

UKD 552.313.08:[552.23+552.21:551.736+551.78:553.531]/.532:625.072(438–14 Dolny Śląsk)

Kazimierz DZIEDZIC

Niektóre problemy chemizmu wulkanitów dolnośląskich*

Przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące wulkanitów hercyńskich i alpejskich obszaru dolnośląskiego. Wulkanizm hercyński w przeciwieństwie do alpejskiego przyrównuje się do grzbietowych partii obszarów ryftowych z wysokim strumieniem cieplnym.

Rozmieszczenie K_2O w skałach wylewnych wiąże się ze sposobem wznoszenia i akumulacji stopów. Wzrost saliczności wyrażony indeksem dyferencjacji (DI) wpływa na obniżenie wytrzymałości mechanicznej skał.

WSTĘP

Skały wulkaniczne wiążące się z cyklami tekto-magmowymi – hercyńskim i alpejskim – mają w regionie dolnośląskim znaczne rozprzestrzenienie i znane są pod nazwami porfiry i melafiry oraz bazalty. W pracy zachowano tradycyjne nazwy: porfiry, melafiry i bazalty. Klasyfikację tych skał, zgodnie z zaleceniami Podkomisji IUGS, przedstawiono na fig. 8.

Wulkanity hercyńskie w przeciwieństwie do alpejskich wykazują znaczną koncentrację i wraz z molasami tworzą miększe wypełnienia zapadlisk młodo-paleozoicznych centralnych i północnych Sudetów. Wulkanitom obydwu cykli poświęcono szereg publikacji tak z zakresem geologii, jak i petrografii oraz chemizmu (L. Chodyniecka, 1967, 1969; H. Dziedzicowa, 1958; K. Dziedzic, 1958; S. Kozłowski, 1958; S. Kozłowski, W. Parachoniak, 1967; J. Milewicz, 1965; A. Nowakowski, 1968; M. Nożanka, 1958; M. Plewa, 1968).

Analizując materiały publikowane i archiwalne zauważa się pewne prawidłowości, zwłaszcza w odniesieniu do chemizmu wulkanitów, ich pozycji geotektonicznej, zróżnicowania oraz niektórych parametrów technicznych.

Wyrazy podziękowania składam Dyrekcjom Kombinatów Geologicznych „Zachód” i „Południe” za udostępnienie materiałów archiwalnych, jak również

* Prezentujemy Czytelnikom ciekawą pracę Profesora Kazimierza Dziedzica, jakkolwiek Kolegium Redakcyjne zajmuje odmienne stanowisko w stosunku do niektórych zagadnień terminologicznych oraz nowatorskich ujęć wielu problemów.

geologom z KZG za okazaną pomoc w trakcie zbierania materiałów. Doc. dr H. Dziedzicowej dziękuję za określenie minerałów normatywnych oraz dyskusje.

POZYCJA TEKTONICZNA WULKANITÓW

Wulkanity dolnośląskie, hercyńskie i alpejskie, stanowiące tylko fragment wulkanicznego pasa środkowoeuropejskiego, odznaczają się szeregiem charakterystycznych cech od dawna zdefiniowanych w literaturze. Niektóre z nich, wynikające ze składu chemicznego, przedstawiają fig. 1 i 2. Diagram FMA (fig. 1) wykazuje stopniowy trend w kierunku wzbogacenia w alkalia w miarę wzrostu salicyzności skał. Suma alkaliów względem SiO_2 widoczna na fig. 2 wskazuje, że znaczna część wulkanitów grupuje się w polu skał alkalicznych, tj. powyżej linii, która według A. Miyashiro (1978) jest granicą dzielącą skały alkaliczne od subalkalicznych.

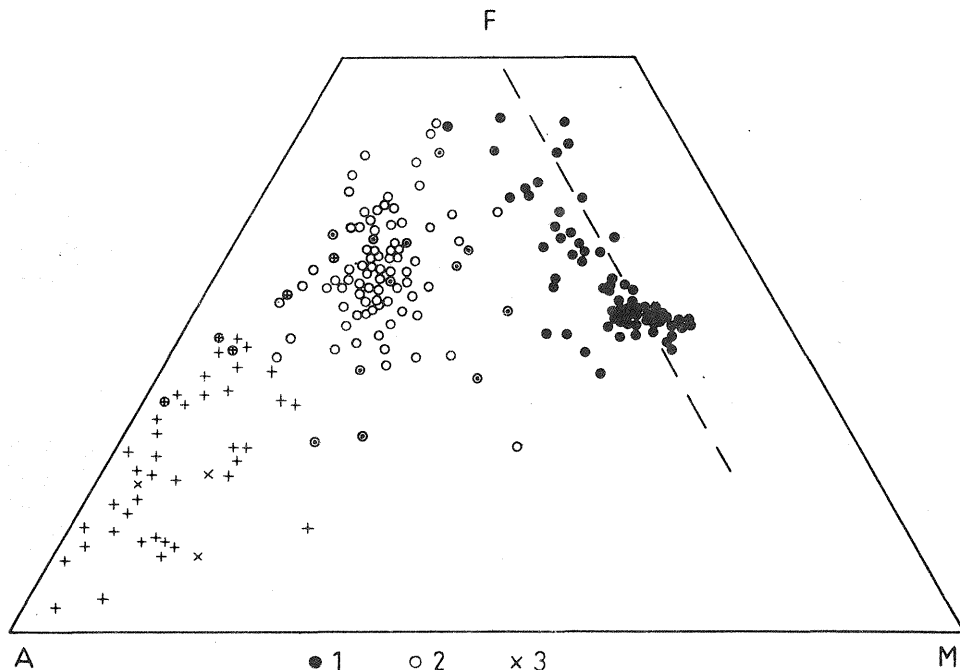


Fig. 1. Diagram FMA wulkanitów dolnośląskich
FMA diagramme for Lower Silesia volcanic rocks

F – całkowite żelazo, jako FeO; M = MgO; A = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; 1 – bazalt; 2 – melafir i skała przejściowa od melafiru do porfiru; 3 – porfir; linia przerywana oznacza 15% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Źródła analiz chemicznych: prace publikowane wymienione na wstępie artykułu oraz archiwalne, głównie dokumentacje geologiczne (patrz notka 3)

F – total amount of iron as FeO; M = MgO; A = $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; 1 – basalt; 2 – melaphyre and melaphyre-porphyre transitional rock; 3 – porphyry; broken line marks 15% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Sources of chemical analyses; publications listed in the Introduction and some unpublished reports, mainly geological (see Footnote 3).

Wulkanity hercyńskie i alpejskie różnią się sposobem występowania. Pierwsze w widoczny sposób korelują się ze strukturami geologicznymi, podczas gdy w przypadku drugich korelacja jest trudniejsza. Niezależność wulkanizmu alpejskiego względem struktur geologicznych może nasuwać podejrzenie o większej grubości

