

Wrocław 17 marca 2021 r.

dr hab. Jacek Szczepański, prof. nadzw. UWr.

Instytut Nauk Geologicznych

Uniwersytet Wrocławski

PL. M. Borna 9

50-204 Wrocław

jacek.szczepanski@uwr.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Michała Bukały pt. „Subduction processes recorded by the Baltica outer margin in the Scandinavian Caledonides”.

Recenzowana rozprawa została przygotowana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 25 stycznia 2021 r. Promotorem dysertacji jest dr hab. inż. Jarosław Majka, prof. AGH. Oceniana praca składa się z czterech opublikowanych artykułów. Doktorant jest pierwszym autorem trzech pierwszych artykułów i drugim autorem w ostatnim zamieszczonym w dysertacji artykule. Omawiane publikacje zostały poprzedzone wprowadzeniem przygotowanym w języku angielskim, które liczy 32 strony. Ponadto w pracy znajdujemy abstrakt napisany w języku polskim i angielskim oraz listę wykorzystanych skrótów. Do pracy załączone zostały deklaracje współautorów potwierdzające ich wkład procentowy w powstanie omawianych publikacji. Przedstawiona rozprawa swym układem i treścią spełnia ogólnie przyjęte standardy pracy doktorskiej.

Oceniana praca doktorska ma charakter nie tylko regionalny, ale także uniwersalny, co niewątpliwie należy ocenić jako jej zaletę. W rozprawie Doktorant podjął badania nad zrozumieniem procesów zachodzących w subdukowanym płacie litosfery na przykładzie skał pasywnej krawędzi kontynentu Baltiki odstawiających się w obrębie kaledonidów skandynawskich. Przy czym do zrealizowania tego celu Doktorant zastosował szeroką paletę technik badawczych, których celem było odtworzenie zapisu metamorfizmu, zapisu mikrostrukturalnego oraz wieku opisywanych w rozprawie wydarzeń metamorficznych. Wspomniane techniki badawcze obejmują: konwencjonalną geotermobarometrię,

termometrię pierwiastków śladowych, elastobarometrię, modelowanie termodynamiczne, dyfrakcję elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD), wspomaganą komputerowo mikrotomografię (μ CT) oraz datowania cyrkonu za pomocą metody U-Pb. Cel pracy został osiągnięty, a przedstawione interpretacje są dobrze udokumentowane i poprawne.

Ponieważ recenzowana rozprawa doktorska jest zbiorem opublikowanych i recenzowanych artykułów to moim zadaniem jest ogólna ocena osiągnięcia naukowego Doktoranta. Z tego względu poniżej przytoczę tylko krótką charakterystykę i ocenę przedstawionych artykułów oraz poprzedzającego je wstępu.

Wstęp wprowadza w problematykę poruszaną w artykułach składających się na ocenianą dysertację. Doktorant przedstawia hipotezy naukowe i cele badawcze postawione podczas prac nad rozprawą, a także podsumowuje osiągnięte wyniki. Lektura tej części dysertacji wskazuje, że głównym celem prowadzonych w ramach pracy doktorskiej badań było odtworzenie zapisu metamorfizmu oraz wieku głównych wydarzeń metamorficznych zachowanych w kompleksie płaszczowin Seve odsłaniającego się na obszarze kaledonidów skandynawskich. Dodatkowo Doktorant w swoich pracach porusza szereg interesujących zagadnień, które są przez niego traktowane jako cele poboczne, a które, co warto zaznaczyć, są ważnymi problemami aktualnie dysutowanymi w literaturze naukowej. Należą do nich:

- zagadnienie metastabilności paragenez mineralnych,
- zjawisko sejsmometamorfizmu,
- proces pogrążania skał w strefach subdukcji i ich ekshumacji z dużych głębokości.

Omówienie wymienionych problemów naukowych wraz z odniesieniami do poszczególnych publikacji jest klarowne i dobrze zilustrowane. Ta część rozprawy została przygotowana starannie i odzwierciedla zawartość opublikowanych prac.

