36		100,12	
Summe:										
Oznaczono:	34,58		39,19		26,23		100,00			
Direkte Bestimmung:										

1 × 10.000.

Analiza racjonalna wykazała występowanie kaolinu w ilości 38,37%-wag. wobec 29,86% innych substancji ilastych, z czego wynika, że glinka ogniotrwała z kop. »Władysław« jest produktem częściowo skaolinizowanym. Ilaste substancje rozpuszczalne w HCl mają budowę podobną do odpowiednich składników w skałach z Siedlca. Z powyższego, oraz z porównania składu mineralnego podanego w zestawieniu wynika, że glinka z kop. »Władysław« ma skład mineralny podobny do skał z Siedlca, oraz że badana glinka i skały z Siedlca są produktami podobnego wietrzenia.

Opierając się na przedstawionych własnych wynikach, mogę rozszerzyć zakres przeprowadzonego porównania na wszystkie dotychczas opracowane glinki krzeszowickie. W tym celu zestawilem w tabeli VIII opublikowane dane odnoszące się do poruszonego tematu. Obliczając stosunek $Al_2O_3:SiO_2:H_2O$ dla analiz, w których podano tylko oznaczenie »strata żarowa«, przyjąłem tę wielkość jako przybliżone oznaczenie »+H₂O«. Obliczenie ilości kaolinu w dwóch glinkach z Poręby i Grojca wykonałem na podstawie podanej przez M. Kamieńskiego i Fr. Engela (8) krzywej dehydratyzacji sposobem stosowanym przez G. Lincka i G. Calsowa (4, 11).

Zestawienie analiz ryczałtowych i składów mineralnych poszczególnych glinek i skał z Siedlca wykazuje znaczne podobieństwo tych wszystkich skał. W szczególności podobny jest skład mineralny, stosunek $Al_2O_3:SiO_2:H_2O$ w analizie ryczałtowej i w składnikach rozpuszczalnych w HCl oraz występowanie kaolinu, w ilości mniej więcej równej ilości minerałów ilastych ulegających działaniu HCl, obok kwarcu i drobnych ilości skaleni. Z petrograficznego punktu widzenia można wysnuć wniosek o podobieństwie tych produktów wietrzenia ilasto-kaolinowego. Geologiczne natomiast warunki występowania glinek ogniotrwałych w okolicach Krzeszowic tworzyły podstawę, na której oparł St. Zaręczny (20) przypuszczenie, że są one produktami wietrzenia i rozmycia pobliskich skał wylewnych. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają to przypuszczenie.

IV. Profil kamieniołomu w Regulicach

Kamieniołom w Regulicach (położony obok stacji PKP Alwernia—Regulice) odsłania do 45 m wysoki profil diabazu («melafiru») pokrytego cienką, do 3 m miąższą, warstwą utworów

TABELA X

				<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>	<i>a₀</i>	<i>c₀</i>	<i>f₀</i>	<i>f₀-c₀</i>	SiO ₂ %-mol.	<i>a₀'</i>	<i>c₀'</i>	<i>f₀'</i>	<i>f₀'-c₀'</i>	Si	U	L	<i>ki</i>	<i>ba</i>	<i>K</i>	<i>B</i>		
1.	Miękinia	Porfir świeży Frischer Porphy	Z. Rozen 1909	319	39	19	16	26	0,41	0,34	0,73	6,9	1,6	1,5	+0,1	76,36					66,09	19,81	14,09	8,3	1,09				
2.	"	Porfir zwietrzały an. 4 Verwitterter Porphy An. 4	A. Bolewski 1939	393	52	18	12	18	0,63	0,28	0,67										69,80	21,49	8,61	7,6	0,59	0,92	0,54		
3.	"	Porfir zwietrzały an. 5 Verwitterter Porphy An. 5	" " "	501	66	14	5	15	0,56	0,23	0,36										73,49	21,53	4,98	7,5	0,29	0,90	0,27		
4.	Zalas	Porfir świeży Frischer Porphy	Z. Rozen 1909	311	38	19	14	29	0,36	0,38	0,73	7,4	1,1	1,5	+0,4	75,27					65,30	19,70	15,00	8,2	1,14				
5.	"	Porfir zwietrzały Verwitterter Porphy	" " "	307	38	20	15	27	0,38	0,25	0,75										65,18	20,21	14,59	8,1	1,11	0,98	0,97		
6.	Niedźwiedzia Góra	Diabaz Diabas	Z. Rozen 1909	155	24	41	20	15	0,25	0,40	0,48	4,6	1,4	4,0	+2,6	59,43					53,56	29,85	16,58	6,5	1,46				
7.	"	Diabaz, odmiana A Diabas, Abart A	J. Broder 1931	158	24	41	20	15	0,24	0,40	0,49										53,99	29,58	16,42	6,6	1,44				
8.	"	Diabaz, odmiana B Diabas, Abart B	" " "	157	24	42	20	14	0,23	0,40	0,47										53,75	29,75	16,50	6,5	1,21				
9.	"	Diabaz zwietrzały Verwitterter Diabas	" " "	168	28	40	20	12	0,58	0,41	0,50										52,70	34,16	13,14	6,1	1,14	0,93	0,83		
10.	Alwernia	Diabaz (»melafir«) Diabas (»Melaphyr«)	Z. Rozen 1909	150	23	38	24	15	0,30	0,44	0,63	4,7	1,2	4,1	+2,9	60,05					52,96	28,53	18,48	6,5	1,71				
11.	Regulice	Diabaz (»melafir«) Diabas (»Melaphyr«)	Z. Rozen 1909	138	22	37	27	14	0,30	0,43	0,73	4,5	1,2	4,3	+3,1	58,74					51,06	28,87	20,07	6,3	1,88				
12.	"	Diabaz zwietrzały Verwitterter Diabas	A. Bolewski 1939	171	43	38	11	8	0,46	0,17	0,30										54,26	37,46	8,28	3,97	0,44	0,63	0,23		
13.	Siedlec	Skala przeobrażona 18 Verändertes Gestein 18	A. Bolewski 1938	459	52	17	1	30	0,90	0,31	0,05	8,6	0,1	1,3	+1,2	82,10	9,2	0,1	0,7	+0,6	71,72	18,80	9,48	8,8	0,59				
14.	"	Skala przeobrażona 5 Verändertes Gestein 5	" " "	545	61	3	1	35	0,94	0,61	0,17										73,56	16,93	9,41	8,8	0,57				
15.	"	Skala przeobrażona 6 Verändertes Gestein 6	" " "	553	61	3	1	35	0,94	0,47	0,26										73,94	16,55	9,46	9,1	0,59				
16.	"	Skala przeobrażona Verändertes Gestein	A. Bolewski 1939	548	60	5	1	34	0,93	0,51	0,34										73,90	16,67	9,43	9,2	0,59				
17.	Miękinia	»Porfir skalifikowany« »Kalifizierter Porphy«	Z. Rozen 1909	390	48	16	6	30	0,80	0,18	0,37	8,2	0,7	1,1	+0,4	76,2	8,6	0,5	0,8	+0,3	68,79	19,52	11,68	8,2	0,76				
18.	"	»Skala stropowa« »Hangendes Gestein«	A. Bolewski 1939	385	61	10	2	27	0,81	0,17	0,23										67,42	22,90	9,63	6,3	0,47	0,77	0,62		
19.	Filipowice	»Tuf skalifikowany« »Kalifizierter Tuff«	Z. Rozen 1909	260	36	25	12	27	0,92	0,41	0,48										61,60	22,86	15,59	7,2	1,09				
20.	Zalas	»Porfir skalifikowany« »Kalifizierter Porphy«	Z. Rozen 1909	370	39	14	10	37	0,57	0,38	0,71	8,5	0,2	1,3	+1,1	79,1					68,02	16,73	15,33	9,5	1,19				
21.	Poręba- Belweder	»Melafir skalifikowany« »Kalifizierter Melaphyr«	Z. Rozen 1909	198	26	39	5	30	0,64	0,65	0,12	7,4	—	2,6	+2,6	67,9					57,03	25,78	17,20	7,5	1,24				