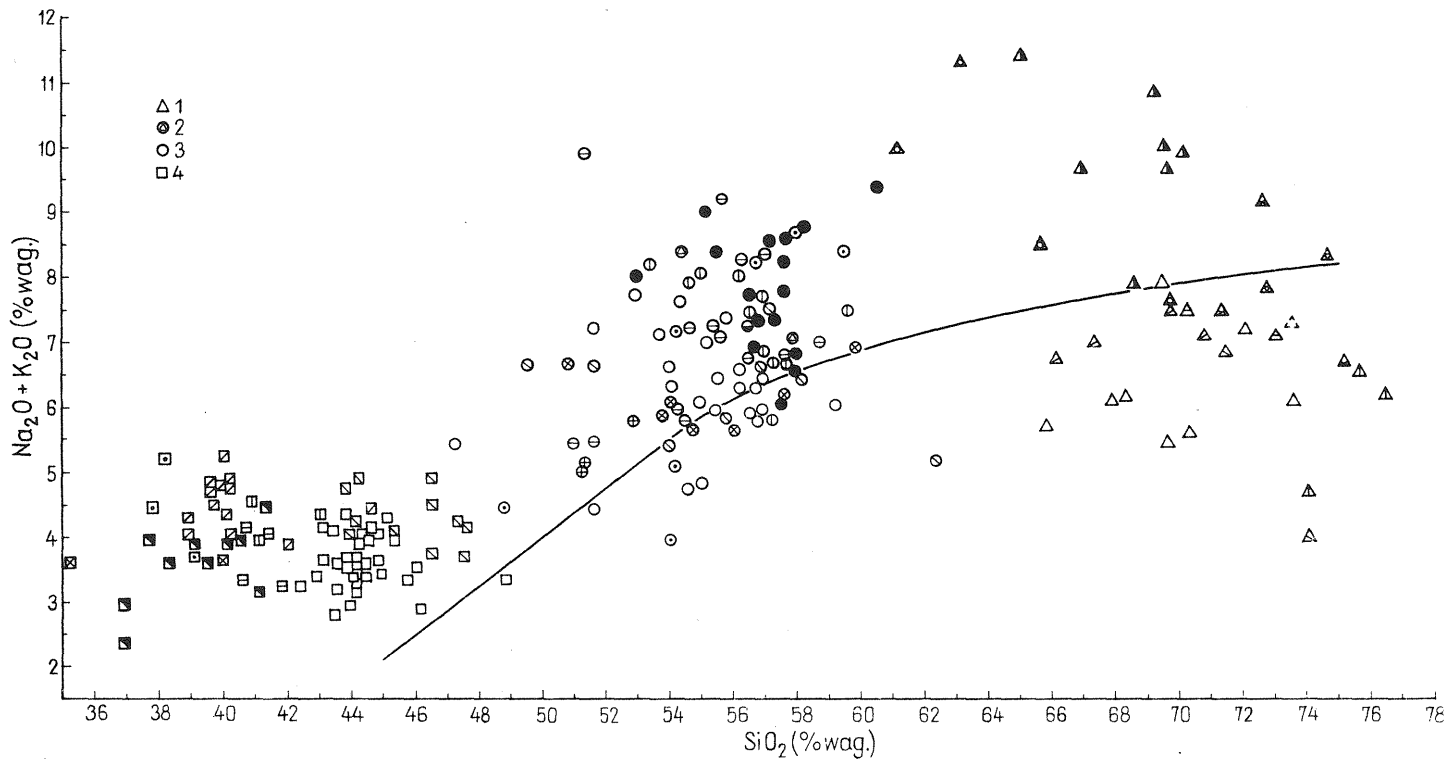


Fig. 2. Stosunek alkaliów względem krzemionki w wulkanitach dolnośląskich

The ratio between alkalis and silica in Lower Silesia volcanic rocks

1 – porfiry; 2 – skała przejściowa (por. fig. 1); 3 – melafir; 4 – bazalt; linia krzywa rozdzielająca skały alkaliczne od subalkalicznych według A. Miyashiro (1978)

1 – porphyry; 2 – transitional rock (see Fig. 1); 3 – melaphyre; 4 – basalt; curve separating alkaline and sub-alkaline rocks after A. Miyashiro (1978)

skorupy podczas rozwoju wulkanizmu. Nie jest to jednak zupełnie jasne z różnych powodów. Jeśli bowiem założyć, że grubość ta nie odbiegała zbyt od współcześnie obserwowanej, rzędu 30 km (A. Guterch i in., 1975), to w konsekwencji trzeba się zgodzić, że w okresie wulkanizmu hercyńskiego skorupa była cieńsza, co koliduje z ogólnie przyjętymi schematami, że obszary orogeniczne odznaczają się pogrubioną skorupą. Grubością skorupy trudno też wyjaśnić procesy zachodzące raczej w sferze podskorupowej, które stanowią o właściwościach skorupy, a powierzchniowo manifestowane są m.in. przez wulkanizm. Z danych geofizycznych wiadomo, że współczesne obszary aktywnego wulkanizmu są niezależne od grubości skorupy, lecz związane są ze strefami niskich prędkości sejsmicznych w płaszczu, dlatego też wulkanizm jest wskaźnikiem stanu mas podskorupowych.

Wulkanity hercyńskie wyróżniają się asocjacją reprezentowaną przez skały pośrednie i kwaśne o nadmiarze krzemionki, w przeciwieństwie do niedosyconych krzemionką bazaltoidów alpejskich (fig. 3). Prace eksperymentalne (H.S. Yoder, C.E. Tilley, 1962; D.H. Green, A.E. Ringwood, 1967; T.H. Green, A.E. Ringwood, 1968) wskazują, że stopień nasycenia krzemionką może odzwierciedlać różne warunki powstawania i dyferencjacji magmy, przy czym stopy powstałe przy wyższym ciśnieniu są mniej nasycone. Wynikać stąd może, że magmy, z których powstały wulkanity hercyńskie i alpejskie nie tworzyły się na jednakowych głębokościach, a w każdym razie w warunkach jednakowych ciśnień. Ogólnie problem jest złożony, ponieważ znane są obszary, w których wulkanity powstałe w zbliżonym okresie reprezentowane są przez różne skały (np. Słowacja – J. Lexa, V. Konečný, 1974; Colorado – P.W. Lipman, 1969; Afar – F. Barberi, J. Varet, 1977; Kamczatka – W.A. Jermakow, 1978; D.A. Clague i in., 1975).

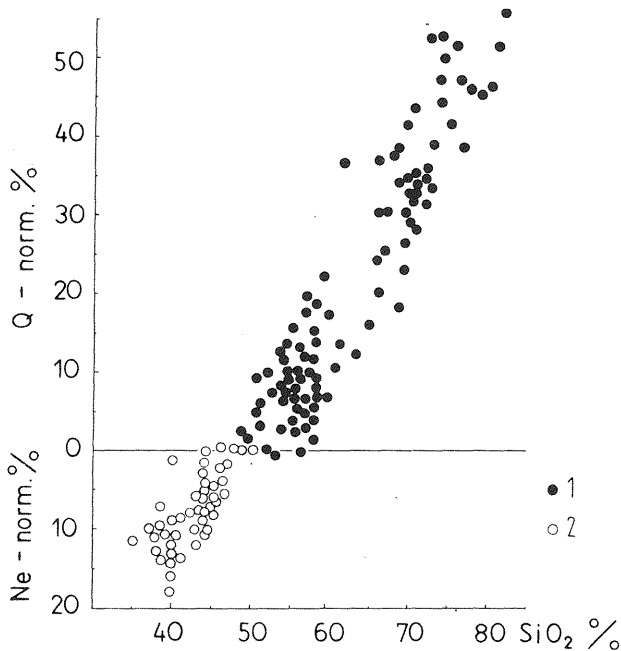


Fig. 3. Stopień nasycenia krzemionką wulkanitów dolnośląskich

The degree of saturation of Lower Silesia volcanic rocks with silica

1 – wulkanity hercyńskie; 2 – wulkanity alpejskie; Ne – nefelin; Q – kwarc

1 – Hercynian volcanic rocks; 2 – Alpine volcanic rocks; Ne – nephelinite; Q – quartz