Artykuł nr 1 jest zatytułowany „Brittle Deformation During Eclogitization of Early Paleozoic Blueschist” został opublikowany w czasopiśmie *Frontiers in Earth Sciences*, w którym Doktorant jest pierwszym autorem w dziesięciosobowym zespole. Udział Doktoranta w pracach nad tym artykułem został oceniony na 40%. W tej pracy na przykładzie eklogitów odsłaniających się na obszarze hrabstwa Norbotten w przekonujący sposób został przedstawiony interesujący problem dehydratacji wywołanej reakcjami mineralnymi zachodzącymi w subdukowanym płacie litosfery. Dodatkowo doktorant poruszył problem związanej z dehydratacją kruchej deformacji prawdopodobnie będącej objawem zjawisk sejsmicznych jednoczesnych z subdukcją. W tej pracy wykorzystano wyniki badań przy użyciu konwencjonalnej geotermobarometrii, termometrii pierwiastków śladowych, wspomaganą komputerowo mikrotomografii (μ CT) oraz dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD). Praca

jest bardzo dobrze napisana i ma bardzo dużą wartość naukową, a załączona dokumentacja graficzna i tabelaryczna jest starannie wykonana i przekonywująca.

Artykuł nr 2 zatytułowany „UHP metamorphism recorded by phengite eclogite from the Caledonides of northern Sweden: P–T path and tectonic implications” został opublikowany w *Journal of Metamorphic Geology*. Doktorant jest tu pierwszym autorem, z 55% udziałem w dziewięcioosobowym zespole. Na uwagę zasługuje fakt, że czasopismo to cieszy się wysokim uznaniem w środowisku petrologów metamorficznych. W tym artykule detalicznym badaniom poddane zostały eklogity zespołu płaszczowin Seve odsłaniające się na obszarze hrabstwa Norbotten przy użyciu konwencjonalnej geotermobarometrii, termometrii pierwiastków śladowych, elastobarometrii oraz modelowania termodynamicznego. Uzyskane wyniki doprowadziły autorów do wniosku, że badane skały zarejestrowały metamorfizm typowy dla stref subdukcji, a maksimum ciśnieniowe metamorfizmu miało miejsce w warunkach ultrawysokichciśnień. Ten artykuł jest bardzo dobrze napisany, a materiał graficzny i dane liczbowe ujęte w tabelę stanowią bardzo dobrą dokumentację. To w tej pracy pojawia się wątek możliwej metastabilności faz mineralnych wzdłuż zarejestrowanej ścieżki P-T. Przyczyną postawienia takiej hipotezy jest niezgodność wyników uzyskanych za pomocą elastobarometrii i pozostałych metod petrologicznych. Wspomniana niezgodność osiąga wartość rzędu 15 kbar. Nie mam zastrzeżeń do takiej interpretacji opisanych danych, choć zastanawiam się nad innymi możliwymi sposobami wytłumaczenia tego fenomenu. Ciekawi mnie jednak wyjaśnienie znaczenia wyników modelowania termodynamicznego w tym kontekście. Wykonując modelowanie termodynamiczne zakładamy równowagę termodynamiczną pomiędzy fazami mineralnymi, której istnienie w tym przypadku autorzy poddają w wątpliwość.

Artykuł nr 3 pt. „U-Pb Zircon Dating of Migmatitic Paragneisses and Garnet Amphibolite from the High Pressure Seve Nappe Complex in Kittelfjäll, Swedish Caledonides” został opublikowany w czasopiśmie *Minerals*. Doktorant jest pierwszym autorem spośród sześciu, a jego udział w powstaniu tej publikacji wynosi 55%. Badaniom poddane zostały migmatyczne paragnejsy oraz granatonośne amfibolity odsłaniające się na obszarze hrabstwa Västerbotten przy użyciu termometrii pierwiastków śladowych oraz datowania cyrkonu metodą U-Pb przy użyciu multikolektorowego spektrometru masowego sprzężonego z indukcyjnie wzbudzoną plazmą. Badania te w przekonujący sposób pozwoliły na ustalenie wieku wywołanej dekompresją migmatyzacji, która miała miejsce w warunkach facji granulitowej. Ten artykuł w mojej opinii nieznacznie in minus odbiega od dwóch omówionych dotychczas publikacji, ale dobrze wpasowuje się w cały cykl publikacyjny. Nie znalazłem tu informacji dotyczącej sposobu obliczania konkordancji oraz limitów detekcji poszczególnych pierwiastków. Ta ostatnia informacja jest niezbędna w interpretacji części uzyskanych wyników. Rozumiem, że rezygnacja z rozważań dotyczących wieku cyrkonów odziedziczonych i tym samym dociekań

dotyczących proveniencji materiału budującego protolit badanych skał wynika z niewielkiej liczby przeanalizowanych ziaren cyrkonu. Autorzy jednak nie informują nas co było przyczyną takiego stanu rzeczy. Niestety w ten sposób ewidentnie utracona została interesująca informacja, którą przy okazji prowadzonych badań można było relatywnie łatwo pozyskać.