osadowych. Częściowo są to uwarstwione piaski. W dolnej części tych utworów osadowych występują znaczne ilości fragmentów spągowej zwietrzałej skały magmowej. Widoczne stąd jest, że osady zostały złożone na nieosłoniętej, zwietrzałej, erozyjnie porzeźbionej powierzchni skały wylewnej. Niezależnie od tej dawniejszej rzeźby, najmłodsza erozja potoku regulickiego zniszczyła przeważną część nadległych skał osadowych jak również częściowo obnażyła stosunkowo mało zmienioną skałę magmową. Spąg profilu odsłoniętego obecnymi robotami eksploatacyjnymi stanowi ciemnoczerwona zmieniona skała ilasta, jest to tzw. »parchacz«. Roboty eksploatacyjne są prowadzone w ten sposób by uniknąć urabiania technicznie bezwartościowych materiałów, dlatego też nie mogłem, bez wykonania specjalnych robót, uzyskać materiału odpowiedniego do bliższego określenia tej skały spągowej. Skała świeża jest barwy ciemnoszarej z licznymi połyskliwymi, drobnymi (do 0,95 mm) czerwonymi plamkami iddyngsytu (14). W górnej części profilu, na przestrzeni około 12 m, skała świeża stopniowo (łagodnie) przechodzi w skałę zupełnie zwietrzałą, która jest tak krucha, że daje się rozgniatać w palcach. Megaskopowo wietrzenie skały początkowo przejawia się jaśnieniem jej barwy i coraz intensywniejszym przybieraniem odcienia czerwonego. W początkowych stadiach wietrzenia pojawia się podzielność płytowa oraz liczne bańki i smugi barwy zielonawej. W niektórych partiach stropowych, np. w kamieniołomie powiatowym, zwietrzała skała jest barwy ciemnobrunatnej z licznymi zielonymi plamami. Wszystkie te zmiany pojawiają się stopniowo, bez ostrych przejść. W miarę wietrzenia skały zanika też wyraźny bryłowy nieregularny cios, który początkowo ustępuje podzielności płytowej, również zacierającej się w materiale zupełnie zwietrzałym.

Badania mikroskopowe dają obraz zmian wywołanych wietrzeniem diabazu (»melafiru«). Skała świeża okazuje budowę intersertalną z bardzo małą ilością szkliwa między żerdkowatymi plagioklazami. Substancje krystaliczne należą jak gdyby do dwóch generacji. Jedną z nich stanowią bardzo rzadkie, znane z pojedynczych egzemplarzy, duże do 1,20 mm prakryształy plagioklazu, którego oznaczenie wskazało przynależność do andezynu o formule $Ab_{40}An_{60}$. Te prakryształy zawierają wrostki innych skaleni, piroksenu jednoskośnego, tlenków metalicznych i wtórny kalcytu. Częstsze są natomiast, już w skale świeżej zmienione w iddyngsyty (14), prakryształy oliwinu. Ciasto skalne jest utwo-

rzony, jak to już dawniej wykazał Z. Rozen (14), z idiomorfijnych żerdkowatych przeważnie albitowo zbliźnionych plagioklazów: labradoru i andezynu, ksenomorfijnych osobników piroksenu jednoskośnego (augitu) i skalenia potasowego oraz niewielkiej ilości szkliwa. Liczne są wzrostki tlenków metalicznych i apatyty.

Badania mikroskopowe skały zwietrzałej, tworząc przystropowe partie diabazu, ujawniają zmiany, jakim ulegają poszczególne składniki skały w czasie wietrzenia, które w pierwszym rzędzie intensywnie zmienia minerały femiczne: piroksen i iddyngsyty w silnie infiltrowane brunatne substancje agregatowe. Mniej silnie przeobraża plagioklasy, co początkowo ujawnia się zatarciem ostrych zarysów poszczególnych osobników oraz pojawieniem się wtórnego kalcytu. Skaleń potasowy wykazuje znaczniejszą odporność. W skale zwietrzałej przeważają, nad resztkami pierwotnych minerałów, duże ilości substancji bezpostaciowych, charakterystycznych dla wietrzenia chemicznego. Krzemionka zachowuje się odmiennie, aniżeli w zwietrzałych kwaśnych skałach Miękini i Siedlca; częściowo wypełnia ona wolne przestrzenie, tworząc sferolityczne naskorupienia chalcedonu. Wnętrza, powstających przy wietrzeniu wolnych przestrzeni, są nadto wypełnione zieloną substancją, której skład chemiczny określił Z. Rozen (14) jako odmienny od normalnego chlorytu.

Celem poznania chemicznego charakteru wietrzenia, któremu ulega diabaz z Regulic, wykonałem analizę próbki skały zupełnie zwietrzałej pochodzącej z nad tunelu łączącego obie części kamieniołomu. Wyniki wraz z analizą skały świeżej wykonanej przez Z. Rozena (14), podaję w tabeli IX.

Skała zwietrzała zawiera znacznie mniej alkaliów i SiO_2 od skały świeżej; wykazuje natomiast silny wzrost zawartości Al_2O_3 do ilości 20,90%-wag. i wysoki stopień uwodnienia minerałów wtórnych. Wietrzenie skały z Regulic przebiega nieco odmiennie od wietrzenia porfiru z Miękini, nosi ono bardziej alitowy (6) charakter, na co wskazuje względnie niska wartość $K=0,63$, oraz nie jest ono połączone z wyraźną utratą połączeń żelazowych i manganowych. Różnice te uwydatniają się w zestawieniu wartości Si-U-L podanym w tabeli X. Pod względem chemicznym wietrzenie diabazów z Regulic, mimo podkreślonych różnic, nie wskazuje na działanie innych czynników poza klimatycznymi. Dostrzeżone bowiem odchylenia znajdują swoje uzasadnienie w odmiennej mineralnej budowie skały świeżej.

TABELA IX

	1.	2.	
	%-wag. Gew.-%	%-wag. Gew.-%	R.—Z.
SiO ₂	52,00	49,90	0,959
TiO ₂	2,01	1,25	0,621
P ₂ O ₅	0,49	0,24	0,489
Al ₂ O ₃	14,08	20,90	1,484
Fe ₂ O ₃	8,40	11,69	1,391
FeO	1,09	0,12	0,111
MnO	0,72	0,49	0,680
CaO	9,61	3,07	0,319
MgO	3,91	1,28	0,327
K ₂ O	2,58	1,62	0,627
Na ₂ O	3,83	1,26	0,328
CO ₂	ślady	0,42	
+H ₂ O	0,42	6,02	14,333
-H ₂ O	0,91	1,77	
Suma: Summe:	100,05	100,43	
<i>ki</i>	6,3	3,97	
<i>ba</i>	1,88	0,44	
<i>K</i>	1,00	0,63	
<i>B</i>	1,00	0,23	

Analiza 1. Skąła świeża, analizował Z. Rozen (14). — Frischer Diabas, nach Z. Rozen (14).

Analiza 2. Skąła zwietrzała. — Verwitterter Diabas.

Porównania więc z opisanym profilem wietrzejących diabazów skąły zasobnej w K₂O pochodzącej z Poręby-Belwederu, która to skąła ma całkiem odmienny skład chemiczny (12,34% alkaliów i 13,08 Al₂O₃ wobec 6,41% alkaliów i 14,08% Al₂O₃) i której stanowisko geologiczne nie jest dokładnie uzgodnione, z petrograficznego punktu widzenia nie mogę uzasadnić. Najprawdopodobniej są to skąły genetycznie różne.

