

dr inż. Jarosław Majka, prof.<sup>1</sup>  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica  
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska  
Kraków, Polska  
oraz  
Uppsala University  
Department of Earth Sciences  
Uppsala, Szwecja

Länna, 26-06-2020

### **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Alicji Wudarskiej  
pt. „Exploring history of the early Archean Isua supracrustal belt (SW Greenland) by  
investigation of H and Cl isotopes in apatite”

Rozprawę doktorską Pani mgr Alicji Wudarskiej otrzymałem w formie zbioru publikacji wraz z załącznikami, poprzedzonego stosownym wprowadzeniem. Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Naukowej Instytutu Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk z dnia 30 kwietnia 2020 roku. Przedstawiona rozprawa swym układem i treścią spełnia ogólnie przyjęte standardy pracy doktorskiej sformatowanej, jako wspomniany wcześniej zbiór publikacji.

W przedstawionej rozprawie doktorskiej testowano hipotezę badawczą zakładającą, że apatyt w różnych litologiach archaicznego pasa suprakrustalnego Isua z Grenlandii zapisał różne sygnatury procesów geochemicznych, które miały udział w ukształtowaniu ówczesnego środowiska abiotycznego. Uznano, iż badania zapisu izotopowego wodoru i chloru w minerałach grupy apatyty mogą ujawnić pierwotne stosunki izotopowe, co z kolei dałoby wgląd w źródło składników lotnych, zwłaszcza wodoru we wczesnoarchaicznym środowisku. W trakcie badań przeprowadzonych przez doktorantkę okazało się, że założenia te były błędne, zaś zasadniczo wszystkie wykonane testy zweryfikowały postawioną hipotezę negatywnie. Czy to oznacza, że praca doktorska Pani mgr Wudarskiej jest ogólną porażką? Absolutnie nie! Dzięki tej pracy możemy uzyskać istotne, mające wartość uniwersalną, informacje o zachowaniu się składników lotnych w strukturze apatyty. Podobnie,

---

<sup>1</sup> Profesor AGH, associate professor Uppsala University, szwedzka habilitacja i polskie uprawnienia doktora habilitowanego.

uniwersalnie wartościowym jest produkt uboczny tej pracy, czyli opracowanie metodyki analitycznej dla izotopów chloru w apatycie przy użyciu mikrosondy jonowej oraz zdefiniowanie odpowiednich standardów (cytuując doktorantkę „materiałów odniesienia”) dla takiego typu analizy. Również w aspekcie lokalnej geologii, praca ta przynosi klucz do rozpoznawania apatytów o różnej genezie, a także uwypukla różnorodność badanej jednostki geologicznej. Nie muszę dodawać, że ta ostatnia budzi wielkie emocje wśród geologów zajmujących się tematyką najstarszych śladów życia na Ziemi. Zatem już na tym etapie mojej recenzji pragnę pogratulować doktorantce jej osiągnięć, zwłaszcza na polu analitycznym. Prócz komplementów, muszę jednak również wskazać na pewne nieścisłości lub wręcz błędy, które moim zdaniem pojawiły się w tej pracy – przecież na tym polega proces recenzowania. Dodam jednak, iż moją rolą tutaj nie jest ponowne zrecenzowanie zamieszczonych artykułów, bowiem te przeszły (przynajmniej w jednym przypadku) lub powinny przejść przez rygorystyczny proces eksperckich recenzji. Krótką charakterystykę załączonych artykułów zamieszczam poniżej, zaś po niej następuje seria moich komentarzy i pytań do doktorantki.

Praca zatytułowana „Halogen chemistry and hydrogen isotopes of apatite from the >3.7 Ga Isua supracrustal belt, SW Greenland” została opublikowana w bardzo prestiżowym czasopiśmie *Precambrian Research*. Jak sam tytuł wskazuje, celem tej pracy było zastosowanie sygnatury izotopowej wodoru w apatycie skał Isua do rozpoznania procesów odpowiadających za kształtowanie środowiska ziemskiego we wczesnym archaiku. Praca ta jest napisana w sposób ciekawy i traktuje o składzie chemicznym apatytów z próbek skał metaosadowych i metawulkanicznych. Muszę odnotować, że miałem problem z przyjętym przez doktorantkę nazewnictwem skał i nadal nie potrafię powiedzieć w jakich to skałach apatyt był badany. O tym jednak piszę więcej w dalszych partiach tej recenzji. W pracy tej, wstępnie określono stopień zmian metamorficznych oraz metasomatycznych w badanych apatytach, a następnie wyselekcjonowano te najmniej zmienione lub pozornie niezmienione do dalszych badań izotopowych. Wyniki badań izotopowych wodoru ujawniły niestety, iż pomimo pozornie pierwotnego charakteru niektórych apatytów ich sygnatura izotopowa D/H pierwotną nie jest. Jako główny czynnik powodujący taki stan rzeczy wskazano metamorfizm, co oczywiście wydaje się logiczne. Smutnym wnioskiem tej pracy jest, że przynajmniej skały suprakrustalne Isua prawdopodobnie nie dadzą wglądu w charakter archaicznej hydrosfery.

