

Wrocław 6 lipca 2023 r.

dr hab. Jacek Szczepański, prof. UWr.

Instytut Nauk Geologicznych

Uniwersytet Wrocławski

PL. M. Borna 9

50-204 Wrocław

jacek.szczepanski@uwr.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. Tomasza Powolnego pt. „Petrogeneza wulkanitów permskich z niecki śródsudeckiej i produktów ich przeobrażeń”.

Recenzowana rozprawa została przygotowana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 24 kwietnia 2023 r. Promotorem dysertacji jest dr hab. inż. Magdalena Dumańska-Słowik. Oceniana rozprawa składa się z dwóch części, tj. nierecenzowanego manuskryptu (zwanego dalej Wstępem), który zawiera opis osiągnięcia naukowego w tym dane do tej pory nieopublikowane lub będące przedmiotem aktualnych prac badawczych oraz części drugiej, na którą składa się cykl trzech opublikowanych artykułów, w których Doktorant jest pierwszym autorem. Wstęp został przygotowany w języku polskim i angielskim i liczy 41 stron w polskiej wersji językowej. Do rozprawy załączone zostały deklaracje współautorów potwierdzające ich wkład procentowy w powstanie omawianych publikacji. Przedstawiona dysertacja swym układem i treścią spełnia ogólnie przyjęte standardy pracy doktorskiej.

We Wstępie Doktorant wprowadza w problematykę poruszaną w artykułach składających się na ocenianą dysertację, przedstawia regionalny aspekt związany z występowaniem wulkanitów na obszarze dzisiejszej Polski, a szczególnie synklinorium śródsudeckiego, zapoznaje czytelnika z pojęciem spilityzacji skał wulkanicznych, omawia cel i zakres pracy, stawia hipotezy badawcze, omawia metodykę badań, opisuje uzyskane wyniki badań (zarówno te już opublikowane jak i te, które oczekują na publikację), przedstawia konkluzje oraz perspektywy i kierunki dalszych badań. Ta część rozprawy poprzedzona jest abstraktem napisanym w języku polskim i angielskim oraz abstraktem graficznym

również w dwóch wersjach językowych. Ten ostatni jest świetnym podsumowaniem ocenianego osiągnięcia naukowego.

Wstęp generalnie odzwierciedla zawartość opublikowanych prac, ale jest też jej najśłabszą częścią. Moje zastrzeżenia do Wstępu mają charakter merytoryczny, ale głównie odnoszą się do użytej terminologii lub słabej znajomości zagadnień regionalnych, a niekiedy są krytyką niezbyt fortunnnych sformułowań. A zatem mają one różną rangę, ale w żaden sposób nie wpływają na ostateczną dobrą ocenę dysertacji.

Przykładowo we wprowadzeniu do Wstępu dowiadujemy się, np. że „... dawny wulkanizm odcisnął znaczące piętno na historii geologicznej naszego kraju w przeciągu ostatnich 600 mln lat”. Przytoczone zdanie jest zabawnym skrótem myślowym, z którego nieopatrzny czytelnik może wysnuć błędny wniosek, że obszar naszego kraju istniał już 600 mln lat temu. Kilka zdań dalej Doktorant charakteryzuje krótko etapy wulkanizmu odsłaniającego się na obszarze Polski, przytaczając ich wiek. Problem jednak w tym, że wiek wspomnianych etapów wulkanizmu został podany w postaci pojedynczych liczb, a nie przedziałów czasowych. Wynika z tej części tekstu, że przykładowo wulkanizm staropaleozoiczny miał miejsce ok. 500 mln lat temu, a najmłodsze wulkany trzyciorzędowe (zwracam Doktorantowi uwagę, że termin trzeciorzęd już wyszedł z użycia) powstały wyłącznie ok. 20 mln lat temu. W konsekwencji, pomimo deklaracji Doktoranta w kolejnym zdaniu, do żadnej grupy wiekowej nie da się zakwalifikować law związanych z ofiolitami środkowosudeckimi datowanymi na ok. 400 Ma (Awdankiewicz et al., 2021). Nie bardzo też wiadomo jak w tym podziale lokują się bazalty z okolic Lutyni w masywie Śnieżnika datowane na ok. 4,5 Ma (Pańczyk et al., 2023)? Sporadycznie zdarzają się także cytowania prac, które nie zawierają materiału źródłowego. Dobrym przykładem jest powołanie się na pracę Niedźwiedzkiego w kontekście wulkanitów Opolszczyzny, czy też przywoływanie pracy Smulikowskiego dotyczącej genezy glaukofanu niezwiązanej z metamorfizmem facji niebieskich łupków. O ile ideę taką Smulikowski rzeczywiście zasugerował w cytowanej pracy, to jednak nie prowadził on żadnych studiów w tym zakresie. Dodatkowo późniejsze prace jasno pokazały istnienie zapisu metamorfizmu wysokich ciśnień i niskich temperatur zachowanego w skałach tego obszaru (Žáčková et al., 2010; Jeřábek et al., 2016).

