

## WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH WULKANITÓW ISLANDII A WSPÓLCZESNE KONCEPCJE BUDOWY SKORUPY I PŁASZCZA ZIEMI

UKD 552.313:551.84/.85:551.21(491.1+261.1):551.24+551.14

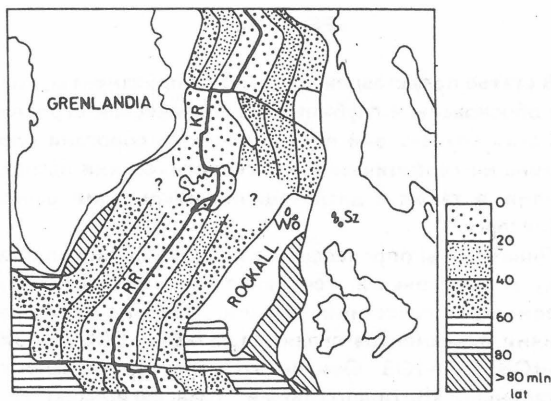
Zainteresowanie obszarem północnego Atlantyku wzrosło znacznie w końcu lat sześćdziesiątych, po zapoczątkowaniu badań i wkrótce po pierwszych sukcesach w dziedzinie poznania budowy den oceanicznych. Badania te przyczyniły się do znacznego pogłębienia wiedzy o litosferze i do gwałtownego rozwoju nowych koncepcji geotektonicznych. Rozwój geotektoniki wiązał się głównie z udokumentowaniem pewnych prawidłowości w budowie den oceanicznych, na podstawie których wysunięto wnioski o rozszerzaniu się dna (spreading). Zauważono, że głównymi elementami rzeźby den są grzbiety oceaniczne, z osiową doliną ryftową, i obniżone względem nich baseny (kotliny). Ważnym elementem poznania budowy den oceanów były badania paleomagnetyczne i sejsmiczne. Wynikało z nich, że przebieg osi grzbietu ma związek z zarysami brzegu kontynentów i że wiek skał na dnie wzrasta symetrycznie od osi grzbietu do kontynentów (ryc. 1).

Poznanie zjawisk geologicznych zachodzących na grzbiecie oceanicznym ma kluczowe znaczenie dla geotektoniki. Są one jednak trudno dostępne dla bezpośrednich obserwacji. Islandia jest wyjątkowo dogodnym miejscem, gdzie grzbiet środkowoatlantycki odsłania się ponad wodami i jest dostępny do bezpośrednich badań. Uważa się, że ta wyspa leży na przecięciu grzbietu środkowoatlantyckiego z poprzecznym wyniesieniem dna Północnego Atlantyku, zwanym grzbietem Grenlandii – Wysp Owczych (ryc. 1).

Przyczyną nagłego wzrostu zainteresowania geologów Islandią było stwierdzenie, że tam prawdopodobnie graniczą ze sobą globalne struktury Ameryki i Europy. Ponadto wiele wyników badań wskazuje na istnienie pod Islandią diapiru – pióropusza płaszczca (mantle plume) – czyli jak gdyby kolumna wynoszącego silnie ogrzaną materię z głębszych horyzontów płaszczca ziemi. Przejawem jego działania na powierzchni jest islandzka plama gorąca (hot spot) – obszar o podwyższonym strumieniu ciepła. Wszystko to spowodowało intensyfikację badań geofizycznych, petrograficznych i geochemicznych na Islandii i na grzbiecie środkowoatlantyckim oraz ożywioną dyskusję na temat pozycji geotektonicznej tej wyspy. Problemy te były przedstawione m.in. przez W. Pożaryskiego (12) i K. Birkenmajera (1). W okresie ostatnich kilku lat przybyło wiele nowych danych, zwłaszcza petrograficznych i geochemicznych, które posłużyły do skonstruowania i rewizji modeli litosfery i płaszczca pod Islandią.

