

Sosnowiec, 23.05.2016r.

prof. dr hab. Łukasz Karwowski
Katedra Geochemii, Mineralogii i Petrografii
Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski
Ul. Będzińska 60
41-200 Sosnowiec

RECENZJA

*Pracy doktorskiej mgr Marty Skiścim
pt.*

„COMPARISON BETWEEN ALTERATION FEATURES IN BASALTS OUTCROPPING IN EXTREME CLIMATE CONDITIONS AND IMPLICATIONS FOR MARS”

*“Porównanie cech wietrzeniowych bazaltów z ekstremalnych warunków
klimatycznych i ich odniesienie do Marsa”*

Recenzowana rozprawa doktorska jest liczącym 105 stron dziełem naukowym stanowiącym studium wietrzenia bazaltów ziemskich w aspekcie porównawczym względem warunków marsjańskich. Dzieło to podzielone formalnie na 9 rozdziałów, spis literatury, listę rycin, tabel oraz równań. Całość opatrzona jest streszczeniem w języku polskim (cała praca jest napisana po angielsku) i jest *de facto* trójdzielna. Składa się z rozdziałów wstępnych opartych głównie na przedstawieniu warunków wietrzeniowych i opisie próbek, dyskusji uzyskanych wyników badań autorki oraz załączniku przedstawiającego dane narzędzi związanych z mikroskopią sił atomowych (AFM). Rozdział 1 wprowadza czytelnika w problematykę dysertacji- zastosowania obrazów AFM do badania i charakterystyki wietrzenia skał litych- marsjańskich. Rozdział drugi opisuje klimat marsjański. Kolejny rozdział (trzeci) charakteryzuje skały maficzne na Marsie. Czwarty rozdział to porównanie wietrzenia bazaltów w różnych warunkach klimatycznych na Ziemi, po to aby później dywagować nt. podobnych procesów ale zachodzących na Marsie. Kolejne dwa rozdziały: piąty i szósty, charakteryzują odpowiednio wybrane metody badawcze oraz opasują próbki. Rozdziały od siódmego do dziewiątego są zasadniczymi jako, że przedstawiają wyniki otrzymanych badań Autorki oraz ich autorską interpretację oraz wyniki. Stanowią ok 60% całości dzieła. Na końcu pracy autorka prezentuje spis literatury cytowanej obejmujący 142 pozycje będące głównie artykułami naukowymi.

Uwagi zawarte w przedkładanej recenzji można podzielić na dwa typy: typ pierwszy- **formalny**, który charakteryzuje ocenę układu pracy, kolejności rozdziałów i podrozdziałów,

poprawności stylistycznej i gramatycznej, cytowani oraz typ drugi- **merytoryczny**, zawierający uwagi odnoszące się do treści pracy.

1 Ocena formalna pracy

Formalne elementy rozprawy oceniam bardzo dobrze. Układ rozprawy jest prawidłowy. Wywody są spójne i tworzą logiczny ciąg. Dobór metod badań był zasadny, a ich wykorzystanie właściwe. Materiał ilustracyjny – ryciny, wykresy umieszczone są w tekście w poszczególnych rozdziałach i podrozdziałach i posiadają numerację zgodną z numerami podrozdziałów. Konsekwencją takiej numeracji, gdzie rycina ma numer rozdziału powoduje, że może nastąpić brak pewnych figur w spisie treści, tak jak ma to miejsce w niniejszej dysertacji (brak figur z nr 1). W momencie publikacji w specjalistycznym czasopiśmie naukowym, ten typ numeracji nie będzie akceptowalny. Autorka powinna pamiętać, aby to zmienić podczas przygotowanie tekstu do czasopisma w przyszłości. Wszystkie ryciny podpisane są w tekście. Przyczynia się to do łatwej dostępności dokumentujących fotografii, wykresów i tabel. Jakość materiału dokumentacyjnego (ryciny, wykresy, fotografie) jest na ogół bardzo dobra i stanowi doskonale uzupełnienie tekstu. W przypadku dokumentacji fotograficznej fragmentów badanych bazaltów (fig. 6.1, 6.3) wielkość zdjęć wydaje się zbyt mała, co przedkłada się na ich nieczytelność. Autorka miała do dyspozycji całą stronę A4! Niedopatrzeniem edytorskim Autorki rozprawy jest stosowanie przecinków i kropek w skalach liniowych podpisujących zdjęcia (najczęściej AFM). Jeżeli Autorka napisała pracę w języku angielskim, to przypuszczam, że powinna stosować we wszystkich danych niepełnych liczbowych kropkę. Zatem należałoby usunąć przecinki m.in. rycin: 6.5, 6.7. Dodatkowo, w celu ujednolicenia skali powinno oddzielać się jej jednostkę (nm, μm) od wartości liczbowej spacją, czego nie ma na figurach: 6.6a, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10. W przypadku figury 7.3, która przedstawia zdjęcia mikroskopowe (mikroskop polaryzacyjny) oraz zdjęcia BSE (elektronowy mikroskop skaningowy) zaznaczone są obszary (w postaci białych prostokątów), które w moim domyśle pokazują obszary kolejnych zdjęć- jest to enigmatyczne. Na zdjęciu *a* tej samej figury nie ma skali. Rozumiem, że można ją „pobrać” ze zdjęcia *b*, lecz jest to nie wygodne, gdyż są to dwa zdjęcia (obrazy) uzyskane za pomocą różnych narzędzi o innych rozdzielczościach.