W kolejnej części Wstępu Doktorant omawia zjawisko spilityzacji. Ogólnie jest to dobry opis zjawiska. Zastanawia mnie jedynie czy rzeczywiście zasadowe plagioklasy mogą być znaczącym źródłem żelaza?

W dalszej części Wstępu Doktorant omawia cel pracy, którym jest „rekonstrukcja ewolucji kontynentalnych wulkanitów permskich z obszaru niecki śródsudeckiej (Dolny Śląsk, pld.-zach. Polska), począwszy od procesów generowania magm, poprzez ich różnicowanie, procesy frakcyjnej

krystalizacji i/lub asymilacji skał otaczających, a skończywszy na pomagmowych procesach przeobrażeniowych”. Cel ten jest rozpisany na szereg szczegółowych celów badawczych, a właściwie zadań niezbędnych do realizacji celu głównego. Jest to konstrukcja klarowna. Natomiast w kontekście założeń pracy moją uwagę zwracają hipotezy badawcze wśród których brakuje tych, które odnosiłyby się do petrogenyzy badanych wulkanitów permskich. W mojej opinii to pokazuje, że doktorant faktycznie skupił się na opisanu zjawisk związanych z przeobrażeniami wulkanitów permskich. Pomimo tych zastrzeżeń uważam, że cel pracy został osiągnięty, a przedstawione interpretacje są generalnie poprawne. W tej części dowiadujemy się również, że wszystkie pobrane do badań próbki skalne pochodzą z trzech nieczynnych już kamieniołomów określonych w pracy jako Borówno, Głuszycza i Świerki.

W rozdziale czwartym Wstępu, który jest poświęcony zagadnieniom związanym z budową geologiczną obszaru badań, Doktorant źle posługuje się terminologią regionalną. Jako przykłady mogę wymienić:

- (1) użycie terminu niecka śródsudecka czy też depresja śródsudecka zamiast synklinorium środsudeckie (Żelaźniewicz and Aleksandrowski, 2008),
- (2) niezbyt dokładny opis odstaniających się obecnie na powierzchni Ziemi masywów krystalicznych stanowiących obszary ramowe synklinorium śródsudeckiego, w którym zabrakło pasma kaczańskiego, a z niezrozumiałych powodów zamiast bloku czy masywu karkonosko-izerskiego czy szerzej łużycko-izerskiego wymienione są Karkonosze,
- (3) nie do końca dobrze rozpoznane w literaturze zagadnienie podłoża krystalicznego, na którym zdeponowane są osady wypełniające dzisiaj synklinorium śródsudeckie (np. Chopin et al., 2012; Mazur et al., 2005; oraz starsze prace wymienione w tym ostatnim artykule),
- (4) posługiwanie się pojęciem cykli wulkanicznych zaproponowanych w pracach Kozłowskiego z przełomu lat 50-tych i 60-tych ubiegłego stulecia, bez ich bliższej charakterystyki i uzasadnienia w sytuacji kiedy dysponujemy już znacznie nowszymi danymi,
- (5) niefortunne sformułowania odnoszące się do skomplikowanej historii tektonotermicznej sekwencji krystalicznych odstaniających się na obszarze Masywu Czeskiego poparte cytowaniami prac odnoszącymi się wyłącznie do stosunkowo młodych, bo rozgrywających się w mezozoiku, wydarzeń z pominięciem paleozoicznej historii wspomnianego masywu,
- (6) niezbyt fortunne sformułowanie odnoszące się do źródeł magmy, które według Autora stanowiły prawdopodobnie wulkany i erupcje szczelinowe.