Z kolei praca zatytułowana „Chlorine isotope composition of apatite from the >3.7 Ga Isua supracrustal belt, SW Greenland” została opublikowana w dużo mniej prestiżowym czasopiśmie *Minerals*. Jako były edytor numeru specjalnego tego czasopisma mogę ocenić, iż z reguły prędkość, z jaką odbywa się procedowanie manuskryptów w redakcji *Minerals*, wpływa zdecydowanie negatywnie na ich jakość. Niemniej jednak, jeśli dany manuskrypt jest częścią zeszytu specjalnego, to daje to ograniczoną gwarancję, iż edytor specjalny oraz zaproponowani przez niego recenzenci wykonali rzetelną pracę. Wierzę, że tak było w przypadku omawianego artykułu. Artykuł ten jest napisany wedle zasad sztuki i okraszony jest dobrej jakości ilustracjami. Z mojego punktu widzenia praca ta jest bardzo wartościowa z co

najmniej kilku powodów. Pokazuje ona bowiem, iż doktorantka była w stanie obrócić negatywny wynik uzyskany podczas realizacji poprzedniego zagadnienia badawczego w coś pozytywnego, a mianowicie dalsze studia nad procesami postdiagenetycznymi skał metaosadowych Isua. Takie badania, z kolei, mają kolosalne znaczenie dla dywagacji naukowych na temat śladów życia w archaiku. W tym wypadku, doktorantka zdecydowała się na badania izotopów chloru w apatyty. Wybór ten był uzasadniony m.in. dostępnymi danymi literaturowymi na temat charakterystyki izotopowej chloru dla skał zmienionych m.in. metasomatycznie. Wydawałoby się, że założenia tego zadania badawczego zapewniają gwarantowany sukces, a jednak i w tym przypadku okazało się, iż naszkicowanie szerszych wniosków genetycznych na podstawie uzyskanych wyników jest niemożliwe ze względu na ich zbliżone do siebie wartości. Niemniej jednak, to właśnie dzięki tej pracy (jak sądzę) nastąpił znaczny postęp analityczny, o czym wspominałem już wcześniej.

Podsumowując oba zaprezentowane artykuły, oczywistym jest, że doktorantka podjęła się bardzo wymagającego zadania badawczego i mimo braku uzyskania wyników potwierdzających założoną hipotezę, podołała temu wyzwaniu. Nie uniknęła jednak pewnych potknięć i potencjalnych niedociągnięć, o które pragnę zapytać lub skomentować je poniżej:

- (1) Rozumiem dobór obiektu badań ze względu na jego wiek i domniemane ślady życia. Czy jednak nie było możliwości znalezienia innej formacji geologicznej o podobnej charakterystyce i zbliżonym wieku? Nie jest żadną tajemnicą, iż skały suprakrustalne Isua uległy przemianom metamorficznym. Tego typu informacje są łatwo dostępne, choćby w klasycznej pracy Boak & Dymek (1982, EPSL). Czy nie było warto odwiedzić terenu badań wraz z petrologiem metamorficznym, zanim podjęto się zadań opisanych w tej rozprawie? Pomimo lokalizacji na Grenlandii, dostęp do skał Isua nie wymaga szczególnie trudnej logistyki w porównaniu, przykładowo, do pracy w kaledonidach wschodniej Grenlandii.
- (2) Problem nomenklatury skał jest nader wyraźny zarówno we wprowadzeniu, jak i w załączonych artykułach. Mieszane są nazwy swoiste skał z nazwami odnoszącymi się do protolitu lub wręcz używa się nazw protolitów. Należałoby trzymać się jednego schematu. Zestawienie nazw *BIF*, *metachert*, *metacarbonate* i *mafic dyke* (ostatni termin jest najgorszy) jest po prostu błędne. Moim zdaniem wystarczyło na wstępie wyartykułować, że wszystkie badane skały są metamorficzne i używać nazw protolitów lub używać jedynie nazw z przedrostkiem meta. Bez względu na to, jakiej nomenklatury używali poprzednicy, doktorantka mogła wykazać się większą samodzielnością i nie musiała ich naśladować. Na szczęście doktorantka nie użyła terminu *quartzite* w stosunku do zmetamorfizowanego czertu, co proponował jej jeden z badaczy skał Isua. Z drugiej strony *metacarbonate* mógł równie dobrze zostać nazwany *calc-silicate rock* lub nawet *marble*. Wracając do nieszczęsnej dajki maficznej rozumiem, jaka motywacja stoi za wybranym terminem, ale termin ten logicznie nie pasuje do innych, gdyż po pierwsze nie wskazuje na skałę metamorficzną typu metabazytu (co jest oczywiste wnosząc po składzie mineralnym

badanych „dajek maficznych”), a po drugie uwypukla głównie charakter strukturalny pierwotnej intruzji. Ten nomenklaturowy chaos sprawił też, że naprawdę nie wiem czy apatyt był badany w metaczercie *sensu stricto*, czy też w metawęglanie z owym metaczerterem stowarzyszonym.