Rozprawa jest napisana zwięźle i jasno. Mimo zwięzłości nie stwierdziłem skrótów myślowych, dzięki czemu bez problemu można śledzić tok rozumowania Autorki. Praca napisana jest poprawnym językiem angielskim. Rozprawę czyta się bardzo dobrze. Drobne literówki i powtórzenia nie wpływają na jej jakość (np. str. 39 jest „Nichols”, powinno być „Nicols”; str. 63, w jednym zdaniu użyty dwukrotnie wyraz „uniformly”).

Jedyna istotniejsza uwaga krytyczna dotyczy braku rozdziału czy akapitu, który dobrze nakreśliłby i wyodrębnił cele badawcze oraz odseparował je od zadań badawczych. Tę funkcję, w mniemaniu Autorki pełni rozdział pierwszy, jest jednak on niewystarczający. Na usprawiedliwienie Autorki dodam, że szereg naukowców miesza cele badawcze z zadaniami służącymi jego osiągnięciu. Dzieje się to nie tylko w przypadku rozpraw doktorskich czy habilitacyjnych, ale przede wszystkim w wielu artykułach naukowych.

2 Ocena merytoryczna pracy

2.1 Zalety pracy

Zasadniczym celem pracy była charakterystyka i porównanie wietrzenia bazaltów ziemskich w różnych warunkach klimatycznych i wskazanie aplikacyjności użytych badań w odniesieniu do skał marsjańskich. Cel został przez Autorkę osiągnięty, a sformułowane przez nią wnioski są uzasadnione przedstawionymi i zinterpretowanymi wynikami obserwacji i badań. Powstała nader nowoczesna rozprawa naukowa wykraczająca poza zakres regionalny, a nawet globalny, patrząc z perspektywy naszej planety.

Dopóki człowiek lub rezultat ludzkiej technologii nie będzie w stanie stanąć na *czerwonej planecie* i wrócić stamtąd z próbkami, nasze badania i często daleko idące wnioski musimy opierać na porównaniu zjawisk, procesów czy reakcji w analogicznych warunkach ziemskich. Jeśli już mamy namacalne fragmenty materii pozaziemskiej w postaci drobnych fragmentów o niewyobrażalnie wielkiej wartości naukowej, musimy sięgać po coraz bardziej finezyjne narzędzia badawcze. Doskonałymi przyrządami do wspomnianych zadań jest zaproponowana przez Autorkę kombinacja mikroskopii sił atomowych (AFM) oraz skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Są to potężne narzędzia badawcze, które coraz częściej stają się standardem w renomowanych laboratoriach, a ich ciągła modyfikacja pozwala schodzić z rozdzielczością do coraz mniejszych obiektów. Zdaniem recenzenta do najważniejszych wniosków natury ogólnej, przydatnych petrologii związanej z wietrzeniem ziemskich i pozaziemskich skał typu bazaltów, jest stwierdzenie przez Panią mgr Martę Skiścim możliwości porównywania tych samych nanostruktur, głównie spękań i porowatości za pomocą AFM i SEM, co może mieć aplikacyjność w znacznej części rodziny nauk geologicznych. Na podkreślenie zasługuje również fakt, iż Autorka zaproponowała swój własny sposób przygotowania prób.