### GEOLOGIA I WULKANY ISLANDII

Powiązanie Islandii ze strukturami den oceanicznych ma wyraźne odzwierciedlenie w budowie geologicznej wyspy (ryc. 2). Aktywna oś spreadingu grzbietu środkowoatlantyckiego przejawia się w postaci strefy współczesnego wulkanizmu, biegnącej dwoma pasami – od półwyspu Reykjanes i wysp Vestmannaeyjar ku NE do centrum



Ryc. 1. Wiek skorupy oceanicznej Północnego Atlantyku (wg Laughtona 1975, wzorowane na Birkenmajerze, 1977 – ze zmianami)

Linia gruba – oś grzbietu środkowoatlantyckiego, RR – grzbiet Reykjanes, KR – grzbiet Kolbeinsey'a, Wo – Wyspy Owcze, Sz – Szetlandy

Fig. 1. Age of oceanic crust in the North Atlantic (after Laughton, 1975, and Birkenmajer, 1977, somewhat modified)

Thick line – axis of Mid-Atlantic Ridge, RR – Reykjanes Ridge, KR – Kolbeinsey Ridge, Wo – Faeroe Is., Sz – Shetland Is.

wyspy, a tam łączącej się w jeden pas idący na N do Axarfjörður. Po obu stronach tej strefy, prawie symetrycznie rozmieszczone są wschodnie coraz to starszych formacji: plio-plejstoceni i górnotrzeciorzędowych.

Najstarsze, odsłonięte na powierzchni, skały mają wiek około 16 mln lat, zatem początek historii wyspy przypada na środkowy miocen. Podkreślić trzeba, że Islandia jest zbudowana prawie wyłącznie ze skał pochodzenia wulkanicznego (lawy + skały piroklastyczne), a inne skały osadowe stanowią tu znikomy procent. Wyróżnia się cztery różnowiekowe serie skalne:

1) trzeciorzędowa (wiek 16–3,1 mln lat), reprezentowana przez plateau-bazalty, podrzędne andezyty, oraz małe intruzje gabrowe i granofirowe; w okresach spokoju tworzyły się lokalnie osady limniczne;

2) plio-plejstoceni (wiek 3,1–0,7 mln lat), złożona ze skał wulkanicznych podobnych do serii trzeciorzędowej, z pierwszymi oznakami zlodowaceń w postaci wkładek tilitów;

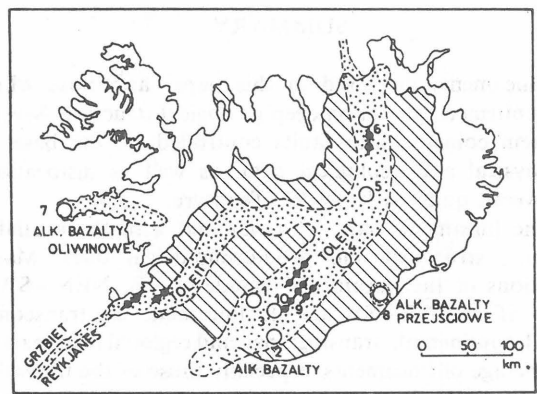
3) górnoplejstoceni (wiek 0,7 mln – 10 tys. lat) z bardzo typowymi dla Islandii hyaloklastytami i palagonitami (produkty wulkanizmu podlodowcowego) oraz lawami bazaltowymi z okresów interglacialnych;

4) postglacialna (wiek 10 tys. lat do dziś), reprezentowana głównie przez współczesne lawy bazaltowe, podrzędnie andezytowe i riolitowe.

Strefa neowulkaniczna zaczęła się kształtować we wczesnym okresie postglacialnym. Od tego czasu czynnych było około 200 wulkanów, które dostarczyły 400–500 km<sup>3</sup> law i tułów oraz pokryły powierzchnię 12 000 km<sup>2</sup> (14). Z tej objętości produktów wulkanicznych 90% stanowią skały bazaltowe, a 10% – przejściowe i kwaśne.

Wulkany Islandii ogólnie dzieli się na dwa podstawowe typy: szczelinowe (np. Eldgja, Lakagigar) i centralne (np. Hekla). Nowszą szczegółową klasyfikację podana przez S. Thorarinssona i K. Saemundssona (19) uwzględnia, oprócz morfologii, także i typ erupcji. Jako kryterium klasyfikacji przyjmuje się:

– charakter aktywności wulkanu uwarunkowany temperaturą, ciśnieniem i składem law (w tym zawartością gazów);



Ryc. 2. Szkic geologiczny Islandii (wzorowany na Jakobssonie, 1979 – ze zmianami)

1 – ważniejsze wulkany centralne (1 – Hekla, 2 – Katla, 3 – Torfajökull, 4 – Grimsvötn, 5 – Askja, 6 – Krafla, 7 – Snaefellsness, 8 – Oraefajökull); 2 – ważniejsze wulkany szczelinowe (9 – Lakagigar, 10 – Eldgja); 3 – trzeciorzęd: 4 – plio-plejstocen; 5 – postglacialne strefy wulkaniczne

Fig. 2. Geological sketch of Iceland (after Jacobsson, 1979, with some modifications)

1 – major central volcanoes (1 – Hekla, 2 – Katla, 3 – Torfajökull, 4 – Grimsvötn, 5 – Askja, 6 – Krafla, 7 – Snaefellsness, 8 – Oraefajökull); 2 – major fissure volcanoes (9 – Lakagigar, 10 – Eldgja); 3 – Tertiary; 4 – Plio-Pleistocene; 5 – postglacial volcanic zones.