Pod względem stopnia nasycenia krzemionką wulkanity hercyńskie i alpejskie (fig. 3) można zestawiać odpowiednio z trendami Coombs'a i Kennedy'ego, wyróżnionymi przez A. Miyashiro (1978), charakteryzującymi różnorodne typy rozwojowe zgodnie z ich rozmieszczeniem w obszarach wulkanicznych. W tym kontekście dla pełniejszego naświetlenia wulkanizmu dolnośląskiego znaczenie zdają się mieć rezultaty badań prowadzonych w obszarach współczesnego i młodego wulkanizmu, gdzie efekty zachodzących procesów są łatwiejsze do zrozumienia. Znaczące w tym względzie są zwłaszcza spostrzeżenia A.R. McBrineya i I.G. Gassa (A.R. McBriney, 1967; A.R. McBriney, I.G. Gass, 1967), wskazujące na zależność między wielkością strumienia cieplnego a salicznością i alkaliznością wulkanizmu. Zdaniem tych autorów, w strefach osiowych grzbietów oceanicznych z wysokim przepływem ciepła występują skały przesycone, a wraz z odległością od grzbietów zmniejsza się stopień nasycenia i pojawiają się alkaliczne bazyalty. Zbliżoną sytuację notują F. Barberi i J. Varet (1977) dla wschodnioafrykańskich rowów rejonu Afaru, gdzie w partach grzbietowych ryftów przeważa wulkanizm o większym zróżnicowaniu, natomiast w bardziej odległych skały są niedosycone, przy czym pozycja tych ostatnich odpowiada rozłatom poprzecznym typu (*fracture zones*) obszarów oceanicznych z dala od grzbietów. Oceanicznym strefom tego typu towarzyszą intruzje alkaliczne, co odróżnia je od brzegów płyt z bazyaltami toleitowymi (P.J. Fox i in., 1976). Również w obszarze młodego wulkanizmu południowych Gór Skalistych zdaje się zaznaczać zależność między stopniem nasycenia krzemionką a odległością względem osi strefy ryftowej z synchronicznymi basenami (W.P. Lipman, 1969). Aktywne strefy wzmiankowanych obszarów zdają się korelować z wyższym położeniem mas podskorupowych.

Rozpatrując wulkanity dolnośląskie, w nawiązaniu do większego terytorium występowania tych skał, zauważa się pewne wspólne cechy z wulkanizmem wyróżnionych wyżej obszarów, co sugeruje ich zbliżony typ rozwojowy. Jeśli uznać taką sugestię za jedną z możliwych, należy się liczyć ze zmianą chemizmu wulkanitów hercyńskich wraz z oddalaniem się od stref maksymalnej aktywności. Pełnych analogii nie należy się, rzecz jasna, spodziewać, ale odpowiednikami takich skał mogą być niektóre wulkanity, w tym również o niedomiarze krzemionki, poznane z północnych peryferii epihercyńskiej platformy środkowoeuropejskiej (H. Pendias, W. Ryka, 1974; D. Korich, 1967) oraz niedosycone skały z obszaru Oslo.

Adaptując zatem model ryftowy dla hercyńskiego wulkanizmu dolnośląskiego można przypuszczać, że magmy tworzyły się w wyniku ciepła indukowanego wybrzuszonymi masami podskorupowymi, odpowiadającymi w przybliżeniu partii grzbietowej ryftu, natomiast w dobie wulkanizmu alpejskiego strefa wysokiego gradientu termalnego zlokalizowana była poza obszarem obecnego rozprzestrzenienia bazyaltów. W tym też znaczeniu wulkanizm tych dwóch cykli odzwierciedlałby odrębne reżimy geotektoniczne wyróżniające się stopniem nasycenia krzemionką, a manifestujące się bimodalną, andezytowo-ryolitową serią dyferencyjną wulkanitów hercyńskich oraz prawie jednomodalną skał alpejskich. Zmiana składu wulkanitów hercyńskich, jak również ścisła korelacja z synchronicznymi strukturami geologicznymi sugeruje, że przy wznoszeniu się stopy magmowe gromadziły się w płytko usytuowanych komorach magmowych, ponad którymi lokalizowały się wulkanicznie kontrolowane obszary subsydencji. W okresie wulkanizmu alpejskiego komory magmowe były mocno zredukowane. Nie jest wykluczone, że magmy tego etapu wznosiły się wzdłuż poprzecznych rozłamów wgłębnych, nie wykazując tym samym związku ze strukturami geologicznymi.

ROZKŁAD ZAWARTOŚCI POTASU (K_2O) W WULKANITACH

Wyżej zwrócono uwagę, że zawartości alkaliów, a także krzemionki przypisuje się duże znaczenie diagnostyczne przy interpretacji genetycznej wulkanitów. Zauważone dawniej systematyczne zmiany rozkładu alkaliów w poprzek wulkanicznych pasm na łukach wysp, zdaniem autorów japońskich wiążą się z różną odległością wulkanów względem miejsc powstawania magmy w strefach Benioffa (H. Kuno, 1959; A. Sugimura, 1966). Podniesiony został także problem korelacji między zawartością potasu we współczesnych i kopalnych wulkanitach regionów fałdowych a pionową odległością wulkanów od strefy Benioffa (W.R. Dickinson, 1970; W.R. Dickinson, T. Hatherton, 1967).

W odniesieniu do obszaru dolnośląskiego prześledzono zawartość potasu w pionowych przekrojach niektórych pokładów melafirów i bazaltów. W melafirach zawartość potasu, generalnie biorąc, wzrasta od spągu¹ pokładu w górę (fig. 4A), chociaż zaznaczają się wahnięcia, zauważalne zwłaszcza w profilach wiertniczych (fig. 4B). Wzrost zawartości K_2O jest większy niż wartości indeksu dyferencjacji – DI (C.P. Thornton, O.F. Tuttle, 1960). W bazaltach, odwrotnie, ujawnia się tendencja spadkowa zawartości potasu w górę przekroju (fig. 4A, B),

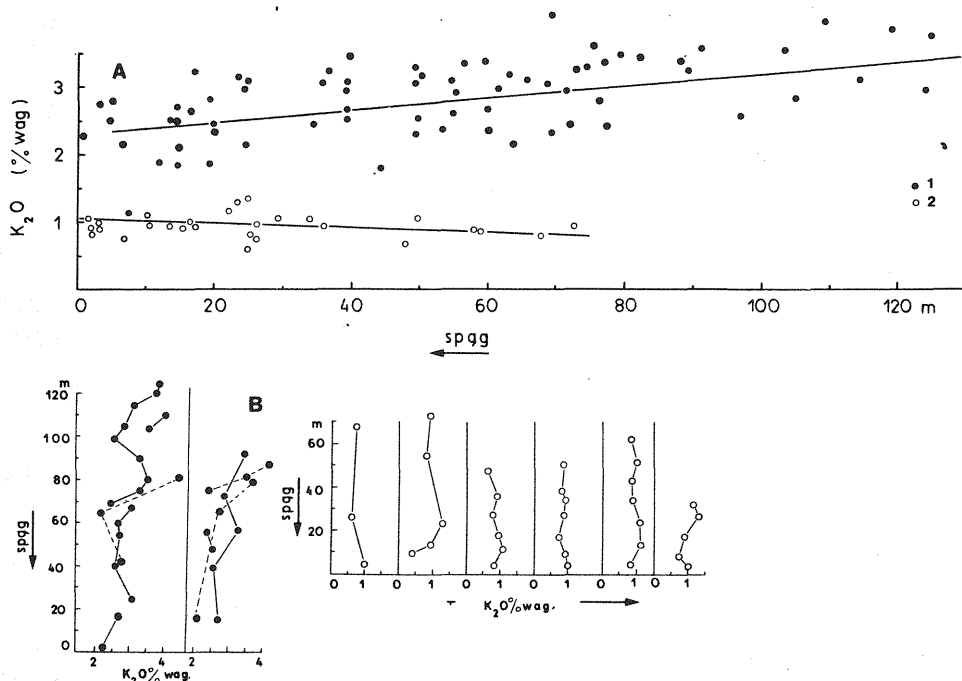


Fig. 4. Rozkład potasu względem spągu pokładów skał wulkanicznych (A) oraz w rdzeniach wiertniczych (B)
Distribution of potassium in relation to the base of layers of volcanic rocks (A) and in core material (B)
1 – melafir; 2 – bazalt; linie ciągłe i przerywane dotyczą poszczególnych otworów
1 – melaphyre; 2 – basalt; continuous and broken lines refer to individual borehole columns