- (3) Studiowanie tabeli 1 w artykule opublikowanym w *Minerals* skomplikowało powyższą sprawę jeszcze bardziej, bowiem z niej wynika, iż problematyczny metaczerter był studiowany, ale apatyty w nim nie zanalizowano. Dlaczego?
- (4) Co doktorantka rozumie, jako *BIF-chert enclaves*? Ta magmowa terminologia do badanych skał zupełnie nie pasuje.
- (5) Przyjęcie terminów *mafic* i *magmatic* w artykule w *Minerals* wprowadza jeszcze większe i zupełnie niepotrzebne zamieszanie. Nie dość, że te terminy nie są ze sobą porównywalne, to jeszcze odnoszą się do skał magmowych.
- (6) Figura 8 z tej samej pracy byłaby ciekawsza, gdyby narzucono na nią wyniki podobnych badań z innych kompleksów skalnych na świecie (jeśli są dostępne).
- (7) Bardziej generalnie chciałbym spytać, czy przy zwiększeniu statystyki pomiarów istniałaby teoretyczna szansa na znalezienie pierwotnej sygnatury izotopowej wodoru i/lub chloru? Jeśli doktorantka jest przekonana, że nie, to czy mogłaby wskazać idealną teoretycznie skałę, którą należałoby przebadać pod tym kątem?
- (8) Wnioskowanie na podstawie pracy Cherniak (2000), wskazującej na niską mobilność REE w apatytycie może być zgubne. Przykładowo, studia apatytów ze złóż typu Kiruna wskazują, iż proces *dissolution-reprecipitation* apatyty wraz z utratą REE jest powszechny, szybki i zależy w zasadzie jedynie od składu fluidu powodującego zmiany metasomatyczne.
- (9) Szkoda, że w rozprawie nie znalazły się żadne dane geochronologiczne. Badania takie są jednak wspomniane, jako planowane. Z ciekawością oczekuję wyników.
- (10) Intrygującym odkryciem jest obecność amorficznych inkluzji krzemianów żelaza. Jak doktorantka tłumaczy ich obecność? Czy jest to cecha pierwotna badanych apatytów, czy może wskazuje na proces *dissolution-reprecipitation*? Czy kształt inkluzji w formie *rods* (pręcików) może wskazywać na wzrost wzdłuż osi *c* apatyty?
- (11) Średnica wiązki elektronowej użytej do wykonania analiz WDS apatyty w Krakowie nie wydaje się być odpowiednio szeroka, nawet przy niskim prądzie 5nA.
- (12) Po stronie bardziej technicznej odczuwam pewien niedosyt, iż we wprowadzeniu do pracy nie znalazły się figury ukazujące lokalizację terenu badań i podsumowujące wszystkie uzyskane wyniki.
- (13) Zwracam również uwagę, iż załączone abstrakty w obu językach ani nie są tożsame, ani takieżsame, a przynajmniej takieżsame być powinny.
- (14) Nie mnie oceniać udziały procentowe współautorów artykułów, albowiem wszyscy oni się na takowe zgodzili, ale mimo wszystko udziały na poziomie 1 czy 3% wyglądają podejrzanie, by nie rzec groteskowo. Czym przejawia się udział współautora na poziomie 1%?

(15) We wprowadzeniu wyłapałem kilka drobnych potknięć językowych, które nie wpływają na moje ogólnie pozytywne wrażenie, starannie przygotowanego dokumentu.

Podsumowując, recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr Alicji Wudarskiej stanowi interesujące studium składu chemicznego i charakterystyki izotopów wodoru oraz chloru apatytów z serii suprakrystalnej Isua na Grenlandii. Sam obiekt badań jest na tyle intrygujący i wzbudzający zainteresowanie geologów z całego świata, że oczywistym jest, iż prace doktorantki będą w przyszłości szeroko cytowane. Rozprawa ta demonstruje również, jak wyjść obronną ręką z wydawałoby się beznadziejnej sytuacji, kiedy nie uzyskuje się zakładanych wyników. Moim zdaniem jednak, negatywne testowanie hipotez jest w nauce równie lub nawet bardziej wartościowe niż testowanie pozytywne, bowiem bez podejmowania tak ryzykownych zagadnień badawczych nie byłoby ogólnego postępu. Warto również podkreślić, że doktorantka posłużyła się szerokim spektrum metod analitycznych, zarówno chemicznych, jak i fazowych, co pozwoliło jej nabyć niezbędnego doświadczenia, które zaprocentuje w dalszej karierze naukowej. Zupełnie prywatnie dodam, że pamiętam doktorantkę ze spotkań konferencyjnych, kiedy była jeszcze wyróżniającą się studentką magisterską, zajmującą się detalami krystalochemicznymi apatytów ołowiowych. Nie ujmując nic tamtym badaniom, z wielkim zadowoleniem odnotowuję zwrot w karierze doktorantki ku petrologii skał krystalicznych!

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia kryteria określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 roku w sprawie szczegółowego trybu warunków przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora. Niniejszym wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Alicji Wudarskiej do publicznej obrony tejże rozprawy.