Artykuł nr 4 jest zatytułowany „Decompressional equilibration of the Midsund granulite from Otrøy, Western Gneiss Region, Norway” został opublikowany w czasopiśmie *Geologica Carpathica*, a Doktorant jest tu drugim autorem, z 40% udziałem w pięcioosobowym zespole. Przyznaję, że zaskakujące dla mnie jest publikowanie prac dotyczących wczesopaleozoicznych orogénów w czasopiśmie, którego tytuł sugeruje raczej zainteresowanie młodymi orogénami. Badaniom opisanym w tym artykule poddane zostały granulity odsłaniające się na obszarze Western Gneiss Region. W badaniach wykorzystano stosunkowo ubogi zestaw metod, który obejmował wyłącznie modelowanie termodynamiczne, czego nie należy traktować jako zarzut. Autorom udało się ustalić, że omawiane granulity zachowały zapis stosunkowo wysokotemperaturowego metamorfizmu, który przebiegał w relatywnie niskich ciśnieniach nie przekraczających 1,5 GPa. Warto zaznaczyć, że duża część skał omawianego fragmentu kaledonidów skandynawskich charakteryzuje się na ogół wyraźnie wyższymi ciśnieniami metamorfizmu przekraczającymi 2,5 GPa. Autorzy rozsądnie tłumaczą omawiane różnice jako zapis ekshumacji i związanej z nią dekompresji. Jednak biorąc pod uwagę brak własnych danych dotyczących wieku metamorfizmu należy je uznać za dopuszczalne spekulacje. Zwraca również uwagę problem z modelowaniem termodynamicznym. Jego rezultaty wskazują na obecność stopu w trakcie metamorfizmu omawianych skał, czego jednoznacznych dowodów nie obserwuje się w przebadanym zestawie próbek. W mojej opinii to zagadnienie jest stosunkowo słabo przedyskutowane w ocenianym artykule. Brakuje chociażby modelowania objętości stopu generowanego w trakcie metamorfizmu, co pozwoliłoby na liczbowe ujęcie opisywanej rozbieżności. Zastanawiający jest również związek omawianego artykułu z pozostałymi włączonymi w obręb ocenianej dysertacji. Badane granulity nie są interpretowane jako fragment kompleksu płaszczowin Seve.

Podsumowanie

Mgr Michał Bukała wykazał się umiejętnością zastosowania bardzo zróżnicowanych metod analitycznych i udowodnił, że dysponuje bogatym warsztatem badawczym. W arsenale jego umiejętności znajduje się zdolność poprawnej interpretacji danych uzyskanych przy pomocy konwencjonalnej geotermobarometrii, termometrii pierwiastków śladowych, elastobarometrii, modelowania termodynamicznego, dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD), wspomaganą komputerowo mikrotomografią (μ CT) oraz datowania cyrkonu za pomocą metody U-Pb.

Mgr Michał Bukała wykazał również, że potrafi z sukcesem zarządzać badaniami sporych zespołów naukowych. Analiza dorobku naukowego złożonego jako rozprawa doktorska wskazuje, że cele badawcze projektu doktorskiego zostały osiągnięte. Każda z prac przedstawionych jako dysertacja doktorska, przedstawia dobrą i bardzo dobrą wartość naukową, a figury zamieszczone w omawianych artykułach są odpowiednio dobrane i starannie wykonane. Mam wrażenie, że w cykl publikacyjny stanowiący dysertację doktorską, śmiało mogłyby wchodzić jedynie trzy pierwsze spośród omówionych prac, tj. te w których mgr Michał Bukała jest pierwszym autorem. Wydaje się, że związek ostatniego artykułu z pozostałymi pracami omawianej dysertacji jest stosunkowo najslabszy.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Michała Bukały stanowi oryginalne i nowoczesne opracowanie naukowe, które spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim w świetle Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuk" Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm. W związku z powyższym z prawdziwą przyjemnością wnioskuję o dopuszczenie mgr. Michała Bukały do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Jacek Szczepański, prof. nadzw. UW