

O POCHODZENIU SKAŁ ULTRAZASADOWYCH

UKD 552.321.6:552.11

W okresie ostatnich kilku lat przedmiotem szczególnego zainteresowania wśród petrografów i geofizyków jest problem pochodzenia skał ultrazasadowych. Dużą rolę w wyjaśnianiu tego problemu odegrały prace K. Smulikowskiego a zwłaszcza te, które dotyczą genezy eklogitów (4) oraz prace petrografów radzieckich (1, 2, 3, 5).

Autor niniejszego artykułu z problematyką tą zetknął się bliżej podczas podróży jakie odbył po Czechosłowacji (okolice czeskich Budziejowic), Związku Radzieckim (Armenia) i NRD (Góry Kruszcowe) w roku 1964 i 1969, gdzie bezpośrednio miał możliwość dokonania obserwacji i badań na wielu wysadach skał ultrazasadowych oraz przeprowadzenia na temat ich genezy z petrografami tych krajów dyskusji naukowych. Ponieważ znaczna część geologów polskich nie jest w pełni zaznajomiona z tą pasjonującą problematyką, autor żywi nadzieję, że artykuł ten opracowany częściowo na podstawie badań własnych oraz na podstawie dostępnej z tego zakresu literatury, w pewnym stopniu wypełni tę lukę.

We współczesnej petrologii uważa się, że skały ultrazasadowe są ściśle związane z budową głębokich stref skorupy ziemskiej, a szczególnie zewnętrznego płaszczka ziemskiego. Ich tworzenie się wiąże się z wczesnymi etapami rozwoju stref orogenicznych i z powstawaniem głębokich pęknięć w obrębie skorupy ziemskiej. Zbadanie przeto wychodni skał ultrazasadowych daje możliwość wyjaśnienia m. in.: budowy zewnętrznej części płaszczka ziemskiego, współwystępowania skał ultrazasadowych z gabroidami, piroksenitami i in. Oddzielne miejsce w omawianym zagadnieniu stanowi metalogeneza skał ultrazasadowych. Wiąże się z nimi występowania złóż chromitu, platyny i in.

Najważniejszą pozycję wśród omawianych skał zajmuje dunit. Jest to skała zbudowana z oliwinu (Fe_{5-10}) i chromitu. Występuje on zwykle w masywach zaburzonych i platformowych. W formach zaburzonych (fałdowych) znane są dwa główne typy jego asocjacji: w pierwszej występuje w paragenezie z werlitami, klinopiroksenitami i gabroidami, a w drugiej z harzburgitami. W masywach platformowych, dunit zlokalizowany jest głównie w centralnych częściach intruzji alkaliczno-ultrazasadowych i współwystępuje z norytami. Dotychczas panowały poglądy, że dunity przedstawionych asocjacji są dyferencjatami różnych magm: perydotytowej, gabrowej i alka-

liczno-ultrazasadowej, a podobieństwo ich składu jest rezultatem konwergencji. A. A. Jefimow (3) uważa natomiast, że wszystkie wychodnie dunitowe, napotykane we współcześnie zerodowanych masywach przedstawiają sobą relikty dużych ciał intruzywnych, genetycznie nie związanych z magmą gabrową, lecz o długiej metasomatycznej ewolucji.

Większość petrografów i geologów zajmujących się problemami pochodzenia skał ultrazasadowych, skłonni są rozpatrywać ich powstanie w rezultacie: 1) postępującej ewolucji magmy ultrazasadowej, 2) tektonicznego przemieszczania materii w stanie stałym z zewnętrznej części płaszczka ziemskiego, 3) dyferencjacji magmy bazaltowej, 4) metasomatycznych i metamorficznych procesów w warunkach facji granulitowej. Skały te spotykane są we wszystkich formacjach geologicznych Ziemi: w prekambryjskich, kaledońskich, hercyńskich i alpejskich. Często wzdłuż łuków górskich występują one w formie charakterystycznych „wysp”. Tego rodzaju formy związane z głębokimi strefami geosynklinalnymi znane są w literaturze jako tzw. typy alpejskie. Ich powstanie związane jest z głębokim wznoszeniem się magmy o składzie ultrazasadowym wzdłuż głębokich rozłamów skorupy ziemskiej, w momencie jej ruchów orogenicznych (maksymalnego fałdowania) w stadium geosynklinalnym.

Związek ultrazasadowego magmatyzmu ze strukturami tektonicznymi ma wyjątkowo duże znaczenie. Na podstawie rozmieszczenia skał ultrazasadowych można określić przebieg głębokich rozłamów w skorupie ziemskiej, otwartych w czasie tworzenia się w niej systemów górskich.