¹ Lokalizację próbek we wszystkich przypadkach określono według prostopadłej do spągu.

mimo wzrostu indeksu DI (fig. 5). Nie wydaje się zatem, aby zmiany zawartości potasu były jedynie konsekwencją wzrostu salicyzności zgodnie z zależnością K_2O/DI wykazaną przez C.P. Thorntona i O.F. Tuttle. Można przypuszczać, że powstałe zależności są wynikiem dyfuzji potasu ku górze, zanim nastąpiła krystalizacja tego składnika. Możliwość taka jest prawdopodobna, jeśli zważyć, że potas nie uczestniczy w większej ilości we wczesnych fazach krystalizacji, a raczej do czasu krzepnięcia pozostaje rozsiany w rezydualnym stopie, wchodząc w skład masy podstawowej (C.P. Thornton, O.F. Tuttle, 1960; W.R. Dickinson, T. Hatherton, 1967).

Wzrost zawartości potasu w górę profilu w przypadku melafirów można odnosić do subwulkanicznej natury tych skał, na co zdają się wskazywać spostrzeżenia terenowe (K. Dziędzic, praca w druku). Mułowcowe osady, w które wnikały stopy magmowe, pełniły funkcję ekranu przeciwdziałającego szybkiej stracie ciepła, co wydłużało okres krzepnięcia i ułatwiało przegrupowanie bardziej ruchliwych składników, w tym również potasu, sprzyjając ich koncentracji w wyższych partiach ciał magmowych. Izolacja była tym skuteczniejsza, że w strefie kontaktowej wskutek chłodzenia dochodziło do wytrącenia krzemionki i samouszczelnienia układu, podobnie jak to ma miejsce w przypadku struktury termalnej w rejonie kaldery Yellowstone (P. Morgan i in., 1977). Odpowiednio, spadek potasu w górę profilu ciał bazaltowych sugeruje, że były one przeważająco pozbawione osłony przeciwdziałającej zwalnianiu potasu. Jeśli natomiast zgodzić się z poglądem, że wznoszenie się stopów magmowych nie było aktem jednorazowym, lecz zachodziło oscylacyjnie, wówczas nie będzie przeszkód w odnoszeniu pionowych „skoków” zawartości potasu do indywidualnych etapów podnoszenia się magmy. Te indywidualne „potoki” magmowe traktować można jako podpowierzchniowe jednostki stygnięcia (*subsurface cooling units*) w przypadku melafirów lub subaeryczne – w odniesieniu do bazaltów. Ich zewnętrzne powierzchnie wyznaczałyby nieliniowa zawartość potasu względem jednostek przyległych. Wstępne spostrzeżenia pouczają, że w melafirach przy wzrastającej ku górze zawartości potasu różnica wzrostu K_2O między dolną i górną powierzchnią jednostek stygnięcia wynosi średnio 1,13%, przy przeciętnym rozstawie tych powierzchni 20 m (14–35 m). Zauważa się przy tym, że przyrost potasu jest na ogół większy w górnych partiach pokładów niż w dolnych. Większą koncentrację tego składnika notuje się także w odmianach porowato-migdałowcowych, co sugeruje przemieszczanie potasu wraz ze składnikami lotnymi.

W bazaltach, gdzie istnieje generalna tendencja spadkowa zawartości potasu ku stropowi pokładów, występują też odcinki przekrojów, w których relacje są

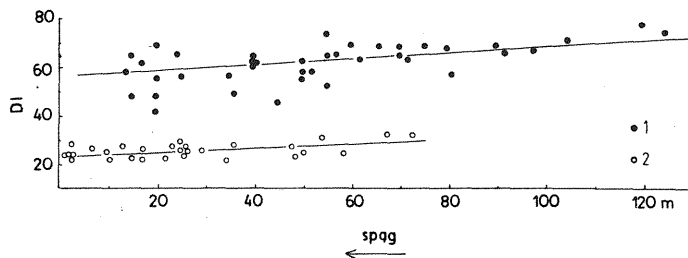


Fig. Stosunek indeksu dyferencjacji (DI) względem spągu pokładów skał wulkanicznych
The relation of differentiation index (DI) to the base of layers of volcanic rocks

1 – melafir; 2 – bazalt

1 – melaphyre; 2 – basalt

odwrotne. W przypadku pierwszych przeciętna wielkość spadku zawartości potasu wynosi 0,31%, w przypadku drugich – wzrost sięga 0,58%, przy średniej miąższości jednostek stygnięcia rzędu 18 m.

Równocześnie ze zmianami zawartości potasu obserwuje się zmianę stosunku potasu do sodu. Relacje takie zauważono również w andezytach łuków wysp, gdzie wartość sumy alkaliów jest bardziej zależna od zmian zawartości potasu aniżeli sodu (W.R. Dickinson, 1970).

Przegrupowanie potasu w obszarze akumulacji stopów zachodziło w warunkach spadku ciśnienia, co pozostaje w zgodności z opinią J.C. Tanguy (1978), że przy stagnacji magmy na niewielkiej głębokości wzrasta stosunek K/Na.

Tłumaczenie przyczyn zmienności zawartości potasu drogą przegrupowania na miejscu depozycji magmy wydaje się być prawdopodobne w odniesieniu do indywidualnych ciał pokładowych. Uwaga taka nasuwa się, jeśli uwzględnić zdecydowanie niższą zawartość potasu (śr. 1,2%), w stosunku do przeciętnego (2,94%), w niektórych skałach pochodzących z melafirowych ciał tworzących niewielkie, zazwyczaj izolowane formy o owalnym zarysie, przypominające wypełnienia kanałów wulkanicznych. Sugeruje to zależność koncentracji tego składnika tak od sposobu przemieszczania i akumulacji magmy, jak i czasu jej uruchamiania i prawdopodobnie wiążącej się z tymi czynnikami słabszej dyferencjacji (śr. $DI = 47,25$). Jeśli pogląd ten jest słuszny, wówczas można oczekiwać, że porcje magmy o mniejszej zawartości potasu zwalniane były z komory magmowej stosunkowo szybko i najbardziej są podobne do magmy wyjściowej. Przykładem takich form kanałowych wulkanitów są: pewne odmiany melafirów z Włodzickiej Góry w Świerkach; wystąpienie w obrębie skał typu tufizytów w Dworkach; niewielkie ciało melafirowe z okolic Sokołowska w depresji śródsudeckiej oraz skała z Sokołowca, opisana jako bazalt (S. Kozłowski, W. Parachoniak, 1967), z depresji północnosudeckiej. Analogicznie – niektóre melafiry o zbliżonej zawartości potasu tak z depresji śródsudeckiej (np. Krajanów, Borówno), jak i północnosudeckiej (Sędziszowa – S. Kozłowski, W. Parachoniak, 1967; Pławna – J. Milewicz, 1965), a w konsekwencji i te z wyższą zawartością, odnosić można raczej do stopnia dyferencjacji uruchomianej magmy i mechanizmu jej wznoszenia się (z możliwością migracji potasu na miejscu depozycji) niż do procesów powstawania magmy. Odrębność zasilających komór magmowych lub niejednakowa droga, jaką przebywała wznosząca się magma, które mogłyby wpływać na zawartość potasu, nie wchodzi raczej w rachubę, jeśli uwzględni się zakres zmienności chemizmu w niewielkim obszarze występowania badanych skał (por. fig. 4). Przyjmując bowiem taką możliwość, należałoby oczekiwać, że wśród odmian o większej zawartości potasu powinny działać podobne przyczyny, co jest trudne do akceptacji w odniesieniu do tego samego ciała magmowego (fig. 4B). Te same uwagi odnoszą się także do bazaltów.