– rodzaj i ilość produktów (lawy – tefra);  
– cechy geometryczne wulkanu (owalne kanały lawowe, długie szczeliny i in).

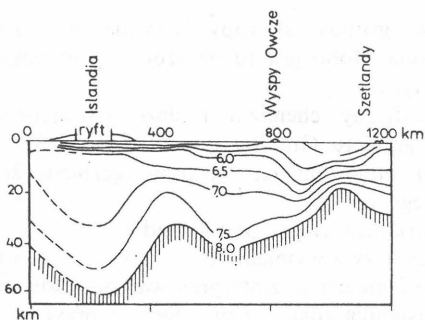
Typowymi formami morfologicznymi na Islandii są: tarcze lawowe (np. Skjaldbreidur), stożki aglutynatowe i tefrowe, a przede wszystkim rzędy kraterów na długich szczelinach wulkanicznych (np. Lakagigar). Przejawem działalności freaticzno-magmowej są maary i rowy eksplozywne (np. Eldgja).

Od momentu zasiedlenia wyspy 1100 lat temu czynnych było 30–40 wulkanów (19), w większości we wschodniej strefie wulkanicznej. Ogólną objętość produktów erupcji wulkanów na Islandii w czasach historycznych ocenia się na 42 km<sup>3</sup>, co daje około 4 km<sup>3</sup> na jedno stulecie. Dane te wykazują, że okres postglacialny nie odbiega w tym względzie od ostatnich 16 mln lat.

## WULKANITY ISLANDII – RYS PETROLOGICZNY

Produkty działalności wulkanicznej na Islandii grupuje się w zespoły zwane systemami wulkanicznymi (4, 5, 6). Odpowiadają one istnieniu i działaniu jednego układu: zbiornik magmowy – wulkan. Każdy system wytwarza specyficzny zespół skał. W aktywnych strefach współczesnego wulkanizmu Islandii można rozpoznać około 26–28 systemów wulkanicznych.

Starsze i współczesne lawy Islandii podzielono na trzy szeregi (6): toleitowy, przejściowy i alkaliczny. Szereg toleitowy charakteryzuje niski stosunek alkaliów do krzemionki, duża zawartość Fe, Ti i stosunkowo niska Al i Ca. Reprezentują go m.in. oceanit (bazalt pikrytowy), toleit, dacyt i riolit. Szereg alkaliczny obejmuje skały o wysokim stosunku alkaliów do SiO<sub>2</sub>, zawierające normatywny nefelin: alkaliczny bazalt oliwinowy, hawait, trachit i riolit alkaliczny. Szereg przejściowy reprezentowany jest przez ankaramit, bazalt przejściowy, andezyt i riolit komendytowy.



Ryc. 3. Schematyczny przekrój sejsmiczny przez skorupę ziemską między Islandią i Szetlandami (wg Zwieriewa i in., 1975)

Fig. 3. Sketch seismic section through the Earth crust between Iceland and Shetland Is., after Zwieriew et al., 1975

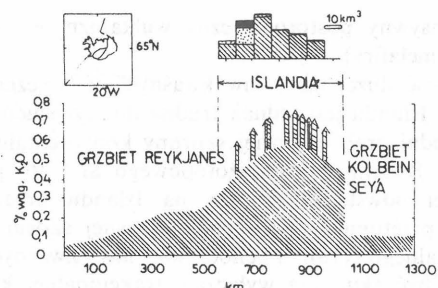
W serii trzeciorzędowej rozpoznano dotychczas około 44 systemy wulkaniczne, należące do szeregu toleitowego (6). Dokładnie przestudiowano kilka dużych wulkanów centralnych, takich jak Thingmuli i Setberg I. Budują je skały zasadowe, obojętne i kwaśne. Zbadano też kilka większych intruzji w południowo-wschodniej Islandii (np. Vesturhorn), w których współwystępują skały plutoniczne o zróżnicowanym chemizmie: gabro – dioryt – granofir. Intruzje te wskazują, że kwaśne i zasadowe magmy występują w bezpośrednim sąsiedztwie. Niektórzy badacze uznają je za odsłonięte przez erozję fragmenty dużych, zdyferencjowanych komór magmowych.