Jedynym obszarem na Ziemi, gdzie różne pod względem wiekowym i genezy skały ultrazasadowe skupione są w stosunkowo wąskiej strefie geosynklinalnej jest Ural. Budujące go skały ultrazasadowe rozciągnięte są wzdłuż podstawowych struktur tektonicznych, od najbardziej wysuniętego punktu na północ aż po Morze Aralskie i współwystępują z różnymi pod względem składu, wieku i genezy skałami magmowymi oraz metamorficznymi. Geosynklinalna budowa Urалу odgrywa więc ważną rolę przy wyjaśnianiu genezy skał ultrazasadowych.

Dużą rolę w kształtowaniu poglądów o pochodzeniu skał ultrazasadowych odegrała hipoteza likwacyjno-syntektyczna F. J. Levinsona-Lessinga. Magma bazaltowa według tej hipotezy w stadium głębokim rozdziela się na niemieszalne stopy krzemianowe.

Każdy z tych stopów w dalszym etapie swego rozwoju zachowuje się jak magma samodzielną. Rozdzielenie się tej pierwotnej magmy bazaltowej spowodowane bywa różnymi czynnikami, jak np.: asymilacją, fazą gazową, prądami termicznymi, prądami konwekcyjnymi i in. Według tej hipotezy trudno jest przyjąć możliwość tworzenia się z jednej magmy bazaltowej anortozytów, kompleksów dunitowych o dużej miąższości i skał alkalicznych. Zachodzi więc konieczność przyjęcia możliwości występowania w przyrodzie trzech samodzielnych magm: ultrazasadowej, zasadowej i kwaśnej. Każda z nich odznacza się zjawiskami asymilacji, mieszania się w fazie ciekłej i autometamorfizmem.

Istnieją także poglądy według których ultrazasadowa magma tworzy się w rezultacie parcjalnego topienia pewnych części litosfery w głębi stref fałdowych w momencie maksymalnego ich zanurzania się.

Na podstawie badań geofizycznych uważa się, że powstanie ultrazasadowego magmatyzmu związane jest z parcjalnym stapianiem materii pochodzącej z zewnętrznej części płaszcza i z magmą powstałą w głębokich strefach rozłamowych.

Stażność składu chemicznego skał ultrazasadowych pozwala zaliczyć je do fragmentów zewnętrznego płaszcza ziemskiego, wyniesionych z głębokości poniżej 100 km. Zbieżność zaś składu chemicznego perydotytów z perydotytami granatowymi i eklogitami daje podstawy do zaliczenia tych utworów do produktów krystalizacji magmy powstałej w zewnętrznej części płaszcza ziemskiego i intrudujących w stanie półpłynnym poprzez głębokie rozłamy w skorupie ziemskiej.

Kontakt skał ultrazasadowych (ciał bezkorzennych) z otoczeniem nie posiada nigdy charakteru termicznego. Utwory te mogą więc powstawać w procesie tektonicznego przemieszczania oddzielnych bloków skał ultrazasadowych z zewnętrznej części płaszcza ziemskiego w obrębie różnych horyzontów skorupy ziemskiej.

W. S. Sobolew (5) wskazuje, że zewnętrzna strefa płaszcza ziemskiego w jednych miejscach ma skład eklogitów a w innych (głębokościach) granatów perydotytu i lertzolitu. Stąd też granica Moho w jednych miejscach odpowiada przejściu skał zasadowych w ultrazasadowe a w innych w eklogity.

Istnieją również poglądy według których granica Moho odpowiada przejściu skał gabrowych w skały perydotytowe, w których eklogity stanowią oddzielne kieszenie (tego rodzaju występowania eklogitów obserwowano w górach Kruszcowych). Według innych autorów poniżej granicy Moho występują skały dunitowo-perydotytowe, które poniżej przechodzą w granatowe perydotyty. W jednych i drugich spotykane są nieprawidłowe ciała eklogitów.

Zmiany fizykochemicznych warunków materii występującej w obrębie płaszcza ziemskiego powodują polimorfizm pewnych minerałów. Tak np. istnieje pogląd, że poniżej 200–400 km od granicy Moho rozciąga się strefa przejściowa, w której oliwiny i pirokseny przechodzą w odmiany polimorficzne; w struktury spinelowe. G. D. Afanasjew (1) uważa natomiast, że granica Moho rozdziela środowiska, które różnią się między sobą jedynie pod względem szczelinowości a nie różnią się lub tylko nieznacznie pod względem składu petrograficznego.

