

Prof. dr hab. Andrzej Muszyński
Instytut Geologii UAM
ul. Krygowskiego 12
61-680 Poznań

Poznań. 06.05.2019.

Recenzja rozprawy Pana mgr Maksymiliana Twyrdy pt. "Metabazyty kopuły orlicko-śnieżnickiej i ewolucja tektonometamorficzna"

1/ Uwagi wstępne

Praca w całości liczy 213 stron w języku polskim z dwoma dwustronicowymi abstraktami w języku polskim i angielskim, w tym 21 stron załączników. Podzielona jest na 11 zasadniczych rozdziałów. Literatura zawiera 276 pozycji i obejmuje zakres regionalnej literatury w języku polskim i angielskim oraz literaturę dotyczącą petrologii skał maficznych. W pracy zamieszczone są barwne figury oraz tabele, w tym zdjęcia mikrofotografie i zdjęcia BSE. Praca jest napisana dość starannie z niewielką ilością literówek i pomyłek. Szata graficzna dysertacji zasługuje na uznanie.

2/ Ocena merytoryczna

We wprowadzeniu Autor krótko opisał zasadność swoich badań i jako cel przedstawił uzupełnienie luk w wiedzy o metabazytach, głównie wschodniej części KOŚ. Szczególnie dotyczy to pominięcia obserwacji tektonicznych i informacji o pozycji skał ciał amfibolitów wśród skał otoczenia, których to brakowało we wcześniejszych pracach wcześniejszych badaczy.

Rozdział 2 zawiera zwięzły opis budowy geologicznej kopuły orlicko-śnieżnickiej, wykonany na podstawie przeglądu literatury. Gnejsowe jądro kopuły otaczają metaszarogłazy formacji Młynowca i łupki łyszczkowe formacji Stronia, w której wstępują badane amfibolity. W wieloetapowej historii deformacji wszystkich skał KOŚ amfibolity uwzględniane były marginalnie. Krótki przegląd dotychczasowej wiedzy o amfibolitach wschodniej części KOŚ został zawarty w sposób zwięzły i treściwy.

Metodyka badań przedstawia opis obszaru badań z dobrze ilustrowaną graficzną stroną kartograficzną opartą na badaniach terenowych, strukturalnych i petrograficznych. Ten rozdział zarysowuje krótko także sposób przeprowadzenia badań w mikroobszarze, sposób obliczeń

geotermobarometrycznych oraz opis badań geochemicznych. Materiał analityczny oparty jest na 172 płytkach cienkich i 20 analizach chemicznych metabazytów. W mojej opinii metodyka badań w mikroobszarze nie jest opisana w sposób zadowalający.

Cztery odmiany petrograficzne amfibolitów opisane zostały makroskopowo i mikroskopowo i stanowiły podstawę do charakterystyki chemicznej minerałów. Dało to możliwość Doktorantowi do wydzielenia siedmiu zespołów mineralnych oraz rozpisania sześciu reakcji metamorficznych w amfibolitach KOŚ. Wszystko jest sumiennie dokumentowane, graficznie i tabelarycznie przedstawione.

Duży rozdział szósty podsumowuje terenowe i mikroskopowe badania strukturalne. Jest to jeden z ważniejszych fragmentów rozprawy doktorskiej Pana mgr Twyrdego. Oceniam tutaj pozytywnie osiągnięte wyniki i sposób udokumentowania i przeprowadzenia dyskusji. Dwa przedstawione modele na figurach 51 i 52 wskazują na dobre przestrzenne i geometryczne zorientowanie w problemie rozwoju struktur fałdowych w skałach metamorficznych. Autor umiejętnie dyskutuje szczegóły budowy geologicznej z wynikami wcześniejszych autorów, z którymi częściowo się zgadza lub polemizuje.

Rozdział omawiający zagadnienia termobarometryczne jest drugim zasadniczym i ważnym fragmentem omawianej rozprawy doktorskiej. Zasada się on na założeniu, iż określone zespoły mineralne były w równowadze w warunkach P i T oraz na cichym założeniu dobrej jakości analiz w mikroobszarze. Dla siedmiu stanowisk terenowych zostały obliczone i wykreślone tzw. pseudosekcje, które Doktorant niesłusznie nazywa (str. 100): "*pseudoprzekrojami P-T z użyciem metody izoplekowej*". Uzyskany został podobny rozkład pól stabilności dla poszczególnych zespołów mineralnych. Dodatkowo określenia warunków metamorficznych oparto o pary minerałów określających tzw. konwencjonalną termo- i geobarometrię. Podsumowanie warunków i ścieżek progresji do facji amfibolitowej i retrogresji do facji zieleńcowej przedstawia figura 67.