W okresie plio-plejstoceni i górnoplejstoceni zlodowacenie wywarło ogromny wpływ na wykształcenie produktów wulkanicznych. Powstał w tym czasie zespół skał zwany formacją Móberg. Dominują w nim hyaloklastyty – subglacjalne brekcje i tufy wulkaniczne oraz pillow-lawy. Większość produktów podlodowcowego wulkanizmu wykazuje specyficzne przeobrażenia, spowodowane działaniem wody i temperatury, przyjmując postać tzw. palagonitów (nazwa palagonit bywa używana w różnym znaczeniu: przez jednych jako nazwa skały, przez innych – w bardziej wąskim rozumieniu – jako określenie żółtawego lub brunatnego produktu przeobrażenia szkliwa). W interglacjalach tworzyły się potoki lawowe. Chemizm law początkowo był typowy dla serii toleitowej, ale z czasem, wraz z rozwojem bocznych stref wulkanicznych, zmienił się częściowo na przejściowy do alkalicznego.

W trzeciorzędowych pakietach law Islandii obserwuje się wyraźne oznaki metamorfizmu typu burial, wywołanego zmianą warunków  $p$  i  $T$  wskutek przykrycia starszych skał nowymi pokrywami wulkanicznymi. Wyróżnia się tam horyzontalne, niezależne od wydzielenia stratygraficznych zony metamorficzne z nowotworami zeolitowymi w bazaltach (6). Od góry, do głębokości około 2 km, są to kolejno zony: 1) bez zeolitów, 2) chabazytowo-tompsonitowa, 3) analcymowa, 4) mezolitowo-skolecytowa.

Wulkanizm postglacjalny jest przywiązany głównie do aksjalnej zony ryftowej. Największe rozprzestrzenienie mają tam lawy szeregu toleitowego, budujące główną część współczesnych stref wulkanicznych Islandii, z wyjątkiem południowej części zony wschodniej (Héimaey-Hekla) i obszaru Snaefellsness, gdzie występują lawy przejściowe i alkaliczne (ryc. 2).

Duże wulkany szczelinowe, np. Lakagigar, cechuje na ogół tylko jeden główny wybuch, dostarczający law toleitowych o stałym, bazaltowym składzie. Wulkany centralne – np. Hekla – wybuchają wielokrotnie, dając lawy o urozmaiconym chemizmie, od bazaltów do riolitów.



Ryc. 4. Rozkład  $K_2O$  w toleitych grzbietu środkowoatlantyckiego wzdłuż osi grzbietu w rejonie Islandii (za Jakobssonem, 1979)

Strzałki wskazują współczesne wulkany centralne; powyżej – histogram udziału różnych skał wulkanicznych w okresie postglacjalnym na odcinku Islandii: linie ukośne – toleity, kropki – bazalty alkaliczne, czarne – skały kwaśne i pośrednie. Mapa pokazuje lokalizację profilu

Fig. 4. Distribution of  $K_2O$  in tholeiites of the Mid-Atlantic Ridge, along the axis of the ridge in the Iceland region (after Jacobsson, 1979)

Arrows show recent central volcanoes; above – histogram of share of various volcanic rocks in post-glacial times in the Icelandic sector: oblique strokes – tholeiites, dots – alkaline basalts, black – acid and intermediate rocks. The map also shows the location of the section

Udział skał kwaśnych i obojętnych produkowanych przez Heklę jest wyjątkowo duży, bo sięga około 40%. Stwierdzono przy tym, że im dłuższy okres spokoju poprzedza erupcję, tym większy jest udział w niej skał kwaśnych (S. Thorarinsson – *vide* 6). Jest to argument przemawiający za frakcjonalną krystalizacją magmy w płytce (na głębokości paru kilometrów) położonym zbiorniku Hekli i oddzieleniem się magm kwaśnych od zasadowych.

Szczególne miejsce we współczesnym wulkanizmie Islandii zajmuje region Torfajökull na SE od Hekli, o powierzchni około 400 km<sup>2</sup>, zbudowany głównie z riolitów (od plejstoceni do współczesnych). Obserwuje się tam rzędy kraterów ułożonych wzdłuż aktywnych, długich szczelin wulkanicznych. Sąsiadujące ze sobą kratery dają lawy o bardzo różnym chemizmie. Zdarza się nawet, że podczas erupcji z jednego krateru wydostają się lawy kwaśne i zasadowe (tzw. mixed lavas). Przykładem takiej erupcji w czasach historycznych jest wulkan Domadalshraun. Obszar Torfajökull jest do tej pory słabo zbadany.