Rozdział nr 5 Wstępu opisujący metodykę badań wskazuje, że do zrealizowania założonego celu głównego pracy Doktorant zastosował szeroką paletę technik badawczych, które obejmują wykorzystanie m.in.: skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), mikroanalizatora rentgenowskiego (EPMA), proszkowej dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), konwencjonalnej geotermobarometrii (GTB), badań spektroskopowych przy użyciu katodoluminescencji (CL), spektroskopii ramanowskiej, fluorescencji rentgenowskiej w mikroobszarze (μ XRF) oraz badań geochronologicznych metodą trakową (AFT).

W rozdziale szóstym Wstępu znajdują się wyniki badań, a w tym opisy faz mineralnych, obserwacje katodoluminescencyjne, geotermometria chlorytowa, geochemia pierwiastków głównych i śladowych oraz datowania apatytów metoda trakową. Niestety pomimo deklaracji autora w omawianym rozdziale brakuje opisów petrograficznych próbek skalnych pobranych do dalszych badań. Natomiast zamieszczone w tym rozdziale opisy faz mineralnych są mieszkanką opisów faz pierwotnych oraz wtórnych. Taka konstrukcja rozdziału jest moim zdaniem niewłaściwa i wywołuje u czytelnika uczucie chaosu. W pierwszej kolejności Doktorant powinien przedstawić opis wulkanitów pozbawionych zmian wtórnych oraz faz mineralnych, które je budują. W ten sposób opis zmian, będących skutkiem procesów wtórnych, byłby znacznie łatwiejszy do wykonania, ale, co ważniejsze, znacznie też łatwiejszy do przyswojenia sobie przez czytelnika.

Rozdział siódmy Wstępu obejmuje dyskusję wyników badań. Jednak oprócz danych, które znalazły się w opublikowanych już artykułach zamieszczony został w tej części także podrozdział dotyczący geotermometrii amfibolowo-plagioklazowej. Jest to o tyle zaskakujące, że wyniki obliczeń przy użyciu geotermometrii chlorytowej znalazły się, i słusznie, w rozdziale opisującym wyniki badań. Moja druga wątpliwość dotyczy z kolei badań geochemicznych. Próbki badane przez Doktoranta pochodziły z trzech nieczynnych kamieniołomów, które są zlokalizowane w wychodni skalnej o stosunkowo dużej rozciągłości. Dlatego zastanawiam się na ile zebrany przez Doktoranta zestaw próbek jest reprezentatywny dla całej omawianej wychodni skalnej? Zastanawiam się też czy dysponując zebrany przez siebie zestawem próbek skalnych i wykorzystanymi metodami badawczymi zbliżonymi do tego co zaprezentowane zostało w już opublikowanych pracach (Awdankiewicz, 1999; Awdankiewicz, 1999) doktorant miał realne szanse na udokumentowanie nieopisanych dotąd procesów związanych z genezą badanych wulkanitów. Chcę powiedzieć, że podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza związana z genezą opisywanych wulkanitów jest ważna, ale wydaje się, że zadanie to wymaga zastosowania metod do tej pory niewykorzystanych. W przeciwnym przypadku szanse na opisanie czegoś nowego są znikome. Chciałem też zapytać doktoranta czy reakcje spilitacji przedstawione w podrozdziale 7.1 Wstępu były bilansowane samodzielnie, czy też może jest to wynik kwerendy literatury?

Wstęp zamykają trzy rozdziały tj. dyskusja, konkluzje oraz perspektywy i dalsze kierunki badań.