Króciutki rozdział 8 omawia ewolucję tektonometamorficzną na tle regionalnym. W centrum kopuły OŚ zarejestrowane są wyższe a na obrzeżach niższe warunki metamorficzne. Odstępstwo od tego wykazuje zachodnia część KOŚ, która również według różnych autorów nosi ślady warunków wysokociśnieniowych.

Trzeci kluczowy element rozprawy doktorskiej Pana mgr Twyrdego dotyczy geochemii badanych metabazytów. Wyniki badań oparte są o pierwiastki główne, śladowe i takie uznawane za niemobilne. Wydzielone są trzy typy geochemiczne metabazytów w oparciu o różnorodne diagramy klasyfikacyjne. Z ustaleń Doktoranta wynika, że wyjściowe skały bazaltowe zostały kontaminowane w procesach magmowych i w procesach tektonometamorficznych. Na podstawie izotopów Sm-Nd wydedukowany został kambro-ordowicki wiek protolitu dla dzisiejszych amfibolitów. Przyczyna

niejednoznacznego określenia środowiska geotektonicznego dla wyjściowych skał magmowych przez Doktoranta słusznie została rozpoznana jako kontaminacja materiałem skorupowym.

Interpretacja i dyskusja zawierają kilka elementów omawiających pochodzenie i ewolucję metabazytów wschodniej części KOŚ. Protolit metabazytów powstawał w środowisku morskim jako podwodne wylewy, subwulkaniczne dajki lub kominy law bazaltowych. Doktorant w sześciu etapach szczegółowo opisał ewolucję badanych metabazytów. Zasadniczo swoje wyniki badań porównuje z opublikowanymi rezultatami szczegółowych studiów miejscowych skał KOŚ, jak i odnosi się do regionalnych i globalnych rekonstrukcji tektonicznych. Niektóre z elementów tej historii ewolucji trudno mi ocenić, bo nie mogę się odnieść np. do (str. 169): "*Subdukcja litosfery oceanicznej Prototetydy pod zachodnią Gondwanę spowodowała rozciąganie za łukiem, rozwój basenu załukowego i parcjalne topienie subdukowanej płyty oraz klina płaszczowego*". A w tym kontekście zaraz mówi się o sedymentacji osadów formacji Młynowca a następnie formacji strońskiej. Ostatnie dwa etapy ewolucji dotyczą waryscyjskiej kolizji i ekshumacji omawianych skał przy istotnych ruchach poziomych kontrakcyjnych i przesuwczych prawo- i lewoskrętnych. Figura 93 przedstawia tą modelową ewolucję.

Jednostronicowe zakończenie mówi, iż zebrane dane geologiczne i geochemiczne metabazytów KOŚ wskazują na kontynentalny ryft, który zamarł w ordowiku i nie rozwinął się w stadium kreacji oceanicznej litosfery.

3/ Uwagi dyskusyjne

Przy całej dosyć spójnej koncepcji rozprawy doktorskiej, która składa się z trzech głównych wątków, istotna wydaje się sprawa jakości analiz chemicznych minerałów. Odgrywają one ważną rolę w interpretacji warunków metamorficznych oraz całej historii tektonicznej kompleksu KOŚ. Analizy w mikroobszarze i ich jakość są kluczowe dla omawianych procesów tektono-metamorficznych. Jest istotna różnica w rozdzielczości między półilościową techniką EDS i ilościową techniką WDS dla analiz minerałów w mikroobszarze. Jest to także niezależne od użycia wzorców w technice EDS, bo mikroskop skaningowy i mikrosonda elektronowa różnią się i mają inną konstrukcję użytą do analizy minerałów w mikroobszarze.

Powodem do tej dyskusji jest problem tego, co wchodzi do obliczeń i diagramów oraz modelowania pseudosekcji przy pomocy konkretnych danych wyjściowych. Zwłaszcza dyskusyjne są dla mnie dane dla amfiboli i chlorytów, gdzie drobne zmiany w składzie chemicznym minerałów znacząco wpływają na wyniki termobarometryczne. Wydaje się, że zastosowany program Theriak-Domino nie ma wewnętrznej i ostrej kontroli oraz wewnętrznych termodynamicznych ograniczeń, takie jakie posiada Thermocalc.