Pospolite w lawach Islandii są ksenolity skał podłoża, osiągające rozmiary przeciętnie 6–8 cm. Dominują wśród nich gabra, czasem z charakterystycznym warstwowaniem wskazującym na kumulacyjną genezę. Uważa się je za autolity. Nie znaleziono dotychczas porwaków perydotytów, eklogitów, ani skał metamorficznych. Natomiast stosunkowo częste są ksenolity skał granitoïdowych o składzie trondhjemitowym lub diorytów kwarcowych (17). Były one ostatnio przedmiotem wnikliwych badań, jako że dostarczają informacji o naturze podłoża skorupy pod Islandią oraz o pochodzeniu magm riolitowych.

#### PROBLEM WSPÓŁWYSTĘPOWANIA MAGM KWAŚNYCH I ZASADOWYCH

Współwystępowanie law kwaśnych i zasadowych jest zjawiskiem powszechnie obserwowanym w różnowiekowych formacjach geologicznych. Przykładowo w Sudetach tego samego wieku lawy o odmiennym chemizmie są obecne w sekwencji osadów geosynkliny staropaleozoicznej, jako zespół keratofirowo-zieleńcowy, a później też

jako intensywny postorogeniczny wulkanizm warwysyjski (porfiry – melafiry).

Obecność dużej masy law kwaśnych w otoczeniu bazaltów na Islandii jest jednak trudna do wyjaśnienia, jeśli się uwzględni brak sialicznej skorupy kontynentalnej pod tą wyspą. Badania składu izotopowego Sr i Pb przeczą możliwości powstania riolitów na Islandii przez podgrzanie i przetopienie fragmentów dawnej skorupy typu kontynentalnego (10). Pochodzenie law kwaśnych nie może też być skutkiem wyłącznie frakcjonalnej krystalizacji w płytkich komorach magmowych. Przeczy temu wyraźnie bimodalny rozkład chemizmu law: riolit – bazalt, przy całkiem znikomym udziale law o chemizmie pośrednim (17).

Obecność stosunkowo dużej masy law kwaśnych na Islandii próbowano tłumaczyć bazując na badaniach eksperymentalnych Kushirowa (*vide* 17), który ogrzewając bazalt przy ciśnieniu 20 kb otrzymał w temperaturze 960°C stopy silnie wzbogacone w SiO<sub>2</sub>. Model tłumaczący powstanie magm riolitowych przez wtórne parcjalne topienie bazaltów, przy nadmiarze wody, w warunkach Islandii napotyka trudne do wyjaśnienia problemy: 1) kwaśne skały na Islandii są często ubogie w wodę (np. obsydiany lub granitoidy z piroksenem); 2) anateksis bazaltów na głębokości odpowiadającej dolnej części skorupy ziemskiej na Islandii powinno dać stopy andezytowe lub dacytowe, a nie riolitowe; 3) nie ma żadnych faktów geologicznych potwierdzających taki proces.

Alternatywny model pochodzenia riolitów Islandii przedstawia H. Sigurdsson (17). Opiera się on głównie na szczegółowych badaniach ksenolitów kwaśnych skał plutonicznych w lawach islandzkich. Według tego autora magmy kwaśne pochodzą z wtórnego przetopienia materiału tzw. warstwy plagiogranitów zalegających lokalnie w stropie zdyferencjowanego pakietu skał plutonicznych, głównie gabr, który podściela wyżejleżące bazaltowe warstwy skorupy oceanicznej. Model ten jest w pełni zgodny z wynikami badań tzw. sekwencji ofiolitowych. Przyczyną wtórnego topienia plagiogranitów ma być ciepło dostarczane przez wędrujące ku górze magmy bazaltowe. Na podstawie odmiennego stosunku izotopów <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr w bazaltach i riolitach Islandii ustalono, że materiał, z którego wytopia się parcjalnie magma riolitowa, musi mieć wiek około 16 mln lat. Sigurdsson uważa, że podobną genezę mogą mieć kwaśne lawy z innych obszarów oceanicznych (Azory, Wyspa Wielkanocna).

## ANOMALNY CHARAKTER WULKANIZMU ISLANDII A MODELE GEOTEKTONICZNE

Jak już nadmieniono, Islandia leży w przybliżeniu na osi grzbietu środkowoatlantyckiego, którego odcinek na południe od wyspy nosi nazwę grzbietu Reykjanes (RR), a na północ grzbietu Kolbeinsey'a (KR). Jednocześnie Islandia stanowi centralny, wyniesiony nad poziom morza fragment poprzecznego, mało aktywnego sejsmicznie grzbietu Grenlandia – Wyspy Owczce (*ryc.* 1).