Rozprawa doktorska Marty Skiścim jest ważnym wkładem do poznania możliwości aplikacyjnych, odtwarzania typów zmian wtórnych badanych skał jak i ich charakterystyki pod względem nanostruktury i topografii. Po raz pierwszy wskazała możliwość identyfikacji inicjalnych stadiów wietrzenia skał pochodzenia pozaziemskiego, na podstawie niewielkiej ilości próbek. Bez wątpienia powyższe informacje powinny zostać rozpowszechnione w literaturze międzynarodowej!

2.2 Uwagi krytyczne

Przedstawione niżej uwagi mają na celu poprawienie jakości pracy, zwłaszcza jeżeli rozprawa ma zostać opublikowana w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Żadna z podanych uwag nie ujmuje wartości merytorycznej dysertacji doktorskiej, a ja jako Recenzent nie wymagam na nie odpowiedzi podczas publicznej obrony.

Niniejsza dysertacja doktorska to w istocie studium zmian wietrzeniowych, które są możliwe do identyfikacji i obserwacji za pomocą AFM. Czytając pracę, zwłaszcza jako geochemik, mineralog i petrograf w jednym ma się na uwadze pewien niedosyt geochemiczny. Już w streszczeniu dowiadujemy się, że w niniejszej pracy „*Pokazane zostało przejście od małych do ekstremalnie dużych powiększeń, uzupełnione o informacje o składzie pierwiastkowym próbek*”- jednak informacje te są bardzo ubogie. Co prawda w rozdziale 7 zostają przedstawione wyniki obserwacji SEM, nie tylko w postaci obrazów BSE ale map rozkładu pierwiastków i USZCZUPLONYCH w analizie tabel ze składem TYLKO dwóch analiz- po jednej dla plagioklazu, piroksenu i *de facto* nie wiemy jakie to są ich odmiany. W całej pracy pojawiają się zatem tylko cztery analizy chemiczne (Tab. 7.1 i 7.2). Autorka nie podaje informacji o składzie mineralnym, nawet na podstawie mikroskopii polaryzacyjnej. Wystarczyło zrobić planimetrię. Ponadto, często możemy przeczytać o wpływie wietrzenia np.

oliwinów, na zmiany tekstualne skały, więc dodanie składu oliwinu i określenie jego członu wzbogaciło walory pracy. Przedstawione zdjęcia BSE tylko w dwóch przypadkach mają podpisane fazy za pomocą symboli (Fig. 7.4a i 7.6a). Obserwując wszystkie zdjęcia, zwłaszcza te o skali linowej 500 μm mają do 8 minerałów rozpoznanych na podstawie odcieni szarości. Czytelnik w wielu miejscach nie wie, czy czarna powierzchnia to jakiś minerał, szkliwo lub pustka. Wprowadzenie symboli minerałów- ich skrótów polepszyłoby czytanie zdjęć BSE i uatrakcyjniło całą pracę.

W tekście, przy słabym opisie petrologicznym czy raczej chemicznym (np. str. 63) czytamy: *"The carbon is distributed uniformly, whereas potassium and titanium are distributed uniformly outside large plagioclase crystal, also bypassed by iron concentrated in pyroxenes and magnesium concentrated in olivines. The area rich in aluminium corresponds to plagioclase crystals. Degraded areas are slightly richer in oxygen"*; tłum. wg Recenzenta: *Węgiel jest rozmieszczony równomiernie (w całej próbce), natomiast potas i tytan są rozmieszczone na zewnątrz dużych kryształów plagioklazów, które są otoczone przez pirokseny wzbogacone w żelazo. Natomiast magnez związany jest z oliwinami. Obszary (tłumaczenie bezpośrednie) zdegradowane są lekko wzbogacone w tlen.* Opis ten powstał w oparciu o mapy rozkładu pierwiastków SEM. Mapa rozkładu dla bazaltów Ogaden, w przypadku O, Si, C, P, Mn, i w zasadzie K nie pokazuje nic. Podobna sytuacja jest widoczna dla bazaltów Udokan (szczególnie Na, Si, K, Ca). Autorka pracy powinna mieć na uwadze, że dystrybucja pierwiastków związana jest z ich podstawieniem w obrębie faz mineralnych. Jeżeli minerał wietrzeje chemicznie, to uwalniana pula pierwiastków będzie ponownie związana we wtórnych fazach. Z opisu map zamieszczonych w tekście wnioskujemy, że rozmieszczenie pierwiastków nie jest związane powinowactwem mineralnym, a jedynie dystrybucją a la mieszanina pierwiastków- co jest błędem.