Skorupa ziemska przedstawia dwa typy: kontynentalny (36–60 km miąższości) i oceaniczny. Ciśnienie i temperatura w obydwu typach na granicy Moho są różne. Ciśnienie w podstawie skorupy ziemskiej o charakterze kontynentalnym wynosi 10–15 kbr, a temp. 600–700°C, a w oceanicznym nie większe od 2 kbr, a temp. 150–200°C. Istnienie tych dwóch typów skorupy ziemskiej nie prowadzi jednakże do wytworzenia się pod nimi różnych rodzajów płaszcza ziemskiego; chociaż różne warunki temperaturowo-ciśnieniowe dla powierzchni Moho pod kontynentami i oceanami mogłyby tego wymagać.

Dokładne badania licznych kontaktów dunitów z piroksenitami, występujących na Uralu pozwoliły

ustalić, że wszystkie z nich posiadają budowę strefową. Centralne części tych utworów są zbudowane z dunitów z zawartością oliwiny (Fe_{5-10}) i akcesorycznego chromitu. Nieco dalej dunity stopniowo przechodzą w oliwinowe metadunity. Są to skały z zawartością żółtawego oliwiny (Fe_{10-20}), odróżniające się od typowych dunitów brakiem chromitu w miejsce którego wchodzi akcesoryczny magnetyt. Werlity ustępują tu miejsca piroksenitom. Szerokość stref wymienionych skał jest bardzo zmienna i wskazuje na metasomatyczny sposób powstawania piroksenitów po dunitach. Przejście dunitu w piroksenit odbywać się może poprzez wynos Mg, Fe, Cr, Ni, Co, Mn i doprowadzenie Ca, Si, Al i Ti. Część odprowadzonego żelaza dyfunduje w egzokontaktową strefę piroksenitów i gromadzi się w niej w metadunitach razem z kobaltem i manganem w żelazistym oliwinie. Po utworzeniu się oliwiny o składzie Fe_{15-20} , dalszy przynos żelaza prowadzi do powstania tytanomagnetytu a miejscami tworzą się oliwiny magnetytowe i większe nagromadzenia rud żelaza. Konsekwencją tego procesu jest powstawanie w miejsce utworów ultrazasadowych skał z plagioklazem. Najbardziej skrajnym produktem końcowym tego procesu we wszystkich przypadkach jest anortytowy anortoklaz.

Platformowe intruzje ultrazasadowo-alkaliczne są szczególnie dobrze odsłonięte w masywie altajskim. W centralnych „jądrowych” częściach tego masywu występuje dunit (platynonośny), który otoczony jest strefami zbudowanymi z werlitów, klinopiroksenitów i skał alkalicznych. Najstarsze są dunity. Wykazują one silnie rozwiniętą metasomatozę. Gabroidy w tym masywie występują w sposób ograniczony; przeważające są, nie mające związku genetycznego ze skałami ultrazasadowymi, skały alkaliczne.

Zbadanie pozycji skał ultrazasadowych i alkalicznych w masywach platformowych, w których występują dunity doprowadza do następujących wniosków: a) pierwotne skały ultrazasadowych masywów alkaliczno-oliwinowo-werlitowo-piroksenitowych powstają z niealkalicznej magmy perydotytowej, b) skały typu ijolitów powstają kosztem alkalicznej metasomatozy oddziaływującej na ultrazasadowe skały przy współdziałaniu rozтворów genetycznie związanych z magmą nefelinowo-sjenitową. Stąd wniosek, że pierwotną skałą ultrazasadową masywów alkaliczno-ultrazasadowych był dunit.

Wysady dunitowe, wchodzące w skład masywów perydotytowych o charakterze alpejskim, rozciągają się często na przestrzeni setek, a nawet tysięcy kilometrów. Dunity te współwystępują najczęściej z harzburgitami. Między dunitami i harzburgitami spotykane są utwory przejściowe. Są wśród nich skały orto- i klinopiroksenitowe, enstatytowe i żyły diopsydowe, pochodzenia metasomatycznego (spotykane w dunitach i harzburgitach). Dunity tych masywów powstają często przy współdziałaniu rozтворów głębokich, nie związanych bezpośrednio z intruzją ultrazasadową. Wskutek tego pozwala to przeciwstawiać dunity „perydotytowe”, dunitom „gabroidalnym”. Stąd też w licznych masywach typu alpejskiego, dunit występuje w tej samej roli co w asocjacjach masywów platformowych i subplatformowych. Odbiega on jednakże od pierwotnego charakteru wskutek metasomatycznych przeobrażeń.