Zestawienie wyników i wnioski

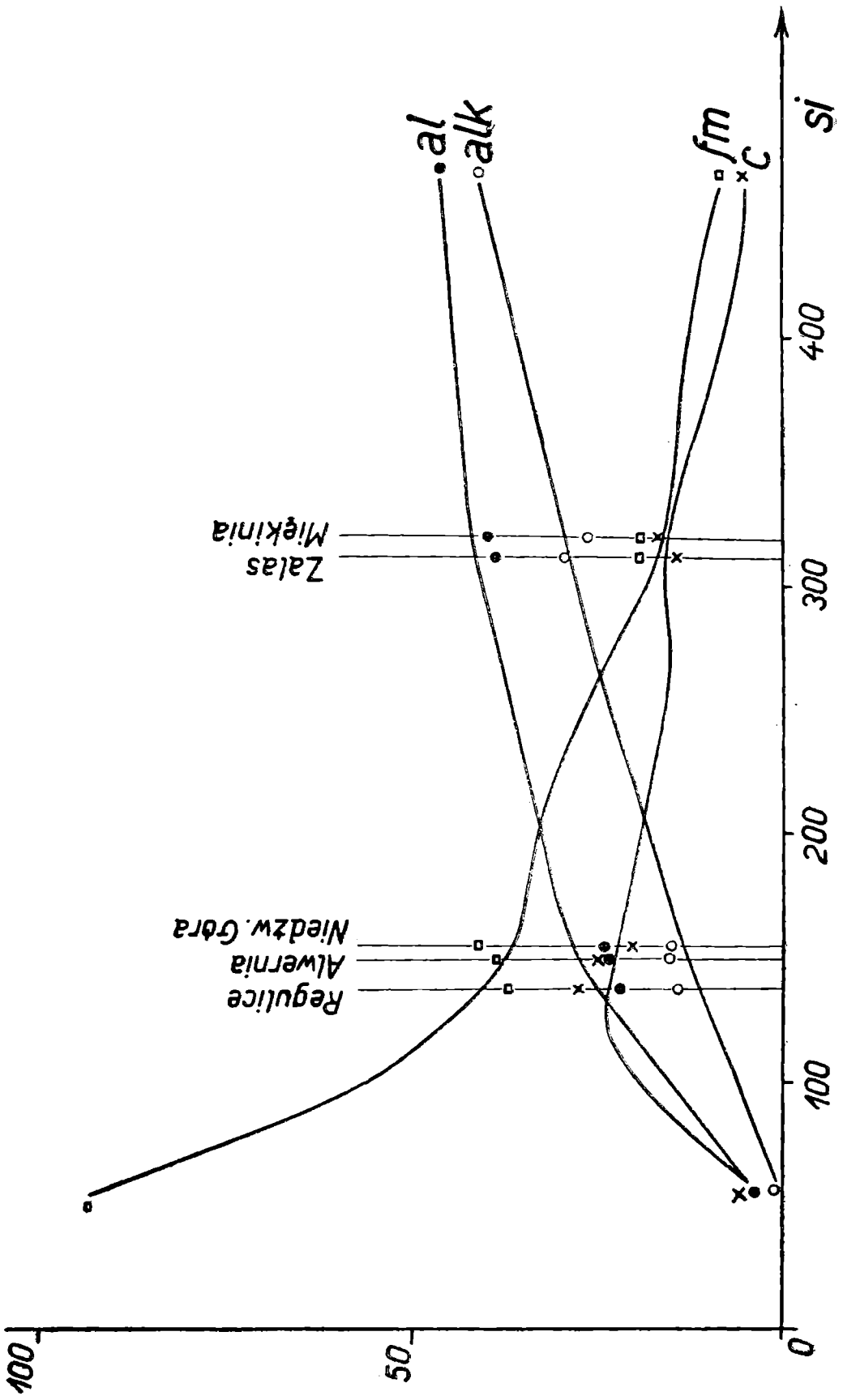
Z przedstawionych badań skął magmowych okręgu krakowskiego wynika, iż materiał dotychczas analizowany można podzielić na trzy grupy:

I. świeże porfiry z Miękini i Zalasu oraz diabazy z Niedźwiedziej Góry, Alwernii i Regulic;

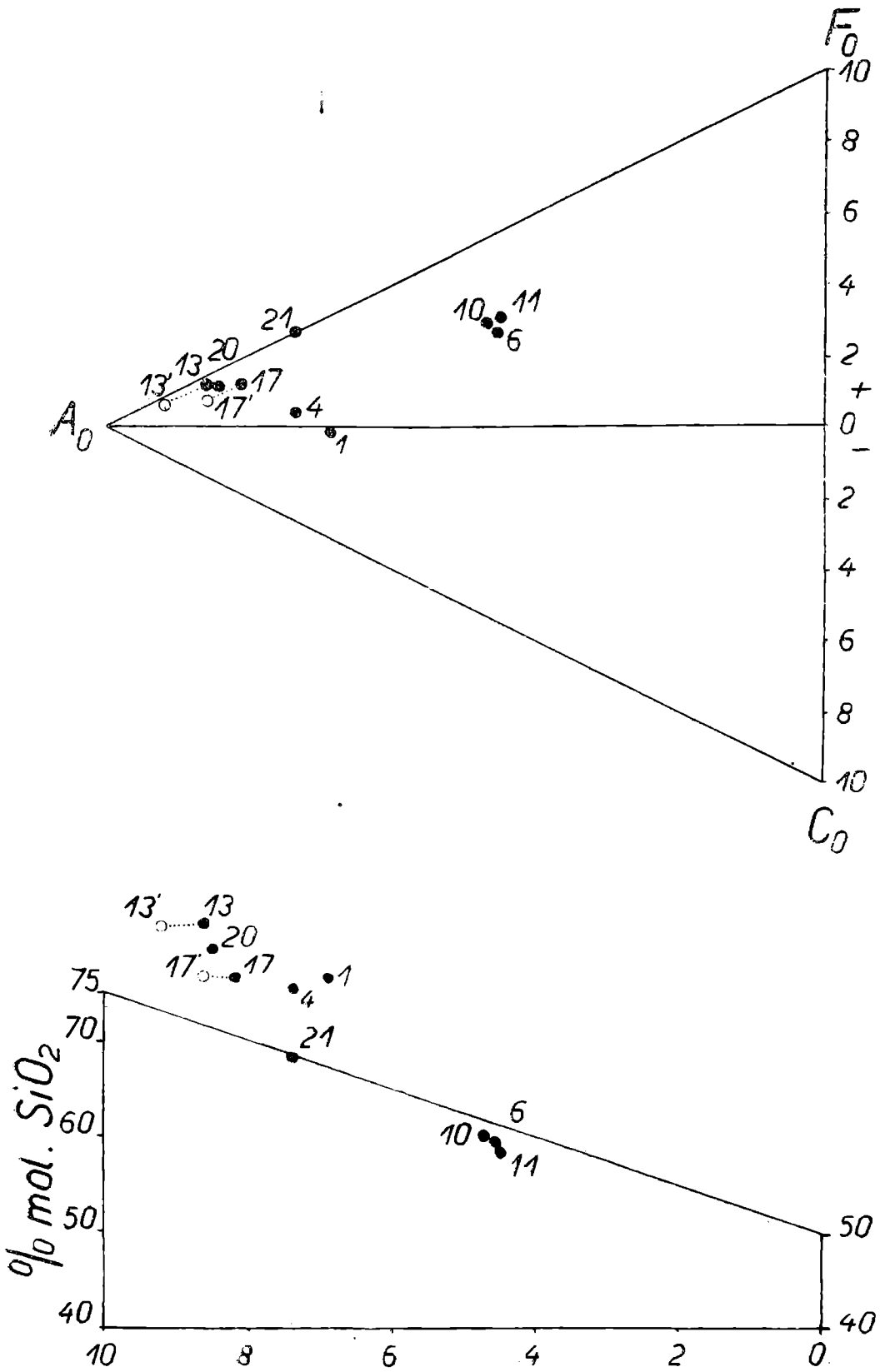
II. wyróżnione przez Z. Rozena skały »skalifikowane«, tj. zasobne w K_2O skały z Miękini, Zalasu, Filipowic i Poręby-Belwederu; tu zaliczam również skałę przeobrażoną z Siedlca;

III. produkty wietrzenia skał zaliczonych do dwóch poprzednich grup.

W rozważaniach na temat stosunku skał grupy I do skał grupy II wysuwa się na czoło zagadnienie ich przynależności systematycznej. Z. Rozen, zajmując się w swoim czasie tym zagadnieniem, przydzielił wszystkie skały krakowskie do wspólnej magmy alkaliczno-wapiennej, wychodząc z założenia, że produkty zasobne w K_2O (skały »skalifikowane«) pochodzą z przeobrażenia pierwotnych magm alkaliczno-wapiennych. Autor ten nie wysunął sprawy odrębnej przynależności magmowej skał bogatych w K_2O . Zaznaczyć tu jednak należy, że Z. Rozen w badaniach swoich nie spotkał (co z naciskiem podkreślam) materiałów zwietrzałych uboższych w alkalia od znanych mu skał świeżych. Wobec poznania nowych materiałów i uzyskania obecnymi badaniami dalej idących wyników staje się znowu aktualna sprawa systematyki skał krakowskich. Aby stworzyć podstawę do tych rozważań, zestawilem w tabeli X projekcyjne wartości obliczone sposobem Nigglego (12) i Beckego (16). W pierwszej części wymienionej tabeli podaję liczby dla skał grupy I i im odpowiadających skał grupy III, zaś w drugiej części dla skał grupy II i części grupy III. Dla zobrazowania stosunku skał świeżych i zwietrzałych dodaję obliczenie wartości Si-U-L Beckego oraz wartości ki , ba , K , B . Z liczb podanych w powyższej tabeli wynika, że magma skał z Miękini i Zalasu (tab. X i ryc. 3) jest podobna do magmy typu granitów plagioklazowych. Różni się od nich wyższą wartością k oraz stosunkiem $al:fm$. Ten stosunek zbliża ją do skrajnie kwaśnych granodiorytów, np. granodioryt z Cristallina, Lukmanier (12). Ze skał polskich są one niejako odpowiednikiem wylewnym niektórych ogniów dyferencyjnych granitu tatrzańskiego (16). Diabaz z Niedźwiedziej Góry można zaliczyć do magmy typu lamprodiorytowego (13). Diabazy natomiast z Regulic i Alwernii zbliżone są do skał magmy gabbrodiorytowej z wyraźną tendencją ku sodowym esseksytom. W projekcji Beckego (tab. X i ryc. 4) skały z Miękini i Zalasu zajmują miejsce w polu skał alkaliczno-wapiennych; natomiast skały z Niedźwiedziej Góry, Alwernii



Ryc. 3. — Fig. 3.