Ponieważ druga część recenzowanej rozprawy doktorskiej jest zbiorem opublikowanych i zrecenzowanych artykułów to moim zadaniem jest ogólna ocena tej części osiągnięcia naukowego. Z tego względu poniżej przytoczę tylko krótką charakterystykę i ocenę przedstawionych artykułów.

Artykuł nr 1 jest zatytułowany „The petrogenesis of albitized Early-Permian trachyandesites from Świerki quarry (Lower Silesia, Poland) – constraints on spilitization supported by mineralogical and geochemical data” został opublikowany w czasopiśmie Lithos. Doktorant jest w tej pracy pierwszym autorem w trzyosobowym zespole, a jego udział w pracy nad tą publikacją został oceniony na 70%. Opisywana praca dotyczy rekonstrukcji ewolucji permskich wulkanitów odślanających się w nieczynnym kamieniołomie w Świerkach oraz porusza problem mechanizmu spilityzacji i wywołanej przez ten proces redystrybucji pierwiastków głównych i śladowych. W tej pracy wykorzystano wyniki badań przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), analizy rentgenowskiej w mikroobszarze (EPMA), obserwacji katodoluminescencyjnych (CL) oraz komercyjnie uzyskane wyniki badań składu chemicznego całych próbek skalnych. Praca jest bardzo dobrze napisana i ma dużą wartość naukową, a załączona dokumentacja graficzna i tabelaryczna jest starannie wykonana i przekonująca. Niemniej jednak muszę przyznać, że spora część analiz minerałów załączonych do artykułu charakteryzuje się sumami tlenków wyraźnie poniżej 100%, co w przypadku minerałów nieuwodnionych jest zaskakujące i wymaga komentarza ze strony Autora. Zastanawiam się też czy przed opisaniem środowiska tektonicznego generowania magm doktorant nie powinien najpierw opisać wpływu procesu spilityzacji na skład chemiczny badanych wulkanitów. W mojej opinii taka kolejność byłaby bardziej logiczna. Pomimo swojej wcześniejszej deklaracji mam też zastrzeżenia do figur. Otóż wygląda a na to, że zaprezentowane w tej pracy diagramy geochemiczne są skonstruowane w oparciu o cztery próbki. To zaskakujące zważywszy na deklarację Autorów artykułu, która wskazuje, że praca została wykonana na podstawie badań 30 reprezentatywnych próbek. Z kolei tabela, w której zamieszczono skład chemiczny próbek wykorzystanych w omawianym artykule pokazuje wyłącznie analizy sześciu próbek. Przyznaję, że reprezentuję szkołę, w której Autorzy pokazują wszystkie dane, na których opiera się artykuł. Ta kwestia wymaga ze strony Doktoranta wyjaśnienia.

Artykuł nr 2 zatytułowany „Agate mineralization in spilitized Permian volcanics from “Borówno” quarry (Lower Silesia, Poland) – microtextural, mineralogical, and geochemical constraints” został opublikowany w czasopiśmie Ore Geology Reviews. Doktorant jest tu pierwszym autorem, z 75% udziałem w czteroosobowym zespole. W tej pracy wykorzystano obserwacje przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), obserwacje przy użyciu katodoluminescencji (CL), wyniki badań