Reasumując niezależnie od wykształcenia („geosynklinalny”, „platformowy”, „perydotytowy”, „gabroidalny” lub „alkaliczny”) oraz zaznaczających się różnic geologicznych i petrograficznych, dunit należy rozpatrywać jako substrat pierwotny, podlegający zmianom lub w skrajnych przypadkach jako produkt fazy intruzyjnej w utworach plutonicznych. Z dotychczasowych badań wynika również, że dunit nie podlega rezultatom konwergencji, charakterystycznej dla dyferencji różnych magm. Genetyczna jedność dunitów wymienionych asocjacji wydaje się być w pełni uzasadniona. Jest ona możliwa do przyjęcia zwłaszcza jeżeli wyjdzie się z założenia, że dunit to utwór pochodzący z głębi Ziemi, wyniesiony na powierzchnię w czasie ruchów skorupy ziemskiej.

Różnice między rozpatrywanymi asocjacjami, w których występuje dunit, istnieją przede wszystkim nie w ich typach a w interwałach ich zmienności. Tak na przykład w dunitach platynonośnych Uralu nie występują harzburgity. W licznych zaś masywach typu alpejskiego znane są występowania dużych masywów zbudowanych z werlitów, klinopiroksenitów i z gabra. Zmienności wykształcenia tych masywów wyjaśnić można różnymi warunkami, w których zachodziła metasomatoza pierwotnych dunitów. Tak na przykład wypieranie magnezu i żelaza, wapniem oraz glinem ma największe tendencje w intruzjach platformowych i subplatformowych. Stąd też często w miejsce skał ultrazasadowych, pojawiają się większe skupienia metasomatycznych gabroidów. W warunkach orogenicznych proces ten jest mniej zaznaczony. Masywy typu alpejskiego są złożone niekiedy wyłącznie z dunitów (klinopiroksen jest rzadki) a gabroidy w nich nie występują. Wiąże się to również z formą ciał intruzywnych. Centralne części intruzji typu platformowego mogą być kanałami wychodzącymi w górne horyzonty skorupy ziemskiej, poprzez które przenikają „produkty degazacji” płaszcza ziemskiego. Synorogeniczne natomiast ciała ultrazasadowe nie posiadają najczęściej form korzennych: uczestniczą w strefach fałdowych i zachowują przeważnie swój pierwotny skład.

SUMMARY

During the last few years, petrologists and geophysicists have become particularly interested in the origin of ultramafic rocks. Papers by K. Smulikowski, and particularly these on the origin of eclogites, and by Soviet petrologists, have significantly contributed to knowledge of the problem.

The present author became more closely acquainted with this problem during his travels through Czechoslovakia (vicinities of České Budějovice), USSR (Armenia) and German Democratic Republic (Erzgebirge), where he had the possibility of directly observing and studying numerous intrusions of ultramafic rocks and to discuss their origin with petrologists from these countries. Because most Polish geologists are not fully acquainted with these problems, this article might serve partly to fill an existing lack.

Można więc przyjąć, że istnieje szereg epidunitowych gabrowultrazasadowych asocjacji, między którymi są różne przejścia. Są to najczęściej asocjacje dunitowo-harzburgitowe, dunitowo-piroksenitowo-gabrowe itd., ewolucyjnie związane z dunitami. Odrębność poszczególnych odmian dunitów należy rozumieć jako etapy ewolucji jednego i tego samego pierwotnego dunitu.

LITERATURA

1. Afanasjew W. W. — O nieobchodimosti rozwitija issledowatielskich rabot w oblasti magmatizma, radiogeologii i rudoobrazowania. Izd. AN SSRR, sier. geol. 1964, nr 10,
2. Biełousow W. W. — Razwitije ziemnogo szara i tiektogieniez. Sow. geologija. 1960, nr 7.
3. Jefimow A. A. — Kytliński platynonosnyj masiw. Magmatizm, metamorfizm i metalogienija Urała. Swierdłowski, 1963.
4. Smulikowski K. — An attempt of eclogite classification. Bull. de l'Acad. Pol. des Scien. ser. des sci. géol. et géogr. 12. 1964.
5. Sobolew W. S. — Ossobiennosti wulkanicznych masiw projawlenij na Sibirskoj platformie i niekotoryje obszczije woprosy geologii. Geol. i geof. 1962, nr 7.

РЕЗЮМЕ

В последнее время предметом большой заинтересованности петрографов и геофизиков является проблема происхождения ультраосновных пород. Большое значение для выяснения этой проблемы имеют в Польше работы К. Смуликовского, в особенности труды, посвященные проблеме генезиса эклогитов, а также работы советских петрографов.

Автор имел возможность ознакомиться с этими проблемами в Чехословакии (район Ческе-Будеевице), СССР (Армения) и ГДР (Рудные горы), а также провести наблюдения на массивах ультраосновных пород и участвовать в обсуждении их генезиса с петрографами этих стран. Автор считает своим долгом ознакомить с этими проблемами польских геологов.