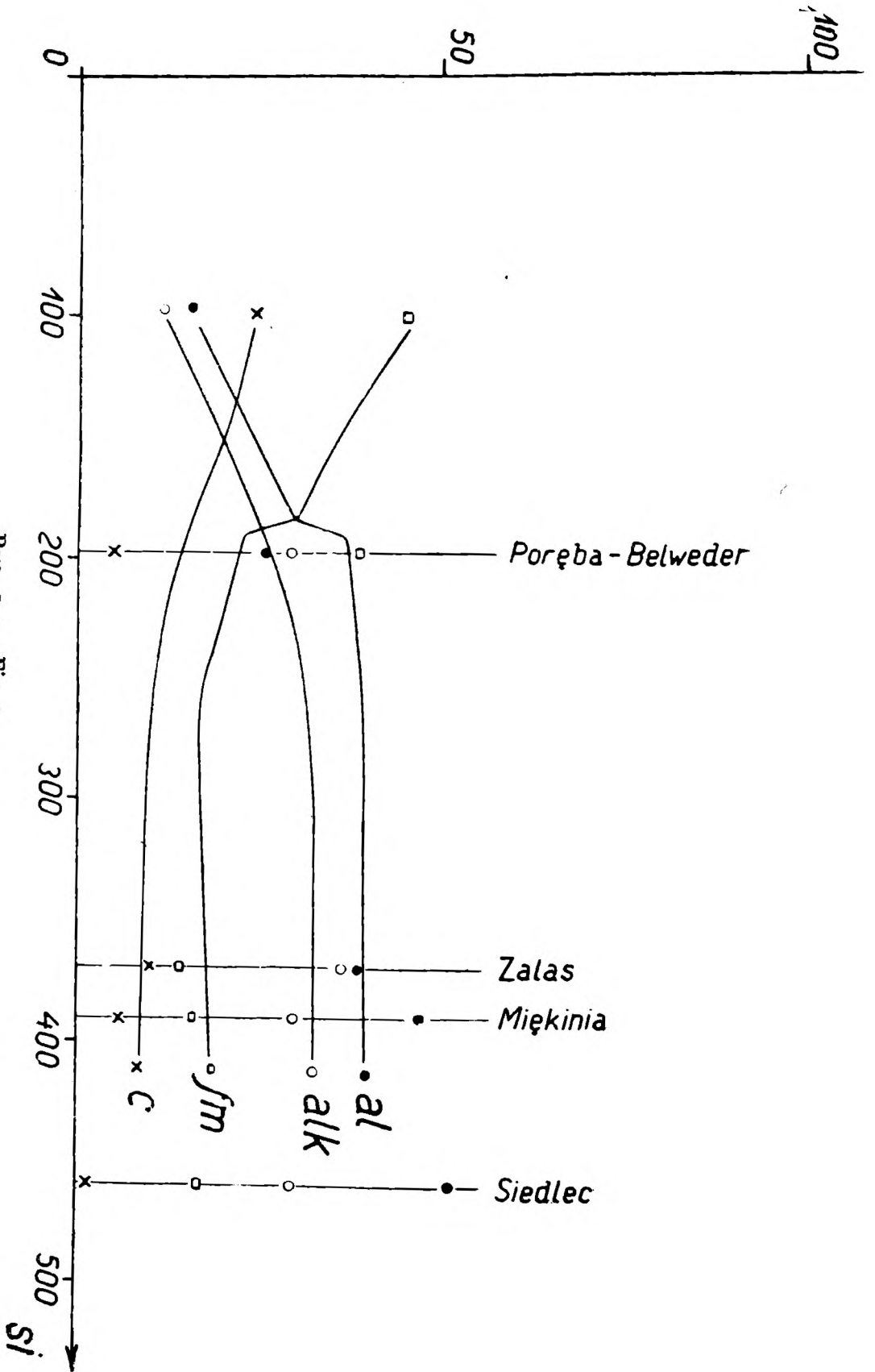


Ryc. 4. — Fig. 4.

i Regulic wykazują tendencję ku skałom serii alkalicznej, którą to cechę wskazują względnie wysokie dodatnie wartości $f_0—c_0$. Mimo odchyień i różnic w porównaniu z typowymi magmami, można świeże skały krakowskie zaliczyć do serii alkaliczno-wapiennej ($c=14—27$, $k=0,41—0,25$).

Odmienne jest natomiast stanowisko skał zasobnych w K_2O , których pozycję określam w przybliżeniu, gdyż są one znane z materiałów częściowo zmienionych. Ponieważ jednak niektóre elementy chemiczne są wysoce charakterystyczne oraz analizy petrograficzne wykazały dość dobre zachowanie pierwotnych minerałów, np. w skale z Siedlca stwierdziłem ponad 40%-wag. skaleni, przeto możliwe jest takie przybliżone określenie ich przynależności magmowej. »Porfir skalifikowany« z Zalasu (14) odpowiada magmie typu rapakiwi (12) serii potasowej (tab. X i ryc. 5), wykazując nadwyżkę wartości *alk* i *k*.

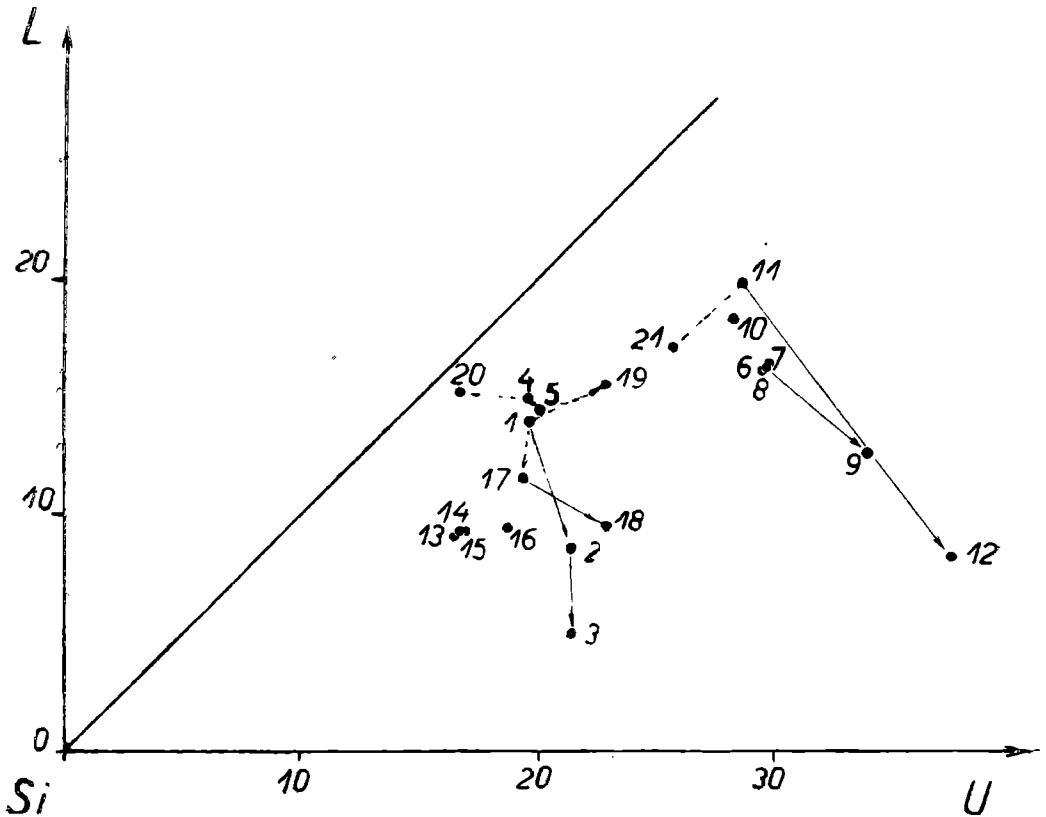
Podobne stanowisko zajmuje nieco kwaśniejsza (być może skutkiem zapoczątkowanego wietrzenia) »skalifikowana« skała z Miękini. Jest ona pokrewna rapakiwi z Rödö (13). Najświeższa z dotychczas znanych skał z Siedlca (okaz 18) wskazuje również na przynależność skały niezwiędzłej do magmy typu rapakiwi lub nawet potasowego granitu-aplitowego. W porównaniu z innymi skałami krajowymi, skały z Zalasu i Miękini są zbliżone do skrajnie potasowych ogniów dyferencyjnych granitu tatrzańskiego (obecnie wyróżniana przez prof. J. Tokarskiego — izofema 6 — wiadomość ustna), od których różnią się znacznie wyższą wartością *k*. Przynależna do serii potasowej (śródziemnomorskiej) magma skały z Poręby-Belwederu zajmuje w klasyfikacji Nigglego (13) stanowisko przejściowe w grupie sienitogranitowej i sienitowej. W projekcji Beckego (ryc. 4) zajmuje ona stanowisko na linii $a_0—f_0$, tj. w polu typowych skał alkalicznych (potasowych). Chemiczny skład skały z Poręby-Belwederu jest uderzająco podobny do analizy tufitu z wiercenia w Bocianówce na Wołyniu (12. *Biul. P. I. G.*, str. 13) oraz do analiz sanidynitów i trachitów występujących w postaci bloków i otoczek w tufach berestowieckich (7, 17). Skały zasobne w K_2O (»skalifikowane«) są zatem przynależne do serii potasowej i tworzą odrębną grupę od skał serii alkaliczno-wapiennej. Brak jest dotychczas materiałów umożliwiających należyte pogłębienie znajomości tych skał, jednakowoż wobec wyróżnienia i oddzielenia ich od skał serii alkaliczno-wapiennej celowe będzie określenie odrębną