Wiele obserwowanych faktów stanowi o szczególnej pozycji Islandii na grzbiecie środkowoatlantyckim. Anomalny charakter wyspy wyraża się m.in. przez:

1) silnie wyniesioną topografię wyspy względem obszarów sąsiednich;

2) wyjątkową grubość pakietu skał ekstruzywnych (4 – 6 km) – dwu- trzykrotnie większą niż przeciętna dla den oceanicznych – związaną z nadzwyczaj dużą produkcją skał wulkanicznych na Islandii (14);

3) dużą grubość skorupy ziemskiej pod Islandią – powierzchnia Moho jest tu obniżona do głębokości 40 – 60 km (21);

4) specyficzny chemizm i duże zróżnicowanie law Islandii i grzbietu Grenlandia – Wyspy Owczce, w odróżnieniu od monottonnych bazaltów grzbietu środkowoatlantyckiego (2, 15);

5) duży strumień ciepła pod Islandią.

Pierwsze trzy z wymienionych zjawisk są ze sobą ściśle powiązane i można je zinterpretować na podstawie teorii izostazji. Islandia zdaje się być dobrym przykładem obecności w osi grzbietu śródoceanicznego tzw. poduszki bazaltowej – charakterystycznego zgrubienia warstwy skorupy o prędkościach fal 6,5 – 7,0 km/s (*ryc.* 3).

Istnienie poduszki bazaltowej stwierdzono geofizycznie najpierw pod łańcuchami gór fałdowych (H. Cloos, *vide* 13). Wcześniej wyniesienie topograficzne łańcuchów górskich tłumaczono zwiększoną grubością warstwy sialicznej, która jako lżejsza miała unosić się wysoko ponad warstwą bazaltową. Pogrubianie warstwy granitowej uznawano jako skutek działania kompresji w zewnętrznych warstwach skorupy (tzw. korzeń granitowy). Późniejsze badania geofizyczne (13) wykazały, że grubość warstwy granitowej pod górami ogólnie nie różni się od innych miejsc na kontynencie. Obserwuje się natomiast wyraźne zgrubienie warstwy o prędkościach fal typowych dla warstwy bazaltowej. Struktura ta – poduszka bazaltowa – w miejscu znacznego obniżenia Moho, byłaby odpowiedzialna za izostatyczne wyniesienie topograficzne łańcuchów górskich.

Obecność zgrubienia warstwy bazaltowej pod osią grzbietu oceanicznego przewidział L.U. De Siter (3). Na uwagę zasługuje podana przez niego interpretacja hipotetycznego modelu strefy ryftowej grzbietu oceanicznego. De Siter uważał, że tensja w strefie osiowej grzbietu jest motorem przemian fazowych w gęstym materiale płaszczka (tzw. gęsty bazalt) i warunkuje jego przejście w materiał o mniejszej gęstości (tzw. zwykły bazalt). Ten mniej gęsty materiał miałby tworzyć poduszkę, powodującą izostatyczne wyniesienie topograficzne osi grzbietu.

Istnienie poduszki bazaltowej pod Islandią potwierdziły badania sejsmiczne międzynarodowej ekspedycji NASP w 1972 r. (21). Badania te wykazały również skomplikowaną, blokową budowę skorupy na odcinku między Islandią, Wyspami Owczymi i Szetlandami (*ryc.* 3).

Stwierdzenie obecności poduszek bazaltowych zarówno pod górami fałdowymi na kontynentach, jak i pod grzbieciami oceanicznymi, dostarcza nowych argumentów zwolennikom teorii o dominującej roli tensji w rozwoju skorupy ziemskiej.

Kolejną, jak wyżej wspomniano, anomalią jest chemizm law Islandii – bardzo urozmaicony, w porównaniu do monottonnych bazaltów grzbietu środkowoatlantyckiego (2, 15, 18). Oprócz bazaltów toleitowych pospolite są na wyspie bazalty przejściowe i alkaliczne, nie spotykane na grzbiecie oceanicznym. Udział law kwaśnych i obojętnych na Islandii jest również znaczny (8 – 13%), gdy na grzbiecie nie stwierdza się ich obecności.