Przedstawione spostrzeżenia odnośnie do rozmieszczenia potasu sugerują, że rejestruje on wpływ różnych mechanizmów współdziałających w procesie wulkanizmu, co jest zgodne z opinią W.R. Dickinsona i T. Hathertona (W.R. Dickinson, T. Hatherton, 1967; W.R. Dickinson, 1970), którzy zmiany zawartości tego pierwiastka odnieśli do różnych głębokości ognisk wulkanicznych w strefach subdukcji.

Wulkanity dolnośląskie jako produkty intrakontynentalnego magmatyzmu nie tworzyły się wprawdzie w strefach subdukcji, niemniej znaczenie K_2O jako czułego składnika petrochemicznego powinno być niezależne od mechanizmu powstawania magmy. Możliwość taka jest prawdopodobna, bowiem potas jest składnikiem ruchliwym w procesie odgazowania stopów i migruje wraz ze składnikami lotnymi (F.E. Lloyd, D.K. Bailey, 1975; W.A. Jermakow i in., 1976; W.A. Jermakow, 1978).

RELACJE MIĘDZY TYPEM WULKANITÓW A JAKOŚCIĄ SUROWCA

Skały wulkaniczne stanowią surowiec używany przeważnie do produkcji kruszyw łamanych, dlatego przedyskutowane zostaną wybrane własności techniczne w nawiązaniu do chemizmu skał. Wcześniej wskazywano, że przeciętna jakość surowca jest niższa w przypadku wulkanitów kwaśnych (K. Dziedzic, 1975). Su-

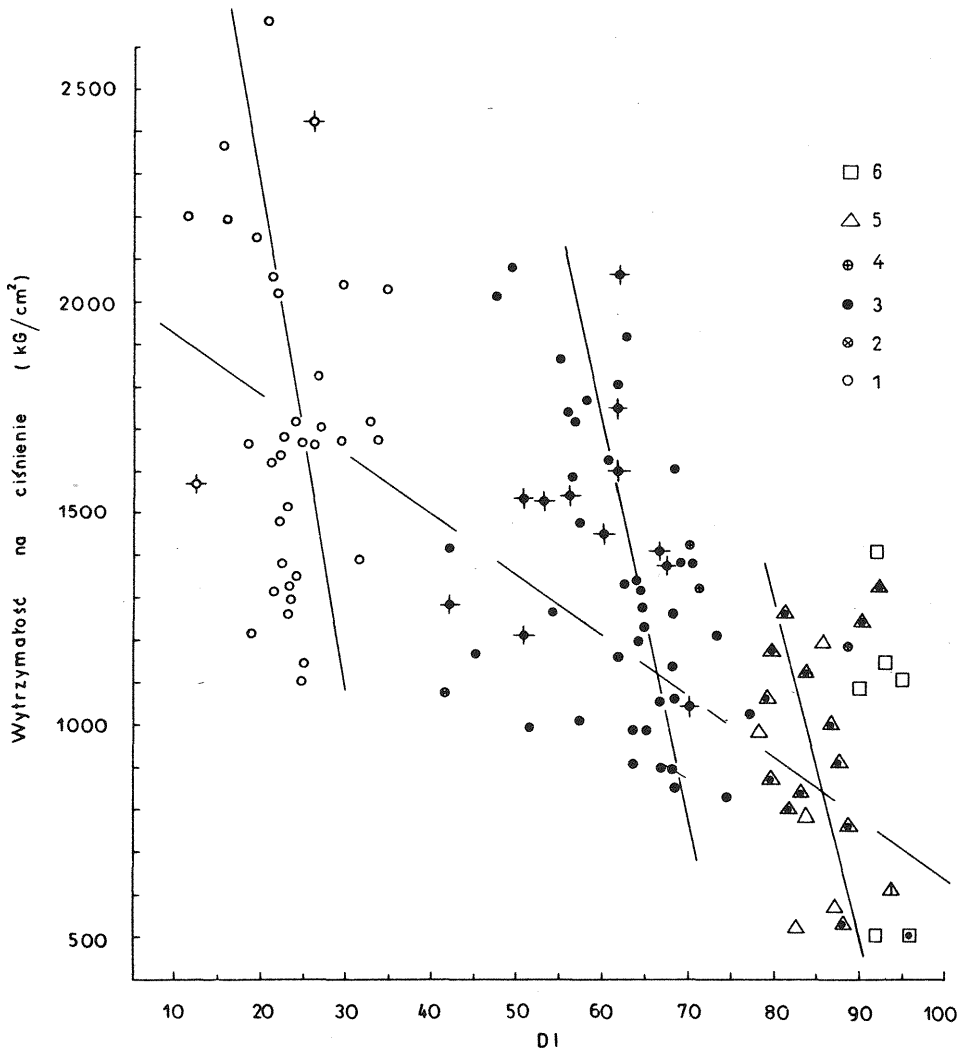


Fig. 6. Stosunek wytrzymałości na ciśnienie do wartości DI

The ratio between strength to pressure and DI value

1 – bazalt; 2 – amfibolit; 3 – melafir; 4 – skała przejściowa (por. fig. 1); 5 – porfir; 6 – keratofir

1 – basalt; 2 – amphibolite; 3 – melaphyre; 4 – transitional rock (see Fig. 1); 5 – porphyry; 6 – keratophyre

geruje to zależność niektórych cech fizycznych od składu chemicznego, a zatem i mineralnego skał. Dla ujawnienia takich zależności potrzebna byłaby odpowiednia ilość sprzężonych testów fizycznych i chemicznych przeprowadzonych na tych samych próbkach. Wobec braku odpowiednich badań własnych przeanalizo-

wano materiały zawarte w dokumentacjach geologicznych², gdzie szereg próbek, przestrzennie niezbyt odległych, badanych było fizycznie i chemicznie. Zebrane spostrzeżenia zdają się wskazywać, że w obrębie danej grupy wulkanitów istnieje zależność między wytrzymałością na ciśnienia jako najbardziej stabilną z analizowanych cech a wartością indeksu dyferencjacji (DI). Wyraźniejsze trendy widoczne są zwłaszcza w przypadku melafirów (o największym zakresie wartości DI) oraz bazaltów w porównaniu z pozostałymi, gdzie słabsze tendencje korelacyjne są wynikiem skromniejszego materiału analitycznego, a szczególnie testów sprzężonych (fig. 6).

Z figury 6 wynika, że ze wzrostem wartości DI, a zatem salicyzacji, maleje wytrzymałość skał w obrębie poszczególnych grup. Zauważyć także można, że wytrzymałość próbek z różnych grup skalnych jest częściowo podobna.

Jeśli wytrzymałość jest jedną z ważnych cech stanowiących o użyteczności surowca, to ujawniona prawidłowość informuje o niejednakowej jakości wulkanitów kwaśnych i zasadowych, jak również o mniejszych różnicach w poszczególnych grupach.

W obrębie melafirów i bazaltów stwierdzono, że relacje wytrzymałości/DI nie mają charakteru losowych zdarzeń, lecz są w widoczny sposób uporządkowane.