Ryc. 5. — Fig. 5.

nazwą. Dlatego też proponuję dla tych skał i w dalszym ciągu tej pracy wprowadzam tymczasową ogólną nazwę trachitów potasowych, zaznaczając ich przynależność do wylewnych skał serii śródziemnomorskiej.

Z kolei przechodzę do omówienia wyników badania skał



Ryc. 6. — Fig. 6

grupy III tj. skał zwietrzałych. Badanie profilu kamieniołomu w Miękini wykazało wietrzenie porfirów, co znajduje swój wyraz w zmianach wartości Nigglego, $R.-Z$, ki , ba , K , B oraz w projekcji w trójkącie Si-U-L (tab. X, ryc. 6) gdzie następuje przesunięcie bieguna skały z pola skał magmowych w pole skał osadowych. Sposób tego wietrzenia nie odbiega od tzw. normalnego (5) wietrzenia kwaśnych skał magmowych. Stosując słownictwo H. Harrassowitza (6) można je nazwać wietrzeniem sialitowym. Podobne wyniki daje porównanie (tab. IV), określające wietrzenie trachitu potasowego. Odpowiednie przesunięcie w projekcji Si-U-L (ryc. 6) oraz zmiana wartości K wskazują nieco bardziej alitowy charakter tego wietrzenia. Ta mała różnica nie daje podstawy do wyróżnienia tego wietrzenia od typu określo-

nego dla niżej występujących porfirów alkaliczno-wapiennych. Wietrzenie porfirów z Zalasu rozpoczyna się utlenianiem i hydratacją minerałów żelazowych (14), co w projekcji Si-U-L powoduje nieznaczne przesunięcie w kierunku równoległym do zmian poznanych w wietrzących skałach z Miękini. Podobny też jest kierunek początkowych stadiów wietrzenia (serycytyzacji) diabazu z Niedźwiedziej Góry (3). Diabaz z Regulic wietrzeje nieco odmiennie od skał kwaśnych, ogólny jednak kierunek zmian jest zgodny. Różnice w przebiegu wietrzenia znajdują uzasadnienie w odmiennej mineralnej budowie skały świeżej. Na podstawie podanych faktów stwierdzić można, że krakowskie skały serii alkaliczno-wapiennej ulegają wietrzeniu ilastemu. Nie dostrzegłem bowiem takich zmian w ich budowie, których nie można by uzasadnić działaniem czynników klimatycznych o nasileniu zbliżonym do klimatu umiarkowanego.

Analizy racjonalne skał z Siedlca i glinki ogniotrwałej z kop. »Władysław« k. Poręby dostarczyły przesłanek do petrograficznego potwierdzenia tezy St. Zaręcznego (20), że glinki ogniotrwałe okolic Krzeszowic są produktami wietrzenia i rozmycia pobliskich skał wylewnych. Stwierdziłem wietrzenie kaolinowo-ilaste. Podobnie też J. Kuhl (10) wskazał na występowanie kaolinu i substancji ilastych w »skalifikowanym tufie« z Filipowic. Ilaste wietrzenie stropowych trachitów potasowych z Miękini zostało ujawnione porównaniem analizy »skały stropowej« i »porfiru skalifikowanego«. Stąd zatem wyciągam wniosek, że dotychczas w stanie świeżym nieznanne trachity potasowe uległy, podobnie do skał serii alkaliczno-wapiennej, wietrzeniu skutkiem działania czynników atmosferycznych. Skały te dostarczyły zmienionych materiałów zasobniejszych w K_2O od skał serii alkaliczno-wapiennej.

Interesujący wynik daje projekcja w trójkącie Si-U-L (ryc. 6) dotychczas opublikowanych analiz skał krakowskich. Jeżeli w projekcji tej połączę bieguny skał świeżych i odpowiadających im zwietrzałych to otrzymam linie (na rysunku są to linie pełne) o kierunku mniej więcej zgodnym. Gdybym natomiast połączył skały świeże ze skałami »skalifikowanymi« (linie kreskowane) to otrzymam kierunki niezgodne lub wręcz przeciwne, np. linia dla skał z Zalasu przebiega od pola skał osadowych; linie dla skał z Miękini i Filipowic rozchodzą się pod kątem zbliżonym do prostego, linia dla skał z Miękini ma kierunek przeciwny kierunkowi linii łączącej skałę z Regulic z »skalifikowaną« skałą

z Poręby-Belwederu. Tak silna rozbieżność kierunków zmian uzasadnianych procesem »kalifikacji« przemawia również przeciw tej koncepcji.

Słaby geologiczny związek skały świeżej i »skalifikowanej« z Zalasą zaznaczył Z. Rozen (14) podkreślając, że próbki pochodzą z odległych miejsc a zestawienie analiz jest dokonane na podstawie analogii chemicznych z wynikami porównania skał z Miękini. Porównanie skały świeżej z Regulic i »skalifikowanej« z Poręby-Belwederu jest również dość luźne, gdyż są to miejscowości odległe o blisko 3 km, a dotychczas nie został ustalony geologiczny związek tych dwóch występowania. Podobnie geologicznie słabe jest uzasadnienie porównania porfiru z Miękini i »skalifikowanego tufu« z Filipowic. Wszystkie te zestawienia były oparte o wyniki porównania skał z Miękini. Skoro więc badania geologiczne, poparte wynikami opracowania petrograficznego profilu głównego kamieniołomu w Miękini, wykazały odrębność porfiru alkaliczno-wapiennego i trachitu potasowego, przeto odpada ta podstawa, na której rozbudowana została koncepcja »kalifikacji«. Badania profilu kamieniołomu w Regulicach, skał z Siedlca, glinki ogniotrwałej z kopalni »Władysław« koło Poręby oraz dawniejsze badania innych autorów skał z Niedźwiedziej Góry (3) i Filipowic (10) nie dostarczyły faktów geochemicznych, których nie można by uzasadnić zróżnicowaniem law oraz wietrzeniem wywołanym działaniem czynników klimatycznych. Nie można więc tłumaczyć obecności zmienionych skał zasobnych w K_2O procesem »kalifikacji«. Mimo to, postawienie tego zagadnienia ma głębszą wartość a to ze względu na pośrednie wskazanie, przed laty trzydziestu, występowania skał serii potasowej wśród wylewów ziemi krakowskiej. Obecnie zagadnienie »kalifikacji« ustępuje miejsca zagadnieniom dyferencjacji magmy i zagadnieniom wietrzenia law krakowskich. Już dotychczasowe wyniki, w przeważnej części osiągnięte pracą ś. p. profesora Z. Rozena, umożliwiają stworzenie pełnych wyrazu analogii z wynikami badań skał tatrzańskich i wołyńskich.

Znaczna część tej pracy wykonana została w Zakładzie Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie, pozostającym pod kierownictwem profesora dra Juliana

Tokarskiego, któremu na tym miejscu pragnę podziękować za cenne uwagi oraz pełne życzliwości użyczenie miejsca w pracowni i umożliwienie mi poznania niektórych metod badań petrograficznych. Elektromagnetyczne rozdzielanie składników porfiru miękińskiego wykonałem w Zakładzie Fizyki Akademii Górniczej. Profesorowi drowi M. Jeżewskiemu, kierownikowi wymienionego instytutu dziękuję za udostępnienie mi odpowiedniej aparatury. Dziękuję również profesorowi drowi Janowi Nowakowi, prof. inż. Stefanowi Czarnockiemu oraz opiekunowi Zakładu Mineralogii i Petrografii Akademii Górniczej prof. drowi Waleremu Goetlowi za okazaną mi życzliwość i ułatwienie z jakimi spotykałem się w czasie wykonywania tej pracy.