uzyskane dzięki zastosowaniu spektroskopii ramanowskiej, wyniki badań wykonane za pomocą techniki fluorescencji rentgenowskiej w mikroobszarze (μ XRF) oraz komercyjnie uzyskane wyniki badań składu chemicznego całych próbek skalnych. W tym artykule autorzy koncentrują się na opisanu zmienności warunków fizykochemicznych w trakcie pomagmowej aktywności hydrotermalnej, oraz na opisanu potencjalnych źródeł fluidów będących nośnikami krzemionki odpowiedzialnej za powstanie agatów. Ponadto autorzy szczegółowo opisali skład mineralny i geochemię permskich wulkanitów, ze szczególnym naciskiem na ich wtórne zmiany, czyli spilityzację. Ten artykuł jest bardzo dobrze napisany, a materiał graficzny i dane liczbowe ujęte w tabele stanowią bardzo dobrą dokumentację. Metodę badawczą zastosowaną do odtworzenia genezy agatów uważam za właściwie dobraną, a uzyskane wyniki dobrze zinterpretowane. Niemniej jednak, podobnie jak w przypadku artykułu nr 1, mam wątpliwości co do liczby próbek, które doktorant wykorzystał w omawianym artykule. Zgodnie z deklaracją Autorów powinno to być 10 próbek skalnych oraz 30 próbek agatów. Jednakże, na załączonych diagramach geochemicznych dostrzegam punkty analityczne dla zaledwie trzech próbek skalnych i tyle samo analiz zaprezentowanych jest w tabeli pokazującej koncentracje pierwiastków głównych i śladowych. Ponadto, lektura omawianego artykułu wskazuje, że skład chemiczny agatów został przeanalizowany jedynie dla pięciu próbek. Powstaje w takim razie pytanie czy ta niewielka liczba analiz chemicznych pokazanych w formie tabelarycznej i graficznej rzeczywiście oznacza niewielką liczbę przeanalizowanych próbek?

Artykuł nr 3 zatytułowany „Origin and timing of spilitic alterations in volcanic rocks from Głuszycza Górna in the Intra-Sudetic Basin, Poland” został opublikowany w czasopiśmie scientific reports. Doktorant jest pierwszym autorem spośród czterech, a jego udział w powstaniu tej publikacji wynosi 68%. Autorzy opisywanej pracy postawili sobie za cel rekonstrukcję reakcji mineralnych odpowiedzialnych za proces spilityzacji zachodzący w środowisku kontynentalnym na przykładzie skał wulkanicznych odsłaniających się na obszarze synklinorium śródsudeckiego. W tym celu Autorzy wykorzystali obserwacje przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM), analizy rentgenowskiej w mikroobszarze (EPMA) oraz techniki katodoluminescencji (CL). Dane te posłużyły do obliczenia temperatur, w których dojdź mogło do spilityzacji przy użyciu geotermometrii chlorytowej. Ponadto zastosowano datowanie apatytów metodą trakową (AFT). Wyniki tych badań zostały zinterpretowane jako opisujące wiek procesów związanych ze spilityzacją. Natomiast, dane dotyczące koncentracji pierwiastków głównych i śladowych pozwoliły na zaproponowanie modelu rekonstrukcji ewolucji magmy i oszacowanie wpływu wtórnych przemian na modyfikację składu chemicznego pierwotnych wulkanitów. W tym artykule zwracają uwagę analizy chemiczne minerałów w mikroobszarze z których spora część charakteryzuje się sumami tlenków wyraźnie poniżej 100%, co w przypadku minerałów nieuwodnionych jest zaskakujące i wymaga komentarza ze strony Doktoranta.

Ponadto opisywany artykuł zawiera materiały dodatkowe w postaci suplementu, których Doktorant nie dostarczył jako część dokumentacji do oceny Recenzentowi. Na szczęście wspomniane materiały dodatkowe są dostępne na stronie czasopisma bez ograniczeń. Ten artykuł jest bardzo dobrze napisany, a materiał graficzny i dane liczbowe ujęte w tabelę stanowią bardzo dobrą dokumentację. Bardzo dobrze przedyskutowane są dane wiekowe uzyskane dzięki zastosowaniu metody trakowej. Jednakże w dyskusji wyników badań dotyczącej tego aspektu zabrakło mi odniesienia do wyników datowań uzyskanych metodą trakową, a przeprowadzonych dla skał karbońskiego basenu kulkowego wschodnich Sudetów. Opisywane wyniki uzyskane dla zachodniej części tego basenu mieszczą się w przedziale wiekowym 194 – 163 Ma i zostały zinterpretowane jako efekt adwekcyjnego podgrzewania skorupy kontynentalnej w trakcie jej rozciągania (Botor et al., 2017). Chciałbym, aby Doktorant ustosunkował się do tej interpretacji w odniesieniu do badanych przez niego skał i opisywanych procesów wtórnych. Ponadto, podobnie jak w przypadku poprzednich prac, moją uwagę zwróciły także diagramy i tabelę. Otóż po raz kolejny mam wrażenie, że geochemiczna część pracy została wykonana na podstawie analizy zaledwie siedmiu próbek. Natomiast analizy chemiczne chlorytów są zaprezentowane w postaci wartości średnich.