Autorka poza ilością zaliczeń i napięciem przyspieszającym nie podaje innych danych odnośnie analizy SEM (w przypadku mapowania). Można się domyślać, że ciśnienie było takie same jak w opisie metodyki SEM, a zatem wyniosło 30 Pa ($\sim 0,225$ Torr). Nie mamy informacji jaki detektor był sprzężony z SEM. Jaki to był typ EDSu? W przypadku analiz przedstawionych w dwóch wspomnianych wcześniej tabelach nie mamy informacji na jakim spocie były uzyskane analizy i jaka była minimalna ilość zliczeń. Jaki był czas zliczeń dla pojedynczej analizy? Czy przy ciśnieniu 0,225 Torr, napięcie przyspieszające 30 keV nie jest zbyt duże dla uzyskania dobrej analizy (przy domniemanym spocie 5 lub 6 μm)? Mało tego, czy przy takiej energii, fazy wtórne, potencjalnie niestabilne nie wykazują interakcji z wiązką? Na te pytania można by odpowiedzieć sobie samemu, ale tylko przy podaniu w metodyce większej ilości danych.

Rozdział piąty traktujący o wybranych metodach analitycznych został potraktowany przez Autorkę zbyt szczegółowo. Przedstawiona rozprawa doktorska jest związana z bardzo specjalistycznym i poniekąd niszowym zagadnieniem, które mogą być charakteryzowane na podstawie wyników AFM i SEM. Jeżeli zainteresowany czytelnik, potencjalnie znawca tematu sięgnie po niniejszą publikację, postawy optyki kryształów w świetle spolaryzowanym, przy użyciu jednego lub dwóch polaryzatorów jak również interakcja elektronów z różnym materiałem mineralnym, będą mu dobrze znane. Objąśnianie jak działa polaryzacja, jak zbudowany jest elektronowy mikroskop skaningowy, czy jakie jest zastosowanie SEM w nawiązaniu do innych dziedzin nauki jest zbędne. Bark natomiast jest w opisie samej metodologii takich informacji jak np. rodzaj i model mikroskopu polaryzacyjnego czy wspomniane w poprzednim akapicie dane SEM. Pani mgr Marta Skiścim pokusiła się również o porównawcze zestawienie dwóch metod SEM vs. AFM w prostej tabeli. Jako wieloletni

użytkownik SEM i EMP (mikrosonda elektronowa) nie mogą się ze wszystkimi „za” i „przeciw” zgodzić. Są znane mikroskopy skaningowe, które: mogą pracować w atmosferze powietrza; próbka może być częściowo nieprzewodząca- przewodzący musi być materiał na który naklejamy próbkę i zmniejszamy próżnię (tzw. środowiskowe elektronowe mikroskopy skaningowe ESEM). Ponadto, w najnowszych wersja możemy obrazować w 3D, zwłaszcza jeżeli SEM jest wyposażony ruchomy stolik we wszystkich płaszczyznach i ma emisję polową. Dodatkowo można mrozić i podgrzewać próbki jak również badać strukturę faz krystalicznych.