Zakład Mineralogii i Petrografii Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie i Zakład Mineralogii i Petrografii Akademii Górniczej w Krakowie.

Andrzej Bolewski

Das Problem der „Kalifikation“ der Krakauer Magmagesteine

Einleitung

In der westlichen Umgebung von Krakau befinden sich Ergussgesteine (Porphyre, Diabase, Melaphyre), welche in folgenden Ortschaften vorkommen: Miękinia, Zalas, Siedlec, Niedźwiedzia Góra, Alwernia, Regulice usw. (vgl. Fig. 1). Diese Gesteine waren ein Gegenstand eines petrographisch-chemischen Studiums von Z. Rozen (14). Dieser Autor beobachtete, dass die veränderten Gesteine mehr K_2O als frische Gesteine besitzen. Diese Erscheinung verband er mit dem Verwitterungsprozess. Die Anreicherung von K_2O in Porphyren aus Miękinia betrug 3,15 Gew.-%, aus Zalas — 2,71 %, und für Gesteine aus Regulice und Poreba-Belweder sogar 6,35 %. Andere Bestandteile waren entweder ausgelaugt (CaO , Na_2O ...), oder sie zeigen keine grösseren Veränderungen. Es wurde von Z. Rozen angenommen, dass K_2O sich in Verwitterungsprodukten der femischen Mineralien und Plagioklase konzentriert, und dass CaO und Na_2O mit K_2O vertauscht wird, was mit dem Entstehen des sekundären Orthoklases zu erklären wäre. Diese Erwägungen führten zu der

Feststellung des ersten »kalischen« Verwitterungsstadiums, welches die »Kalifikation« genannt wurde. Dieses Stadium sollte den normalen Tonverwitterungen voranschreiten.

Neuere Untersuchungen der Verwitterung der Diabase von Niedźwiedzia Góra (3) zeigten ihre Serizitisation. J. Kuhl (10) bestätigte das Vorkommen von Tonsubstanzen und Kaolin im veränderten Gestein aus Filipowice, aber auch er nahm an, dass dies ein kalifiziertes Gestein ist.

Im Jahre 1935 fand ich ein neues Vorkommen der veränderten Ergussgesteine neben Siedlce (6 km NE Krzeszowice). Da das Gestein 7,13% K_2O besass und gebleicht war, konnte man auf Grund voriger Arbeiten annehmen, dass es ein stark kalifiziertes Gestein ist. Trotz grosser bergmännischen Arbeiten (3 Schächte bis 51 m Tiefe, und 140 m Gänge) erreichte man nicht das frische Gestein. Daher konnte man an den Vorgang dieses Prozesses unmittelbar nicht herankommen. Infolge dessen gab ich nur eine Beschreibung dieses Gesteins (2), mit den Analysen der Tone, welche sich in den Gesteinsspalten befinden, und den Resultaten des Einflusses von K_2CO_3 auf diese Gesteine. Die Analysen der Gesteinsproben, welche der Wirkung von H_2SO_4 ausgesetzt wurden, ergaben, dass K_2O sich in solchen Mineralien befindet, welche widerstandsfähig gegen dieses Reagens sind. Mikroskopisch war das Gestein von Siedlec den Porphyren aus Miękinia ähnlich. Die Folgerungen dieser Arbeit waren von Z. Rozen's Erwägungen nicht weit entfernt. Es wurde nur auf die Ähnlichkeit der Kalifikation mit der Tonverwitterung hingewiesen.

Zur Vertiefung unserer Kenntnisse des Kalifikationsprozesses, unternahm ich neue Untersuchungen. Der Ausgangspunkt dieser Untersuchungen war die Feststellung von Z. Rozen, dass im krakauer Gebiet Gesteine reich an K_2O vorkommen. In einer Diskussion bemerkte Prof. J. Tokarski, dass infolge fehlender neuer geologischer Karten, es keine Hindernisse gibt, zur Aufstellung der Annahme, dass in der Umgebung von Krakau Gesteine der Kalireihe vorkommen. Die obige Möglichkeit ist deswegen ins Auge zu fassen, da in Wolhynien, wie die neuesten Arbeiten von J. Tokarski (17), M. Kamieński (7), E. Chlipalska und H. Gawińska¹ beweisen, die Kalitrachyte und Sanidinite neben Kalk-Alkalibasalten vorkommen. Ähnliche Ergebnisse bringen die gleichzeitigen Arbeiten von J. Tokarski über die Tatrgranite¹.

¹ nach freundl. mündlicher Mitteilung.

Deswegen kann das Kalifikationsproblem prinzipiell auf zweierlei Art erklärt werden:

1. Die von Z. Rozen gefundenen Produkte, reich an K_2O sind in Wirklichkeit normale krakauer Laven, welche sekundär in bisher nicht näher bekannter Weise verändert wurden.

2. Im krakauer Gebiet sind zwei verschiedene Magmaarten vorhanden: Kali- und Kalk-Alkalireihe.

Die erste Möglichkeit würde bestätigt werden, wenn man in einem einheitlichen geologischen Querschnitt das frische Gestein bis zum kalifizierten in einer laufenden Kette verfolgen könnte. In diesem Falle bliebe nur die Ursache der Kalifikation zu ergründen. Würde dieses einheitliche Profil nicht zur Verfügung stehen, so nimmt die zweite Möglichkeit an Wert zu, wie das in Wolhynien bestätigt wurde. Unter solchen Umständen entschloss ich mich weitere Untersuchungen auszuführen, deren Resultate hier angegeben werden.

I. Das Profil des Porphyristeinbruches in Miękinia

Die Hauptabbauwand des Miękiniasteinbruches zeigt ein 50 m hohes Profil des Porphyrvorkommens. An einigen Stellen ist der Porphyr mit dünnen Sedimentgesteinen überlagert. Der grössere Teil des Querschnittes besteht aus dunkelrotem abbauwürdigem Ergussgestein, mit Quarz- Feldspat- und Biotit-Einsprenglingen. Gegen das Hangende ist das Gestein verwittert. Der Übergang des frischen Porphyrs zum ganz verwitterten von weisslicher Farbe ist sehr allmählich. Auf diesem ganz verwitterten Porphyr liegt eine 60 cm dicke Partie eines veränderten Ergussgesteines. Die Grenze beider Gesteine ist sehr deutlich. Erst auf diesem zweiten Ergussgestein treten die Triasdolomite auf.

a) Mikroskopische Beobachtungen

Die durch die Verwitterung hervorgerufenen augenscheinlichen Unterschiede finden ihren Ausdruck im mikroskopischen Bild. Der frische Porphyr hat eine typische Porphyrstruktur mit mikrogranitischer Grundmasse. Unter den Einsprenglingen herrschen die Plagioklase (Oligoklas und Labrador) gegenüber dem Orthoklas, Biotit und Quarz vor. Der Biotit und sehr seltene Amphiboleinsprenglinge sind magmatisch stark resorbiert. Manche

Biotite und alle Amphibole sind chloritisiert. Die Grundmasse besteht aus Oligoklas, Quarz, Kalifeldspat, Biotit und Hämatitstaub. Im mikroskopischen Bilde der verwitterten Gesteine ist Quarz unverändert; Biotit verhält sich nicht gleichmässig, ein Teil verändert sich schnell, manche wohlerhaltene Individuen dagegen kann man im veränderten Gestein vorfinden. Die Plagioklasse verwittern je nach ihrer Zusammensetzung. Am schnellsten verwittern die basischen Labradore. Am widerstandsfähigsten ist der Kalifeldspat. In verwitterten Porphyren beobachtete ich auch die charakteristischen Strukturen der veränderten Plagioklasse, welche Z. Rozen (14) in kalifizierten Gesteinen fand. Unter dem Mikroskop sehen wir auch die Verwitterungsveränderungen in der Grundmasse.