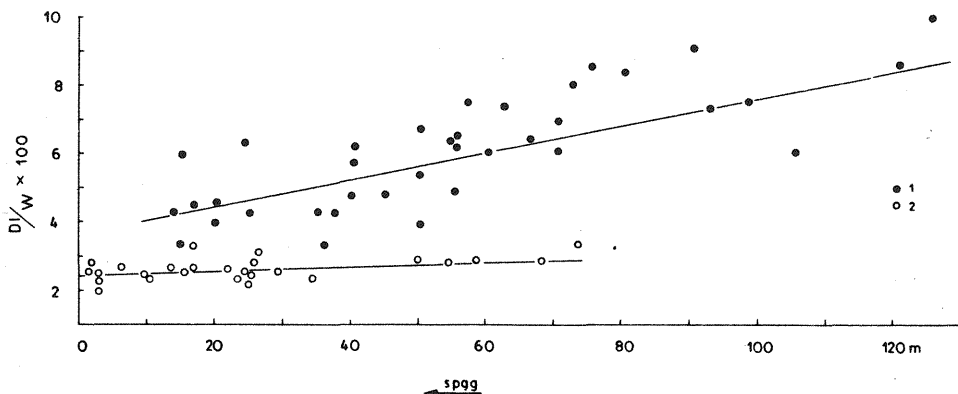


Fig. 7. Zależności między „jakością” surowca a odległością od spągu pokładu
Dependence between „quality” of raw material and distance from the base of a layer

1 – melafir; 2 – bazalt
1 – melaphyre; 2 – basalt

Wykorzystując korelację między DI a wytrzymałością W i stosując wyrażenie $(DI/W)100$, uzyskano wartość porównywalną z inną cechą, a mianowicie z odległością analizowanych próbek względem spągu pokładu. Niższa wartość ilorazu wskazuje na skałę bardziej zasadową, a w konsekwencji o większej wytrzymałości. Dane powyższe, zestawione na fig. 7, wskazują na coraz „słabszą” skałę w miarę oddalania od spągu. Odzwierciedlenie tej prawidłowości w przypadku ciał pokładowych manifestuje się dobrze w terenie w postaci morfologicznego progu utworzonego z reguły przez niższą, „mocniejszą”, jakościowo wartościowszą część pokładów.

² Większość analiz fizycznych i chemicznych wykonana została w Laboratorium Chemicznym Kombinatu Geologicznego „Zachód”, a część analiz chemicznych melafirów – w Laboratorium Chemicznym byłego Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie.

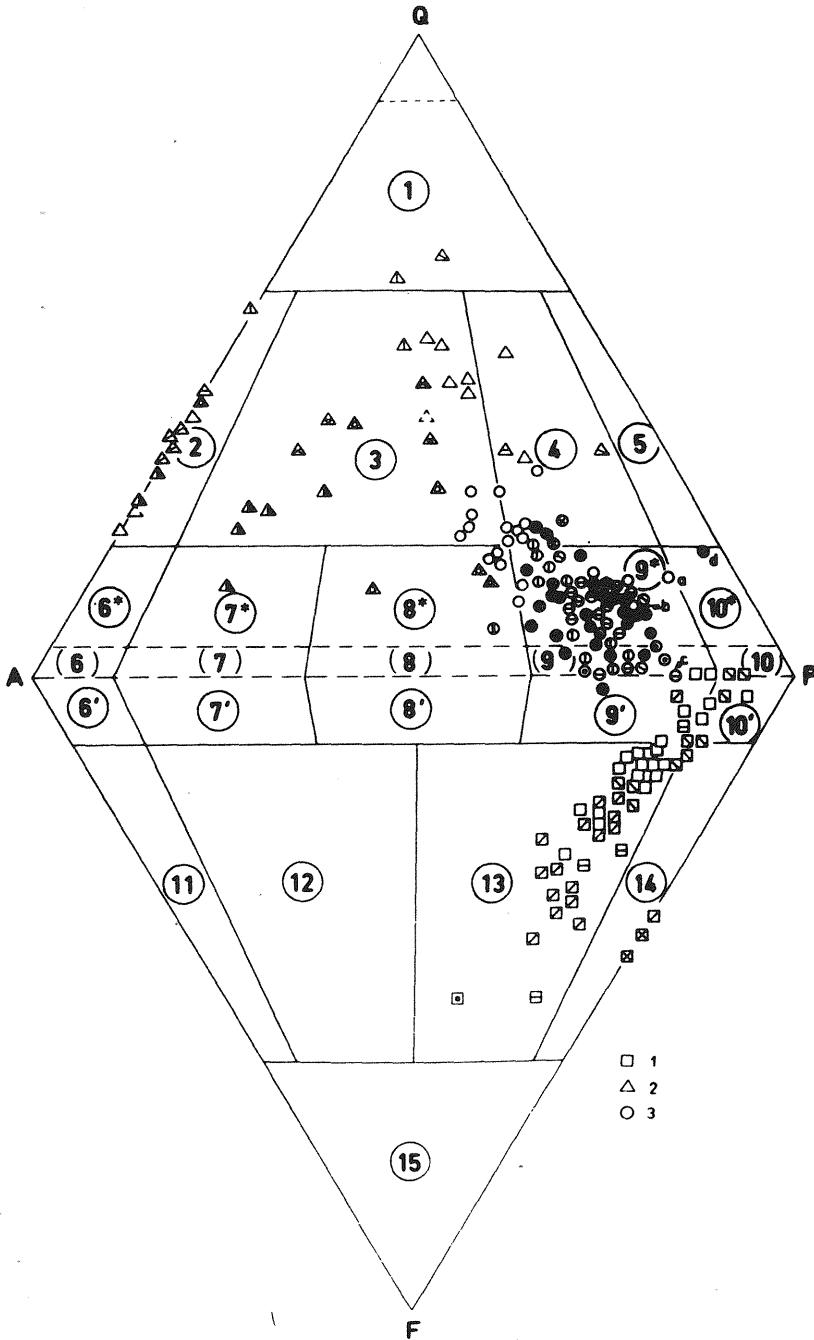


Fig. 8. Wulkanity dolnośląskie na podwójnym trójkącie Q-A-P-F A. Streckeisen (1978)
 Lower Silesia volcanic rocks in the A. Streckeisen's (1978) double triangle Q-A-P-F

1 – bazalt; 2 – porfir i skała przejściowa (por. fig. 1); 3 – melafir; a-d – wypełnienia kanałów wulkanicznych;
 cyfry w kółkach – numeracja pól klasyfikacyjnych według Międzynarodowej Unii Nauk Geologicznych
 1 – basalt; 2 – porphyre and transitional rocks (see Fig. 1); 3 – melaphyre; a-d – infillings of volcanic necks;
 encircled numbers – numbers of fields in IUGS classification

Przedstawione obserwacje prowadzą do wniosku, że istotne różnice między skrajnymi grupami wulkanitów są uwarunkowane czynnikami pierwotnymi z okresu powstawania i krystalizacji magmy.

Jeśli różnice między wulkanitami hercyńskimi i alpejskimi są wynikiem niejednakowych warunków powstawania magmy (np. na różnych głębokościach), to przyczyny zmienności w obrębie tej samej grupy wiązać należy raczej ze sposobem podnoszenia się i akumulacji stopów oraz procesami zróżnicowania chemicznego w etapie krzepnięcia, jak to wynikało z dyskusji w poprzednim rozdziale.

W zakończeniu należy zwrócić uwagę na pozycję, jaką zajmują omawiane wulkanity w schemacie klasyfikacyjnym skał wulkanicznych podanym przez A. Streckeisena (1978). Przedstawiono ją na wykresie (fig. 8), sporządzonym na podstawie minerałów normatywnych³. Zgodnie z tą klasyfikacją melafiry należą do grupy andezytoidów z kulminacją w polu andezytów, co wynika z zawartości SiO_2 (> 52%) i indeksu barwy (c.i. < 40). Porfiry odpowiadają w przewadze grupie ryolitoidów. Skały pośrednie między wymienionymi wyżej grupami znalazły się w polu kwarcowych latytów i ryolitów przedłużając się w kierunku andezytów. Alpejskie bazalty grupują się w dolnym trójkącie APF z kulminacją w polu tefrytów fonolitowych, przechodząc w kierunku bazaltów alkalicznych.