Ostatnia uwaga dotyczy dwóch wniosków końcowych (nr 2 i 7). Pierwszy mówi, że: *„struktura minerałów zidentyfikowanych za pomocą SEM może zostać znaleziona (ponownie) i obserwowana za pomocą obrazów AFM o wysokiej rozdzielczości”*. SEM bez specjalistycznych dostawek (np. spektrometr Ramana, EBSD do badania linii Kikuchi'ego) nie jest w stanie rozpoznać struktury krystalicznej! Mam nadzieję, że wysunięty wniosek i jego dwuznaczność są związane z tłumaczeniem. W tym przypadku, użyty termin „*structure*” nie odnosi się do budowy wewnętrznej ciała stałego, jego stopnia uporządkowania przestrzennego, a do relacji teksturalnych powierzchni. W anglojęzycznej literaturze, do opisu skał, ich relacji wzajemnej komponentów często używa się zastępczo terminów struktura (*structure*) i tekstura (*texture*) (w przeciwieństwie do terminologii stosowanej w Polsce). Mam nadzieję, że Pani mgr Marta Skiścim omylnie zamieściła opisywany termin. Wniosek siódmy, będący stwierdzeniem, że: *„w niektórych przypadkach skład mineralny zwiętrzałych powierzchni może być wnioskowany tylko za pomocą nDEM”* nie jest prawdziwy. Wysuwanie takiego wniosku na podstawie dwóch próbek bazaltu jest wielce ryzykowne. Trzeba pamiętać, że bazalty to bardzo duża rodzina skał, która zawiera w sobie wiele skrajnych jak również podobnych typów. Różnice mogą być jakościowe i ilościowe pod względem mineralnym. Morfologia próbki, jej relief bez dodatkowych danych nie powie nam nic o składzie mineralnym.

Jak już wspomniałem wcześniej, **nie oczekuję** podczas otwartej dyskusji nad rozprawą doktorantki, **usłyszeć odpowiedzi** na pytania przedstawione powyżej. Ich rozważenie ma na celu pogłębienie walorów pracy, która (mam gorącą nadzieję) będzie opublikowana.

Podczas obrony publicznej, w ramach rekompensaty za uszczuplenie informacji geochemiczno-mineralogicznej w recenzowanej pracy, **oczekuję odpowiedzi na następujące pytanie**: *jak (teoretycznie) będzie wyglądało wietrzenie chemiczne trzech typów skał (bazalt alkaliczny niedosycony w krzemionkę, dunit i boninit) w warunkach podmorskich?* Proszę aby Pani mgr Marta Skiścim przedstawiła scenariusz pokazujący wietrzenie pod wpływem udziału wody (w przeciwieństwie do warunków marsjańskich) i uwzględniła w nim przemiany mineralne.

3. Podsumowanie

Założone cele badawcze zostały w pełni przez autorkę osiągnięte i krytycznie przedyskutowane. Rozprawa doktorska Pani mgr Marty Skiścim jest w pełni oryginalnym opracowaniem naukowym przedstawiającym wyniki jej badań porównaniem cech wietrzeniowych bazaltów mających pochodzenie w strefach klimatu o charakterze ekstremalnym w porównaniu do tychże samych skał ale pochodzenia marsjańskiego. Autorka mimo stosunkowo skromnego materiału badawczego (ilościowo) osiągnęła wyjątkowo interesujące wyniki dzięki zastosowaniu całego szeregu nowoczesnych metod badawczych. Wykazała w realizacji swej pracy bardzo duże zaangażowanie, dociekliwość oraz doskonałe opanowanie wszechstronnych i optymalnych metod badawczych. Cytowana literatura w przedłożonej pracy

– świadczy o doskonałym przygotowaniu literaturowym autorki. Wykazała się ona umiejętnościami prawidłowego a zarazem krytycznego interpretowania uzyskanych wyników i formułowania wniosków. Przytoczone wyżej drobne potknięcia nie wpływają na dobrą ocenę ogólną pracy.

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny dysertacja spełnia w pełni wymogi stawiane pracom doktorskim (ustawa z dnia 14.03.2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuk”, Dz. U. Nr 65, poz 595) i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Marty Skiścim do dalszej procedury przewodu doktorskiego i do publicznej obrony. Ponadto, stawiam wniosek o przewidziane przepisami wyróżnienie recenzowanej rozprawy za jej wyjątkową wnikliwość i uzyskane wyniki.

prof. Dr hab. Łukasz Karwowski