Das zweite Magmagestein, welches den Porphyr überlagert, zeigt unter dem Mikroskop Spuren der früheren Porphyrstruktur. Die veränderten Feldspateinsprenglinge haben die von Z. Rozen beschriebene charakteristische Struktur (14). Im Allgemeinen nimmt das mikroskopische Bild dieses Gesteins eine mittlere Stellung zwischen dem Miękiniaporphyr und Siedlegesteinen ein (2).

b) Chemische Analyse der Feldspateinsprenglinge des Porphyrs

Das charakteristische mikroskopische Bild der Feldspateinsprenglinge ist nach Z. Rozen das Kennzeichen des kalifizierten Gesteins. Diese Struktur beschreibt Z. Rozen mit folgenden Worten: »Wir finden hier keine Spuren von einer Trübung, die bei Kaolinisation ins Auge fällt, noch Spuren von Serizitschüppchen. Die Durchschnitte sind scharf begrenzt, durchsichtig, wasserhell und scheinbar einheitlich. Bei der Kreuzung der Nicols bemerken wir, dass es körnige doppelbrechende Aggregate sind, von denen einige Partien deutlich sphärolitisch-faserige Struktur aufweisen«. Ich fand ähnliche Struktur in allen verwitterten Porphyren. Die Entstehung dieser Struktur wird von Z. Rozen nicht gedeutet. Er beschreibt den sehr interessanten Bau des Orthoklas: »Die Karlsbader Zwillinge der Orthoklaseinsprenglinge zeigen bei mikroskopischer Untersuchung auf einer Hälfte ausgeprägten Zonenbau, während die andere Hälfte ganz einheitlich ist, was wir als eine spezifische Eigenschaft des Porphyrs von Miękinia betrachten« (14).

Um diese Erscheinungen zu enträtseln machte ich chemische Analysen der Orthoklas- und Plagioklaseinsprenglinge des frischen Porphyrs. Die Trennung der Einsprenglinge wurde durch das elektromagnetische Verfahren und nach Methode von Prof. St. Kreuz (9) durchgeführt. Die I Tabelle (s. S. 51) gibt die Analyse der Orthoklaseinsprenglinge, die II Tabelle (s. S. 52) gibt die rationelle Analyse der Quarz-plagioklasischen Fraktion. Trotzdem zu Untersuchungen frischer Porphyre genommen wurde, zeigte es sich, dass die Feldspate etwas verwittert waren, weil sie Tonsubstanzen und Kalzit enthalten. Die Orthoklaseinsprenglinge haben Beimischung von Plagioklasen $Ab_{55}An_{45}$ (13,79 Gew.-%). Die rationelle Analyse der Quarz-plagioklasischen Fraktion zeigt 14,43% Quarz, Oligoklas, Labrador mit einer Beimischung von 8% des Orthoklases. Die quantitativen Verhältnisse zwischen Quarz- und Feldspat-Einsprenglingen kann man nur beiläufig bestimmen:

Quarz:Orthoklas:Oligoklas:Labrador = 19:10:53:18.

Die chemische Zusammensetzung, nach den Ergebnissen der Analysen, der Feldspate aus Miękiniaporphyre ist folgend:

	Or	Ab	An
Durchschnittlich in Porphyre	30	52	18
„ in Einsprenglingen	16	53	31
Orthoklaseinsprenglinge	83	9	8
Durchschnittliche Plagioklasbeimischung			
in Orthoklaseinsprenglingen		55	45
Durchschnittliche Plagioklaseinsprenglinge	8	59	33

Diese Zusammensetzung zeigt, dass die Feldspateinsprenglinge mehr basisch sind, als die durchschnittlichen Plagioklase aus Porphyre. Interessant ist, dass die Plagioklasbeimischung in Orthoklasen stärker basisch ist als die durchschnittlichen Plagioklase. Diese Ergebnisse bilden eine Grundlage zur Annahme, dass die charakteristischen Strukturen der Feldspateinsprenglinge in veränderten krakauer Gesteinen das Resultat der Verwitterung sind. Bekannt ist, dass die basischen Plagioklase leichter verwittern als die Kalifeldspate.

c) Chemische Gesteinsanalyse

Um die chemische Verwitterung des Porphyrs und des ihm aufgelagerten Magmagesteins kennen zu lernen, führte ich fünf

neue Analysen aus, deren Resultate in der Tabelle III, mit Grossers-Werten R.—Z. (5) angegeben sind (s. S. 55). Die Ergebnisse der Untersuchungen des Porphyprofil (Analyse 1—5) zeigen, dass es sich um eine normale Verwitterung handelt, welche mit der Abnahme der Alkalien verbunden ist. Der Vergleich der Analysen des ganzen Porphyprofil mit der Analyse des hangenden Ergussgesteins ergibt klar den Unterschied. Es ist ein entschieden anderes Magmagestein. Die Analyse dieses Gesteins zeigt ein Übermass von Al_2O_3 und H_2O was wahrscheinlich mit der Verwitterung im Zusammenhang steht. Dieselbe Analyse gibt höhere Werte der K_2O — Bestimmung an (5,94%) ähnlich den Analysen des kalifizierten Porphyrs nach Z. Rozen (14). Ein Vergleich dieser Analysen mit Grossers-Werten ist in der Tabelle IV enthalten (s. S. 57). Auf Grund dieser Analysen kann man zu den Folgerungen kommen, dass die Probe des »kalifizierten Porphyrs« aus dem Hangenden stammt und dass meine Probe ein verwitterter »kalifizierter Porphyr« ist. Ich betone, dass im Steinbruch von Miękinia zwei Ergussgesteine auftreten. Die verwitterten Gesteine aus den Hangenden sind reicher an K_2O , als die frischen und verwitterten Porphyre.

II. Gesteine aus Siedlec

Die Beschreibung dieser Gesteine gab ich in meiner vorigen Arbeit (2). Hier möchte ich nur die Mineralzusammensetzung angeben und das veränderte Magmagestein mit dem Ton vergleichen, welcher seine Spalten ausfüllt. Zu diesem Zwecke machte ich zwei rationelle Analysen: des Gesteines (Tab. V, s. S. 59) und des Tones (Tab. VI, s. S. 61). Aus diesen Analysen geht folgende Mineralzusammensetzung hervor:

	Verändertes Gestein	Ton	
Quarz	37,42	20,84	Gew.-%
Kalifeldspat	38,96	2,23	„
Natronfeldspat	2,63	0,54	„
Kalkfeldspat	0,14	0,05	„
Kaolin	6,33	36,32	„
Tonsubstanz	11,97	36,52	„
Kalzit	0,13	0,29	„
Limonit	0,39	0,67	„

Daraus ersieht man, dass beide Gesteine Produkte der gleichen Tonverwitterung (teilweise Kaolinisierung) sind. Auch die geologischen Verhältnisse sprechen für eine nähere Verwandtschaft zwischen beiden Gesteinen. Daraus geht hervor, dass dieselben Verwitterungsprodukte eines bisher in frischem Zustande unbekanntes Magmagesteins sind. Es kann kein Beweis geliefert werden, dass K_2O von Aussen den veränderten Gesteinen zugeführt wurde. Deswegen komme ich zu der Überzeugung, dass grosse Mengen des K_2O ursprünglich im frischen Gestein sich befanden, und dass der höhere Gehalt an K_2O in verwitterten («kalifizierten») Gesteinen kein Ergebniss der späteren Umwandlung des Gesteins ist.

III. Der feuerfeste Ton aus der »Władysław«-Grube bei Poręba

Wenn wir diese Ergebnisse der Untersuchungen des Siedlecgesteins mit den Resultaten der Analysen des feuerfesten Tones, welcher in der Nähe der krakauer Magmagesteine vorkommt (Poręba, Mirów, Grojec), vergleichen, so fällt hier eine gewisse Ähnlichkeit auf. Zwecks genauerer Einsicht in diese Verhältnisse führte ich eine neue rationelle Analyse (Tab. VII, s. S. 63) des feuerfesten Tons aus der »Władysław«-Grube bei Poręba aus. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, dass dieser feuerfeste Ton mineralisch dem Ton aus Siedlec sehr ähnlich ist. Das ist ein Produkt derselben Verwitterungsart, wie jene der Siedlecgesteine. In der Tabelle VIII (s. S. 64) stelle ich die bisherigen Analysen dieser feuerfesten Tone und Siedlecgesteine zusammen. Der auf diesem Grund durchgeführte Vergleich ergab die petrographische Bestätigung der Richtigkeit der alten geologischen Annahme von St. Zaręczny (20), dass diese feuerfesten Tone aus Poręba, Grojec, Mirów, ein Verwitterungsprodukt der benachbarten krakauer Magmagesteine sind.