Podaję szczegółowe uwagi do wyjaśnienia i dyskusji:

- do obliczeń PT pseudosekcji podaje się konkretny skład całej jednej próbki (powinien być podany numer próbki) a nie odnosi się to zupełnie do całego odsłonięcia lub typów skał jak podano np. na fig. 55 i dalszych.
- proces modelowania pseudosekcji wymaga podania i użycia modelu konkretnego minerału, np. modelu dla Chl, Ep czy odpowiedniego dla Am. Zawarte w tych modelach są konkretne dane termodynamiczne (ax wpustowe) dla tzw. czystych end-members. Chodzi o dobranie odpowiednich proporcji tych czystych składników dla każdego konkretnego minerału. Na przykład rozdział na proporcje Fe²⁺ i Fe³⁺ w amfibolach i epidotach.
- bez weryfikacji zgodności danych wyjściowych do obliczeń nie można otrzymać poprawnych wyników. Program może wszystko policzyć i wygenerować błędne wyniki. Przykład podali Twyrdy i Żelaźniewicz (2017) w artykule z GQ, którzy wychycili błąd zastosowanego systemu obliczeń. System wygenerował im omfacyt w amfibolitach. Minerał, który nie występuje w badanych skałach i jest sztucznym tworem obliczeń zastosowanego systemu.
- można przyjąć, że zastosowana ilościowa metoda daje z grubsza pogląd na przebieg procesów metamorficznych, ale wyniki są dalekie od precyzji.
- nazwy i klasyfikacja chlorytów podana przez Hollanda i in. (1998) powinna być użyta zamiast klasyfikacji Heya z 1954 roku.

4/ drobne zauważone błędy i drobne uwagi

- w spisie treści brak jest podanych stron, co utrudnia czytelnikowi korzystanie ze spisu.
- wydzielone rejony występowania amfibolitów, które są zaznaczone numerami na figurze 1, w później nie wykorzystują tej numeracji, tylko wprowadzają lokalne nazwy geograficzne, co utrudnia przestrzenne orientowanie się.
- sposób przeliczania analiz chemicznych na wzory minerałów został tylko raz podany na stronie 31 rozprawy, a brak jest tej niezbędnej informacji w tabelach załączników, gdzie są zamieszczone wyniki analiz w mikroobszarze.
- podane zostało na stronie 31, że wzory strukturalne piroksenów obliczono na 13 tlenów, a powinno być na 4 kationy lub 12 tlenów - pytanie w jaki sposób?
- na str. 32 w zastosowanym modelu NCFMASHTO i podobnego modelu z K, nie uwzględniono rozdziału żelaza na FeO i Fe₂O₃.
- w opisie jasnych lamin Pl-Ep opisany został klinopiroksen z którym związane są "znaczne ilości rozproszonego rutylu stowarzyszonego z tytanitem, brązowych tlenków żelaza oraz minerałów nieprzezroczystych". Wskazuje to na rozpad wcześniejszych faz mineralnych bogatych w tytan, co powinno zostać w jakiś sposób skomentowane w rozprawie.

- strona 46 - błędna nazwa plagioklazu An_{45-49} - jest podany labrador a winno być andezyn.
- krzemian żelaza o wzorze $Fe_{3,4-3,5}Si_{2,8}O_{10}$ może być artefaktem analitycznym, bo nie istnieje taki minerał.
- na diagramach klasyfikacyjnych i dyskryminacyjnych, przedstawiających metabazyty KOŚ jest zróżnicowana ilość analiz od 14 do 17 - skąd taka rozbieżność?

4/ Podsumowanie i konkluzja

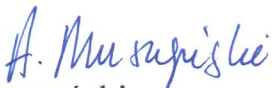
Pomimo powyższych uwag, moja ogólna ocena rozprawy doktorskiej mgr Maksymilina Twyrdy jest pozytywna. Doktorant posiada duży zakres wiedzy teoretycznej, wykazuje się pasją do pracy naukowej. Opanował szeroki wachlarz warsztatu mineralogiczno-petrologicznego oraz współczesnego warsztatu tektoniki i mikrotektoniki.

Część terenowa z obserwacjami tektonicznymi i całą dokumentacją jest spójna i nawiązuje do przyjętych teoretycznych założeń tektoniki, jak również do stosowanej obecnie praktyki w zakresie mikrotektoniki.

Część mineralogiczno-petrologiczna jest graficznie dobrze przedstawiona, chociaż zawiera ten istotny dyskusyjny element.

Część geochemiczna nawiązuje do stosowanych w petrologii sposobów analitycznych i przedstawiania wyników na różnorodnych diagramach. Interpretacja wyników uszczegóławia w kilku punktach wcześniejsze poglądy badaczy tego regionu.

Uważam, że przedłożona rozprawa doktorska jest opracowaniem spełniającym wymogi ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.Nr 65, poz. 595). Wnoszę zatem do Wysokiej Rady o dopuszczenie mgr Maksymiliana Twyrdego do publicznej obrony.



Andrzej Muszyński