Instytut Nauk Geologicznych
Uniwersytetu Wrocławskiego
Wrocław, ul. Cybulskiego 30
Nadesłano dnia 15 maja 1979 r.

PIŚMIENNICTWO

- ATLAS SUROWCOWO-GEOLOGICZNY WAŁBRZYSKIEGO OKRĘGU EKSPLOATACJI SUROWCÓW SKALNYCH (1976) – Opracowanie zbiorowe pod red. K. Dziedzica. Arch. Inst. Nauk Geol. UWr. Wrocław.
- BARBERI F., VARET J. (1977) – Volcanism of Afar: small-scale plate tectonics implications. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **88**, p. 1251–1266, nr 9. New York.
- BANAŚ G. (1974) – Dokumentacja geologiczna złoża bazaltów Sulików (opracowanie petrograficzne). Arch. KGZ. Wrocław.
- CHODYNIECKA L. (1967) – Bazalt z Góry Świętej Anny. *Pr. Miner. Kom. Nauk Miner. PAN Oddz. w Krakowie*, nr 8. Warszawa.
- CHODYNIECKA L. (1969) – Bazalt z Graczy i towarzyszące mu utwory piroklastyczne. *Kwart. Geol.*, **13**, p. 211–220, nr 1. Warszawa.
- CLAGUE D.H., DALRYMPLE G.B., MOBERLY R. (1975) – Petrography and K-Ar ages of dredged volcanic rocks from the Western Hawaiian Ridge and the Southern Emperor Seamount Chain. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **86**, p. 991–998, nr 7. New York.
- DICKINSON W.R. (1970) – Relations of andesites, granites and derivative sandstones to arc-trench tectonic. *Rev. Geophys. and Space Physics*, **8**, p. 813–860, nr 4. Amer. Geophys. Union.
- DICKINSON W.R., HATHERTON T. (1967) – Andesitic volcanism, and seismicity around the Pacific. *Science*, **157**, p. 801–803. Washington.
- DZIEDZIC K. (1958) – Następstwo permskich skał wulkanicznych w rejonie Nowej Rudy na Dolnym Śląsku. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **28**, p. 109–120, nr 1. Kraków.

³ Dane zaczerpnięto częściowo z piśmiennictwa wymienionego we wstępie artykułu oraz z prac archiwalnych (G. Banaś, 1974). Dla większości skał określenie minerałów normatywnych zawdzięczam uprzejmości doc. dr H. Dziedzicowej. Dla skał grupy porfirów zawierających biotyty, minerał ten uwzględniono w składzie normatywnym (por. H. Dziedzicowa – Atlas surowcowo-geologiczny ... 1976).

- DZIEDZIC K. (1975) – Ocena konkurencji jakościowej kamienia na przykładzie wybranych złóż dolnośląskich wulkanitów. *Kwart. Geol.*, **19**, p. 81–90, nr 1. Warszawa.
- DZIEDZIC K. (praca w druku) – Hercynian volcanics and molasse deposits in the Central Sudetes.
- DZIEDZICOWA H. (1958) – Metasomatosa „melafirów” permskich ze Świerków na Dolnym Śląsku. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **28**, p. 79–107, nr 1. Kraków.
- FOX P.J., SCHREIBER E., ROWLETT H., McCAMY K. (1976) – The geology of the oceanographer fracture zone: a model for fracture zones. *J. Geophys. Res.*, **81**, p. 4117–4128, nr 23. Washington.
- GREEN D.H., RINGWOOD A.E. (1967) – The genesis of basaltic magmas. *Contr. Mineral. Petrol.*, **15**, p. 103–190, nr 2. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- GREEN T.H., RINGWOOD A.E. (1968) – Genesis of the calc-alkaline igneous rock suite. *Contr. Mineral. Petrol.*, **18**, p. 105–162, nr 2. Berlin, Heidelberg, New York.
- GUTERCH A., KOWALSKI T., MATERZOK R., PAJCHEL J., PERCHUĆ E. (1975) – Badania skorupy ziemskiej na obszarze Polski metodami sejsmologii eksplozyjnej. W: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce. **1**, p. 11–27. Warszawa.
- KORICH D. (1967) – Eruptivgesteine im Rotliegenden des Nordteils der DDR. *Ber. Deutsch. Ges. Geol. Wissensch. [A]*, **12**, p. 321–342, nr 3/4. Berlin.
- KOZŁOWSKI S. (1958) – Wulkanizm permski w rejonie Głuszycy i Świerków na Dolnym Śląsku. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **28**, p. 7–60, nr 1. Kraków.
- KOZŁOWSKI S., PARACHONIAK W. (1967) – Wulkanizm permski w depresji północnosudeckiej. *Pr. Muz. Ziemi*, **11**, p. 191–221. Warszawa.
- KUNO H. (1959) – Origin of cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. *Bull. Volcanol., Ser. II*, **20**, p. 37–76. Brussels.
- LEXA J., KONEČNÝ V. (1974) – The Carpathian volcanic arc: a discussion. *Acta Geol. Acad. Sci. Hungaricae*, **18**, p. 279–293, nr 3–4. Budapest.
- LIPMAN P.W. (1969) – Alkalic and tholeiitic basaltic volcanism related to the Rio Grande depression, Southern Colorado and Northern New Mexico. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **80**, p. 1343–1354, nr 7. New York.
- LLOYD F.E., BAILEY D.K. (1975) – Light element metasomatism of the continental mantle; the evidence and the consequence. *Physics and Chemistry of the Earth*, **9**, p. 389–416. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto.
- McBIRNEY A.R. (1967) – Genetic relations of volcanic rocks of the Pacific Ocean. *Geol. Rundsch.*, **57**, p. 21–33, nr 1. Stuttgart.
- McBIRNEY A.R., GASS I.G. (1967) – Relations of oceanic volcanic rocks to midoceanic rises and heat flow. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **2**, p. 265–276. Amsterdam.
- MILEWICZ J. (1965) – Czerwony spągowiec okolicy Lwówka Śląskiego. *Biul. Inst. Geol.*, **185**, p. 195–228. Warszawa.
- MIYASHIRO A. (1978) – Nature of alkalic volcanic rock series. *Contr. Miner. Petrol.*, **66**, p. 91–104, nr 1. Berlin, Heidelberg.
- MORGAN P., BLACKWELL D., SPAFFORD R.E. (1977) – Heat flow measurement in the Yellowstone Lake and the thermal structure of the Yellowstone caldera. *J. Geophys. Res.*, **82**, p. 3719–3732, nr 26. Washington.
- NOWAKOWSKI A. (1968) – Wulkanity permskie Gór Suchych w niecce śródsudeckiej. *Geol. Sudetica*, **4**, p. 299–408. Warszawa.
- NOŻANKA M. (1958) – Materiały do znajomości skał wulkanicznych z Łomnicy i Gomólnika Małego na Dolnym Śląsku. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **28**, p. 63–78, z. 1. Kraków.
- PENDIAS H., RYKA W. (1974) – Magmowe skały zasadowe środkowej części Pomorza Zachodniego. *Kwart. Geol.*, **18**, p. 1–16, nr 1. Warszawa.
- PLEWA M. (1968) – Skały magmowe i przejawy mineralizacji w zachodniej i środkowej części niecki wałbrzyskiej. *Pr. Miner. Kom. Nauk Miner. Oddz. w Krakowie*, nr 12. Warszawa.
- STRECKEISEN A. (1978) – Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, and melilitic rocks. IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *N. Jahrb. Miner. Abh.*, **134**, p. 1–14, nr 1. Stuttgart.