IV. Das Profil des Diabassteinbruches in Regulice

Der Steinbruch in Regulice zeigt ein 45 m hohes Diabasprofil, welches von einer dünnen Schicht der Sedimentgesteine überlagert ist. In den oberen Partien ist der Diabas verwittert und durch Erosion zerstört. Das frische Gestein ist dunkelgrau,

und hat rötliche Fleckchen von Iddingsit. Bei der Verwitterung nimmt das Gestein eine rötliche Färbung an nebst grünlichen Streifen. Diese Verwitterungserscheinungen kommen nur allmählich zum Vorschein. Unter dem Mikroskop gibt das frische Gestein ein Bild der intersertalen Struktur. Ausserordentlich selten findet man Andesineinsprenglinge. Alle Olivine sind in Iddingsit umgewandelt (14). In der Grundmasse finden wir idiomorphe Plagioklase (Labrador, Andesin), xenomorphe Kalifeldspate, Augite, sehr wenig Glasbasis und Nebengemengteile wie Magnetit, Apatit. Wie die mikroskopischen Bilder zeigen, ist die Verwitterung bei den femischen Mineralien und Plagioklasen am stärksten. In ganz verwitterten Gesteinen sind viele amorphe Substanzen enthalten. Die leeren Räume dieser sind hier mit Chalzedon und Chloritsubstanz ausgefüllt. Der chemische Charakter dieser Verwitterung wird aus dem Vergleich der Analysen (Tab. IX, s. S. 67) erhellt. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass dieser Prozess nicht aus den Rahmen einer Tonverwitterung herausfällt. Vom petrographischen Gesichtspunkt aus, findet man keine Grundlage zur Ableitung des an K_2O reichen Gesteins aus Poręba-Belweder vom Diabas aus Regulice. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind es ganz verschiedene Gesteine.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Nach den bisherigen Untersuchungen der krakauer Ergussgesteine kann man sie in drei Gruppen einordnen:

I. Frische Porphyre aus Miękinia, Zalas und Diabase aus Niedźwiedzia Góra, Alwernia, Regulice.

II. Gesteine reich an K_2O , welche Z. Rozen (14) als »kalifizierte« bezeichnet; das sind Gesteine aus: Miękinia Zalas, Filipowice, Poręba-Belweder und aus Siedlec.

III. Verwitterungsprodukte der vorigen Gesteine.

Z. Rozen kannte keine verwitterten alkaliarmen Gesteine und er war der Ansicht, dass die Gesteine der obigen II Gruppe, die Umwandlungsprodukte der ersteren Gruppe sind. Deshalb bezeichnete er alle krakauer Laven, als zur Kalk-Alkalireihe zugehörig. Jedoch nach den vorangehenden Ausführungen muss auch die Frage der Systematik berührt werden. Die Projektionswerte nach Niggli und Becke werden in der Tabelle X (s. S. 68) zusammengefasst. Auf Grund dieser Daten müssen die

Porphyrmagmen (Miękinia, Zalas) zu dem Typus der plagioklasgranitischen Magmen gerechnet werden. Der Diabas aus Niedźwiedzia Góra gehört zu lamprodioritischen Magmen. Die Diabase aus Regulice und Alwernia nähern sich dem Typus des gabbrodioritischen mit der Tendenz zum essexitischen Magma. Alle diese Gesteine zähle ich zu Magmen der Kalk-Alkalireihe (Fig. 3, 4, s. S. 69, 70).

Zwar kennen wir die an K_2O reichen Gesteine nur aus veränderten Materialien, aber diese Veränderungen gehen nicht so tief, dass die magmatischen Kennzeichen verwischt werden. Die systematische Zugehörigkeit dieser Gesteine kann nur im Grossen bestimmt werden. Die »kalifizierte Porphyre« aus Miękinia und Zalas gehören zum Typus des rapakiwitischen Magmas. Sie ähneln manchen orthoklasreichen Tatrigraniten. Das typisch kalireiche Gestein aus Poręba-Belweder entspricht dem Tuffit aus Bocianówka (Wolhynien). Seine magmatische Lage ist nahe dem Typus des syenitgranitischen und syenitischen Magmas (Fig. 4, 5, s. S. 70, 72). Alle diese Gesteine der Kalireihe können provisorisch »Kalitrachyte« benannt werden.

Wenn wir die frischen und die ihnen zugehörigen verwitterten Gesteine in der Projektion Si-U-L (Fig. 6, s. S. 73) betrachten, so kommen wir zu dem Ergebniss, dass die Umwandlungsrichtungen ziemlich gleich sind (auf Fig. 6 mit vollen Linien eingezeichnet). Diese Richtungen weisen den Weg zu sialitischen Gesteinen. Wenn wir in derselben Projektion die Richtungen des »Kalifikationsprozesses« ezeichnen, so bekommen wir auseinanderlaufende Richtungen (auf Fig. 6 — gestrichelte Linien). Das spricht auch gegen die Kalifikationskonzeption. Ich betone, dass die an K_2O reichen Gesteine Verwitterungsprodukte der Kalitrachyte sind und dass der höhere Kaligehalt mit dem Urgestein und nicht mit dem späteren Umwandlungsprozess verbunden ist.

Die schwachen geologischen Beziehungen zwischen frischen und »kalifizierten« Gesteinen aus Zalas bemerkte schon Z. Rozen (14). Diese Meinung gründete er auf der Analogie mit den Verhältnissen in Miękinia. Noch schwächer sind die, bisher nicht geklärten, geologischen Beziehungen der Gesteine aus Poręba—Regulice und Miękinia—Filipowice. Denn diese Ortschaften sind einige Kilometer von einander entfernt. Meine Untersuchungen ergeben, dass man in Miękinia zwei verschiedene Gesteine (Kali-

trachyt und Kalk-Alkaliporphyr) findet. Dadurch wird die Annahme, dass die Miękinia-Kaligesteine ein Umwandlungsprodukt des Porphyrs sind, hinfällig. Aber der hohe Wert des Problems der »Kalifikation« liegt in dem vor 30 Jahren von Z. Rozen gelieferten Hinweis auf das Vorkommen der Kalimagmen in der Umgebung von Krakau.

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Jan Kazimierz-Universität in Lemberg und Mineralogisch-Petrographisches Institut der Bergakademie in Krakau.

Literatura

1. Bolewski A. O pewnej skale przeobrażonej z okolic Krzeszowic. Pos. Nauk. P. I. G. nr 45, Warszawa 1936. — 2. Bolewski A. Das metamorphe Gestein von Siedlce bei Krzeszowice. XIV Jahrg. Poln. Geol. Ges., Kraków 1938. — 3. Broder J. Diabase von Niedźwiedzia Góra bei Krzeszowice und die sie begleitenden Gebilde. Bull. Intern. Acad. Pol. Sc. Letres, Cracovie 1931. — 4. Calsow G. Über Verhältniss zwischen Kaolinen und Tonen. Chemie der Erde 2, Jena 1926. — 5. Grosser G. Die Veränderungen im Chemismus der Eruptivgesteine durch die Verwitterung. Chemie der Erde 11, Jena 1938. — 6. Harrassowitz H. Laterit. Fortschr. d. Geol. u. Paleontol. IV 14, Berlin 1926. — 7. Kamiński M. Les éléments composant des tufs volcaniques de Berestowiec. Ann. Soc. Geol. de Pologne, VIII, Cracovie 1932. — 8. Kamiński M. u. Engel Fr. Über die Eigenschaften der feuerfesten Tone aus Umgebung von Krzeszowice. Przegląd Ceramiczny VII, Warszawa 1938. — 9. Kreutz St. u. Jurek M. Der Staubfall im Süd-Polen von Ende April 1928. — Ann. Soc. Geol. de Pologne VIII, Cracovie 1932. — 10. Kuhl J. Porphyrtuff von Filipowice (Umgegend von Krzeszowice) als Trass. XII Jahrg. Poln. Geol. Ges., Kraków 1936. — 11. Linck G. u. Calsow G. Betrachtungen zur Arbeit von G. Calsow über das Verhältniss zwischen Kaolinen und Tone. Chemie der Erde 2, Jena 1926. — 12. Niggli P. Gesteins und Mineralprovinzen, I, Berlin 1923. — 13. Niggli P. Die Magmentypen. Schweiz. Min. Petrograph. Mitteil. XVI, Zürich 1936. — 14. Rozen Z. Die alten Laven im Gebiete von Krakau. Bull. Intern. Acad. Sc. Lettres d. Cracovie, 1909. — 15. Samsonowicz J. Gotland, ordowik i skały wylewne na wsch. Wołyniu. Woł. Tow. Nauk., Łuck 1939. — Tokarski J. Petrografia, Lwów 1928. — 17. Tokarski J. Sur le sanidinite de Berestowiec en Volhynie. Kosmos A, LIII, Lwów 1928. — 18. Tokarski J. Petrograph. Analyse der pelitartigen Elementen der Tuffite aus Berestowiec. Bull. Intern. Acad. Pol. Sc. Lettres. Cracovie 1938. — 19. Tarasenko W. nach Doelter C. Handbuch der Mineralchemie, II 3, Leipzig 1921. — 20. Zaręczny St. Atlas Geologiczny Galicji. Zeszyt 3. Tekst. Akademia Umiejętności, Kraków 1894.
-