Idąc wzdłuż grzbietu Reykjanes w kierunku północnym i dalej przez Islandię, obserwuje się bardzo wyraźne gradienty geochemiczne (*ryc.* 4). Toleity występujące na grzbiecie oceanicznym – tzw. bazalty MORB – charakteryzuje (2):

– małe zróżnicowanie chemizmu,

– niska zawartość K, Ti, P, Rb, Cs, Sr, Ba, Zr, U –  
tzw. pierwiastków LIL (pierwiastków litofilnych o dużym promieniu jonowym),

– niska, w porównaniu do chondrytów, zawartość lekkich ziem rzadkich,  
 – niski stosunek izotopów  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  i  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ .  
 Toleity Islandii – tzw. bazalty FETI – typowe dla transversalnego grzbietu Grenlandia – Wyspy Owcze, cechuje:

- urozmaicony chemizm,
- duża zawartość Fe, Ti, P i K (pierwiastków LiL), a niska Al i Mg,
- odmienne niż w bazaltach MORB częstości ziem rzadkich i inne stosunki izotopów strontu.

R.K. O'Nions et al. (11), na podstawie danych izotopowych strontu i częstości ziem rzadkich (Ce/Yb) w lawach Islandii i grzbietu Reykjanes, analizują trzy możliwe modele źródeł magmy pod Islandią:

- 1) jeden homogeniczny obszar źródłowy w płaszczu ziemi, poddawany nierównoważnemu topnieniu parcjalnemu,
- 2) dwa obszary źródłowe, odmienne pod względem fizycznym i chemicznym, i o różnej historii ewolucji składu izotopowego (tu należy model Schillinga pióropusza płaszczu i astenosfery),
- 3) jeden chemicznie heterogeniczny obszar źródłowy w płaszczu, dający różne stopy, przy parcjalnemu topnieniu. Zdaniem wymienionych autorów (11) testy geochemiczne są najbardziej spójne z modelem trzecim. Chemiczna heterogeniczność płaszczu mogłaby być rezultatem zdarzenia (dyferencjacji), jakie odbyło się co najmniej 100–200 mln lat temu.

Prowadzone w ostatnim okresie badania geochemiczne, głównie izotopowe pierwiastków śladowych i ziem rzadkich, law na półwyspie Reykjanes wskazują na heterogeniczny charakter płaszczu ziemi pod Islandią zarówno w pionie, jak i w poziomie (20). Dużą zmienność składu bazaltów tego obszaru uważa się za skutek mieszania się magm powstałych przez różny stopień przetopienia odmiennych partii heterogenicznego płaszczu. Badania te zdają się potwierdzać hipotezę, że górną część płaszczu buduje lherzolit spinelowy, a niższą – lherzolit granatowy.

Wielu zwolenników zyskała hipoteza o istnieniu pod Islandią pióropusza płaszczu (15, 16, 8, 9). Tłumaczy ona gradienty geochemiczne law grzbietu Reykjanes i Islandii oraz wiele innych anomalnych zjawisk geologicznych na wyspie, m.in. wysoki strumień ciepła. Według hipotezy mantle plume różne typy law bazaltowych wywodzą się z różnych źródeł: mało zróżnicowane toleity MORB wyprowadza się z astenosfery, a bardziej urozmaicone islandzkie bazalty FETI uznaje się za produkty działalności pióropusza płaszczu. Przyjmuje się, że lawy alkaliczne pochodzą z większych głębokości i występują na obszarach, gdzie stosunkowo gruba skorupa pocięta jest głębokimi uskokami.

Przypuszcza się, że islandzki pióropusz płaszczu zajął swoją obecną pozycję około 27 mln lat temu (7, 14). Grzbiet Grenlandia – Wyspy Owcze jest uznawany przez niektórych (6) za ślad działalności tego pióropusza od momentu początkującego otwieranie się północnego Atlantyku. Potwierdza to m.in. paleoceński wiek law wschodniej Grenlandii i Wysp Owczych, ich pokrewny chemizm oraz ekstrapolacja w przeszłość szybkości współczesnego spreadingu na Islandii (około 1 cm na rok).