- SUGIMURA A. (1966) — Comparison of primary magmas and seismicity of the Earth's Mantle in Island Arcs. *Can. Geol. Surv. Paper*, 66, p. 337—347. Ottawa.
- TANGUY J.C. (1978) — Tholeiitic basalt magmatism of Mount Etna and its relations with the alkaline series. *Contr. Miner. Petr.*, 66, p. 51—67. Berlin, Heidelberg.
- THORNTON C.P., TUTTLE O.F. (1966) — Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index. *Amer. Jour. Science*, 258, p. 664—684, nr 9. New Haven.
- YODER H.S., TILLEY C.E. (1962) — Origin of basalt magmas. *J. Petrol.*, 3, p. 342—542, nr 3. London.
- ЕРМАКОВ В.А. (1978) — Петрология и происхождение базальтов региональной зоны шлаковых конусов Толбачинского Дола. В: *Петрологические исследования базитов островных дуг*, стр. 3—68. Инст. Физики Земли АН СССР. Москва.
- ЕРМАКОВ В.А., СОЛОВЬЁВА Т.Н., ГЕНШАФТ Ю.С., ТРОНЕВА Н.В. (1976) — Экспериментальное плавление амфиболитовых включений в андезитах с целью изучения их генезиса. В: *Экспериментальные исследования в области глубинного петрогенезиса*, стр. 3—65. Инст. Физики Земли АН СССР. Москва.

Казимеж ДЗЕДЗИЦ

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЗМА НИЖНЕСИЛЕЗСКИХ ВУЛКАНИТОВ

Резюме

Вулканические породы Нижней Силезии относятся к герцинским и альпийским текто-магматическим циклам. Герцинские вулканисты, представленные переходными и кислыми породами, известны под названием мелафиров и порфиров, а альпийские — базальтов. Основные характерные данные о химическом составе этих пород приведены на фиг. 1 и 2. Сумма щелочей по отношению к SiO_2 свидетельствует о том, что большая часть вулканистов в классификационном треугольнике группируется в поле щелочных пород (фиг. 2). С точки зрения насыщенности кремнезёмом, герцинские и альпийские вулканисты (фиг. 3) можно соответственно сравнивать с трендами Соомбса и Kennedy, которые, как считает А. Miyashiro (1978) возможно характеризуют неодинаковое развитие, обусловленное размещением этих пород в вулканических областях.

В отнесении к вулканически активным районам, для герцинского вулканизма принята рифтовая модель, как наиболее адекватная геологическому строению территории. Думается, что магмы этого цикла возникали под воздействием тепла, вызванного вынесенной подкоровой массой, в области, примерно соответствующей хребтовой части рифта. Постепенное изменение состава вулканистов, а также их тесная взаимосвязь с синхронными геологическими структурами, дают основание предполагать, что при восхождении магмы проходили стадию мелко залегающих магмовых камер, над которыми располагались области, опускавшиеся под тяжестью излившейся лавы.

Во время альпийского вулканизма зона высоких значений термического градиента располагалась вне области распространения базальтов. Стадия магмовых камер отличалась сильной редукцией. Магмы этого цикла, вероятно, продвигались вдоль ранее существовавших глубинных разломов типа fracture zones и тем самым не привязаны к геологическим структурам.

В распределении содержания K_2O в вертикальном разрезе пластовых магмовых образований наблюдается определённая закономерность. В мелафирах содержание калия растёт вверх по разрезу, в базальтах наблюдается обратная картина (фиг. 4). Изменчивость содержания калия является следствием миграции его вместе с летучими компонентами в месте накопления магмы.

Изменчивость содержания калия отмечается в интервалах: в мелафирах через 20 м, в базальтах через 18 м, что соответствует этапам восхождения порций магмы, являющихся самостоятельными стынущими элементами (cooling units). Увеличение содержания калия вверх по разрезу обусловлено интрузивным характером пород, для которых алевриты служили экраном, противодействующим высвобождению калия, а в преимущественно субэрических базальтах высвобождение калия происходило свободнее. В массе, заполняющей вулканические каналы, калия намного меньше в сравнении со средним его содержанием, что свидетельствует о зависимости содержания этого компонента от способа перемещения и аккумуляции магмы.

С ростом DI прочность скал уменьшается как в пределах отдельных групп, так и в целом разрезе вулканитов (фиг. 6). Учитывая отрицательный результат корреляции DI/W можно утверждать, что чем дальше от подошвы, соответственно прогрессии DI (фиг. 5), породы становятся всё „слабее” (фиг. 7), что обусловлено в первую очередь первично действующими факторами в период образования и затвердения магмы.

В заключении показано размещение рассматриваемых вулканитов (фиг. 8) в двойном классификационном треугольнике A. Streckeisen (1978).

Kazimierz DZIEDZIC

SOME PROBLEMS CONNECTED WITH CHEMISTRY OF LOWER SILESIA VOLCANIC ROCKS

Sum m a r y

Volcanic rocks of the Lower Silesia region are related to Hercynian and Alpine tecto-magmatic cycles. Hercynian volcanic rocks, represented by intermediate and acid varieties, were usually termed as melaphyres and porphyries and the Alpine ones — as basalts. Figures 1 and 2 give basic characteristics of these rocks as implied by their chemical composition. The sum of alkalis versus SiO_2 indicates that a marked part of these rocks fall within the field of alkaline ones (Fig. 2). In regard to the degree of saturation with silica, Hercynian and Alpine volcanic rocks may be compared with the Coombs and Kennedy trends (see A. Miyashiro, 1978), respectively, presumably characterizing nonuniformities in development in accordance with distribution of these rocks in volcanic areas.

With reference to regions of recent volcanic activity, the rift model is adopted for the Hercynian volcanism as the most close to the geological setting of the area. It is suggested that magmas of that cycle were originating due to heat induction by uplifted subcrustal masses in areas roughly corresponding to crest part of a rift. Both a gradual change in composition of volcanic rocks and a close correlation with coeval geological structures suggest that the magmas in their rise to the surface were passing through the stage of shallow-seated magma chambers, above which subsidence areas controlled by volcanism were situated.

In time of Alpine volcanism, the zone of high thermal gradient was situated beyond the extent of occurrence of basalts. The stage of magma chambers was presumably reduced here also. Magmas of that cycle were presumably migrating along pre-existing deep crustal fractures of the fracture zone type and, therefore, they appear not related to shallower geological structures.

Some regularities in distribution of K_2O values in vertical section of layered magma bodies may be noted. The content of potassium increases upwards the section in melaphyres whereas the opposite trend may be noted in basalts (Fig. 4). Changes in content of potassium are due to migration of that element along with volatile components at the place of deposition of magma. Fluctuation of potassium in intervals equal 20 m and 18 m at the average in melaphyres and basalts, respectively, corresponds

to stages in rise of a portion of magma, i.e. to individual cooling units. The recorded increase in content of potassium upwards the melaphyre section is related to intrusive nature of these rocks, for which siltstones were providing a screen impeding release of that element. Basalts were usually subaerial which made the release of potassium much easier. In infillings of volcanic necks, the content of potassium was found to be much lower than the average, implicating that distribution of this element also depends on the mode of migration and accumulation of magma.

The strength of rocks decreases along with increase in DI in the case of both individual groups and the whole population of volcanic rocks (Fig. 6). Taking into account negative correlation of the DI/W relation, it was shown that the rocks become progressively "weaker" (Fig. 7) along with increase in distance from their base, in accordance with DI progression (Fig. 5). This is mainly determined by original agents acting in time of origin and solidification of magma.

Distribution of the studied volcanic rocks in A. Streickeisen (1978) double classification triangle is also given (Fig. 8).