Podsumowanie

Mgr Tomasz Powolny wykazał się umiejętnością zastosowania szeregu metod analitycznych i udowodnił, że dysponuje bogatym warsztatem badawczym. Analiza dorobku naukowego złożonego jako rozprawa doktorska wskazuje, że cele badawcze projektu doktorskiego zostały osiągnięte. Uważam, że artykuły, będące zasadniczą częścią ocenianej dysertacji, są dobrej jakości i w sposób przekonujący opisują genezę przemian wtórnych, w tym także genezę wystąpień agatów, obserwowanych w wulkanitach odsłaniających się na obszarze synklinorium śródsudeckiego. I to właśnie te aspekty ocenianej dysertacji uważam za jej największe osiągnięcie.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Tomasza Powolnego 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 wnioskuję o dopuszczenie mgr. Tomasza Powolnego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. Jacek Szczepański, prof. UWr

Spis literatury

- Awdankiewicz, M., 1999. Volcanism in a late Variscan intramontane trough: the petrology and geochemistry of the Carboniferous and Permian volcanic rocks of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland. *Geol. Sudet.* 32, 83–111.
- Awdankiewicz, M., Kryza, R., Turniak, K., Ovtcharova, M., Schaltegger, U., 2021. The Central Sudetic Ophiolite (European Variscan Belt): precise U–Pb zircon dating and geotectonic implications. *Geol. Mag.* 158, 555–566. <https://doi.org/10.1017/S0016756820000722>
- Botor, D., Dunkl, I., Anczkiewicz, A., Mazur, S., 2017. Post-Variscan thermal history of the Moravo-Silesian lower Carboniferous Culm Basin (NE Czech Republic - SW Poland). *Tectonophysics* 712–713, 643–662. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.06.035>
- Chopin, F., Schulmann, K., Skrzypek, E., Lehmann, J., Dujardin, J.R., Martelat, J.E., Lexa, O., Corsini, M., Edel, J.B., Štípská, P., Pitra, P., 2012. Crustal influx, indentation, ductile thinning and gravity redistribution in a continental wedge: Building a Moldanubian mantled gneiss dome with underthrust Saxothuringian material (European Variscan belt). *Tectonics* 31. <https://doi.org/10.1029/2011TC002951>
- Jeřábek, P., Konopásek, J., Žáčková, E., 2016. Two-stage exhumation of subducted Saxothuringian continental crust records underplating in the subduction channel and collisional forced folding (Krkonoše-Jizera Mts., Bohemian Massif). *J. Struct. Geol.* 89, 214–229. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2016.06.008>
- Mazur, S., Aleksandrowski, P., Szczepański, J., 2005. The presumed Tepla-Barrandian/Moldanubian Terrane boundary in the Orlica Mountains (Sudetes, Bohemian Massif); structural and petrological characteristics. *Magmat. Metamorph. Evol. Variscan Orog. Crust* 82, 85–112.
- Pańczyk, M., Nawrocki, J., Aleksandrowski, P., Przybylski, B., 2023. Three age ranges of Cenozoic basaltic rocks from Lower Silesia (SW Poland) based on $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ step-heating data. *Int. J. Earth Sci.* 112, 725–740. <https://doi.org/10.1007/s00531-022-02269-z>
- Žáčková, E., Konopásek, J., Jeřábek, P., Finger, F., Košler, J., 2010. Early Carboniferous blueschist facies metamorphism in metapelites of the West Sudetes (Northern Saxothuringian Domain, Bohemian Massif). *J. Metamorph. Geol.* 28, 361–379. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.2010.00869.x>
- Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., 2008. Regionalizacja tektoniczna Polski - Polska południowo-zachodnia. *Przegląd Geol.* 56, 904–911.