#### LITERATURA

1. Birkenmajer K. – Ewolucja strukturalna basenu arktyczno-atlantyckiego w kenozoiku. *Prz. Geol.* 1977 nr 5.

2. Brooks C., Jakobsson S.P. – Petrochemistry of the volcanic rocks of the North Atlantic ridge system. [In:] L. Kristjansson (red.), *Geodynamics of Iceland...*, D. Reidel Pub. Com. Dordrecht Holland 1974.
3. De Sitter L.U. – Compression and tension in the Earth's crust. *Geol. Rundschau* 1960 Bd 50.
4. Jakobsson S.P., Jonsson J., Shido F. – Petrology of the Western Reykjanes Peninsula, Iceland. *J. Petrol.* 1978 vol. 19/4.
5. Jakobsson S.P. – Petrology of recent basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland. *Acta Natur. Isl.* 1979 vol. 26.
6. Jakobsson S.P. – Outline of the petrology of Iceland. *Jökull* 1979 vol. 29.
7. Kristjansson L. – The shelf area around Iceland. *Ibidem*.
8. O'Hara M.J. – Non-primary magmas and dubious mantle plume beneath Iceland. *Nature* 1973 vol. 243.
9. O'Hara M.J. – Is there an Icelandic mantle plume? *Ibidem* 1975 vol. 253.
10. O'Nions R.K., Gronvold K. – Petrogenetic relationship of acid and basic rocks in Iceland. Sr-isotope and rare-earth elements in late and post-glacial volcanics. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1973 vol. 19.
11. O'Nions R.K., Pankhurst R.J., Gronvold K. – Nature and development of basalt magma sources beneath Iceland and the Reykjanes Ridge. *J. Petrol.* 1976 vol. 17/3.
12. Pożaryski W. – Islandia w świetle tektoniki płyt. *Prz. Geol.* 1977 nr 5.
13. Rutten M.G. – The geology of Western Europe. Elsevier Pub. Company Amsterdam – London – New York 1969.
14. Saemundsson K. – Outline of the geology of Iceland. *Jökull* 1979 vol. 29.
15. Schilling J.G. – Iceland mantle plume: geochemical study of Reykjanes Ridge. *Nature* 1973 vol. 242.
16. Schilling J.G. – Iceland mantle plume. *Ibidem* 1973 vol. 246.
17. Sigurdsson H. – Generation of Icelandic rhyolites by melting of plagiogranites in the oceanic layer. *Ibidem* 1977 vol. 269.
18. Sigvaldason G.E., Steinthorsson S., Oskarsson N., Imsland P. – Compositional variation in recent Icelandic tholeiites and the Kverkfjöll hot spot. *Ibidem* 1974 vol. 251.
19. Thorarinnsson S., Saemundsson K. – Volcanic activity in historical time. *Jökull* 1979 vol. 29.
20. Zindler A., Hart S.R., Trey F.A., Jakobsson S.P. – Nd and Sr isotope ratios and rare earth element abundances in Reykjanes Peninsula basalts: evidence for mantle heterogeneity beneath Iceland. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1979 vol. 45.
21. Zwieriew S.M., Kosminskaja J.P., Krasilszczikowa G.A., Michota G.G. – Główniejsze strojenie Islandii i Islandsko-Fariersko-Szetałandskiego regiona po rezultatach sejsmicznych issledowanij (NASP-72). *Biull. MOIP Otd. Geologii* 1975 nr 3.

#### SUMMARY

The importance of petrological studies on volcanic phenomena in Iceland for the developments in geotectonic ideas is emphasized and geology, volcanism and petrology

of lavas known from Iceland are briefly discussed. Two models were proposed in order to explain origin of acid magmas in Iceland and their cooccurrence with tholeiitic ones: 1) model of secondary, partial melting of water-saturated basalts, and 2) model of partial melting of plagiogranite layer in the basement. The nature of volcanic phenomena in Iceland, anomalous for the Mid-Atlantic Ridge, is emphasized and hypotheses explaining this phenomenon are presented. The Authors emphasize the presence of "basalt pillow" beneath axial part of the oceanic ridge and discuss the Earth crust and mantle models based on geochemical data. Attention is especially paid to the Schilling's model of mantle plume.

### РЕЗЮМЕ

В статье обращено особое внимание на значение петрологических исследований вулканитов Исландии

для развития геотектонических концепций. Кратко рассматриваются: геологическое строение, вулканизм и петрография исландских лав. Представлены две модели выясняющие происхождение кислых лав и их одновременное распространение с толеитовыми лавами: 1. Модель вторичного парциального плавления насыщенных водой базальтов, 2. Модель парциального плавления пласта плагиогранитов в фундаменте. Подчеркнут аномальный характер вулканизма Исландии на центральноатлантическом хребте и приведена концепция выясняющая это явление. Авторы обращают внимание на присутствие „базальтовой подушки” под осью океанического рифта и описывают модели земной коры и мантии, основанные на геохимических данных. Особое внимание отведено модели плаважа мантии Шиллинга.