



Dr hab. Anna Pietranik, prof. UWr

Wrocław, 12.02.2023

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba Ryznara pt. „Mineralogiczna i geochemiczna charakterystyka mineralizacji 3T z obszaru Kibara Belt w Afryce Środkowej”**

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 27 listopada 2023. Głównym celem rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jakuba Ryznara było odtworzenie pochodzenia i ewolucji złóż Ta-Nb, Sn i W występujących w obszarze Bugarura-Kuluti we wschodniej Rwandzie. Praca zawiera bogaty opis występowania zróżnicowanych skał zawierających minerały złożowe w terenie, a ich rozmieszczenie i zasięg zostały naniesione na mapę geologiczną. Skład kilku skał został zbadany dla całej próbki, ale podstawę materiału badawczego zebranego w pracy stanowią liczne analizy w mikroobszarze, zarówno pierwiastków głównych, za pomocą mikrosondy elektronowej, jak i pierwiastków śladowych za pomocą spektrometru mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej z mikropróbkowaniem za pomocą odparowania laserowego. Zmienność składu chemicznego minerałów złożowych posłużyła do kompleksowej rekonstrukcji etapów powstawania mineralizacji Sn-Ta-Nb i W w rejonie badań. Dla części minerałów określono również wieki ich powstania i dzięki temu umiejscowiono cały model metalogenezy w szerszym kontekście zdarzeń tektonicznych.

Praca składa się z 6 rozdziałów, podział treści między rozdziały jest spójny, a kolejne rozdziały są kompletne i w sposób wystarczający przedstawiają przypisane im tematy. Ilustracje i tabele są wykonane niezwykle starannie i znakomicie uzupełniają i wzbogacają przedstawione treści, szczególnie wartościowe są ilustracje w częściach 4-6 prezentujących wyniki, ich podsumowanie i dyskusję. Dyskusja podzielona jest na dwa wątki: badawczy skupiony na wyjaśnieniu zmienności skał i minerałów zaobserwowanych w terenie i w czasie prac analitycznych oraz wdrożeniowy skupiony na zaproponowaniu podejścia do oszacowania zasobów. Mimo pewnych uwag, obydwie części uważam za przedstawione w sposób przekonujący. Słabym aspektem pracy jest jej język, który jest prawidłowy w częściach opisujących wyniki i ich podsumowanie, ale często niejasny w częściach przedstawiających wiedzę teoretyczną, budowę geologiczną rejonu badań, metodykę oraz dyskusję. W mojej opinii rozdziały opierające się na opisie badań własnych napisane są dobrze, natomiast rozdziały opierające się w dużej mierze na literaturze anglojęzycznej są już dalekie od ideału. Odbiór tekstu jest utrudniony przez liczne błędy gramatyczne (niezgodność podmiotu i orzeczenia, brak orzeczenia, niewłaściwa składnia, losowe mieszanie czasu teraźniejszego i przeszłego, niejasne zaimki). Język bywa też zbyt potoczny lub stanowi zabawne kalki z języka angielskiego. Na przykład w większości rozdziałów doktorant opisuje zmienność składu chemicznego minerałów i używa słów takich jak „wchodzenie”, „inkorporacja” i „substytucja”, a ani

razu słowa „podstawienie”, które, wedle mojej wiedzy, jest w takich wypadkach używane w języku polskim. Wydaje mi się również, że mineralizacja wolframowa nie tworzy „tabelarycznych” ciał rudnych, może „płytkowe” byłoby właściwym słowem. Również, wielokrotnie używane w doktoracie słowo „alteracja” (58 razy) nie oznacza raczej „podwyższenia lub obniżenia znakiem chromatycznym dźwięku składowego skali diatonicznej lub składnika akordu” jak tłumaczy to słowo słownik PWN i powinno być zastąpione przez „przemiany wtórne”. Idąc dalej „skały goszczące” to ciekawe tłumaczenie „host rock”, które w języku polskim raczej zwykło się tłumaczyć „skała gospodarz”. Inne przykłady to używanie słowa „elementy” zamiast pierwiastki, „grubsze skały” zamiast gruboziarniste, „akwizycja danych” zamiast wykonanie pomiaru, „wspólny ołów” zamiast „ołów zwyczajny lub nieradiogeniczny”. Z drugiej strony autor perfekcyjnie przetłumaczył nazwę metody LA-ICPMS jako „spektrometr mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej z mikropróbkowaniem za pomocą odparowania laserowego” podczas gdy społeczność geologiczna w Polsce przyzwyczała się do nazywania już tej metody laserową ablacją. Ogólnie uważam, że w rozdziałach opartych na literaturze anglojęzycznej doktorant nie skupił się wystarczająco na przełożeniu prezentowanych treści na składnię i słownictwo języka polskiego. Niestety w niektórych fragmentach tekst jest niezrozumiały i częściowo wpływa to na odbiór pracy i może powodować kwestionowanie części interpretacji, jednak nie pomniejszając wagi uzyskanych wyników.

Zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym nauce rozprawa doktorska ma prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Ponadto, przedmiotem rozprawy doktorskiej ma być oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W dalszej części mojej recenzji oceniam kolejno te aspekty rozprawy.

1) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Nauki o Ziemi i środowisku

We wstępnej części rozprawy doktorant przekazuje swoją wiedzę na temat metali będących przedmiotem badań. Rozdziały opisujące kolejno cynę, wolfram i tantal mają podobną strukturę i przedstawiają podstawowe wiadomości na temat metali, minerałów rudnych zawierających te metale, ich zastosowania i występowania na świecie. Doktorat rozpoczyna również wprowadzenie do sytuacji geopolitycznej i ekonomicznej obszaru badań, które skutecznie wprowadza czytelnika rozprawy w depresję, gdyż jasno unaocznia nierówności społeczne na świecie.

O ile wiedza teoretyczna doktoranta przekazywana w tych rozdziałach wydaje się szeroka i wielokierunkowa, brakuje mi w nich syntetycznej informacji na temat samej genezy złóż, ich typów oraz podstaw zróżnicowania złóż na świecie. Przykładowo, opisane złoża cyny mocno posilkują się raportem USGS autorstwa Kamilli i innych (2017). Nie do końca jest dla mnie jasne dlaczego doktorant zdecydował się na zreferowanie kolejno wszystkich złóż na świecie, gdyż bardziej wartościowe byłoby podsumowanie jak takie złoża się tworzą i podanie przykładów. Takie syntetyczne zestawienie jest natomiast przedstawione w części opisującej wolfram z powołaniem na artykuł Han i inni (2021). Niestety, w mojej ocenie doktorant po prostu kopiował sposób

przedstawianie wiedzy dla tych dwóch metali tak jak był on opisany w kolejnych artykułach i nie podjął próby samodzielnego jej usystematyzowania, która byłaby bardziej wartościowa. Rozdział dotyczący tantalu oparty jest już na wiedzy zebranej z kilku artykułów, jednak też są w nim opisane kolejne miejsca wydobywania, bez syntetycznego podsumowania.

We wstępie pojawiają się miejscami niejasne i/lub błędne informacje np.

- (1) „tantal i niob mogą krystalizować w różnych minerałach tlenkowych i wodorotlenkowych” – Ta i Nb są pierwiastkami i nie mogą krystalizować
- (2) „Produkcja tantalu w Australii zaczęła ostatnio rosnąć jako produkt uboczny wydobywania litu w kopalniach Greenbushes i Pilgangoora (Fig. 1.22).” – zdanie dosyć niespójne z przedstawioną Ryciną, wpatrywałam się w Rycinę 1.22 przez około minutę i nijak nie widziałam wzrostu wydobywania w Australii, szczególnie w porównaniu do początku XXI wieku.
- (3) „koncentrują się w regionach kolizji płyt kontynentalnych oraz podczas tworzenia super kontynentów” – zdanie niejasne - super kontynenty zazwyczaj powstają w wyniku kolizji płyt

Opis metodyki jest zaskakujący, gdyż szczegółowy opis procesu analitycznego przedstawiony jest dla metody ICP-OES, która nie jest używana w pracy, natomiast podobnych opisów nie doczekały się metody mikrosondy elektronowej i ICP-MS, których doktorant używał. W stosunku do opisu tych metod niezmiernie obszerny jest opis ablacji laserowej. W ramach opisu pojawiają się odniesienia do izotopów, jednak ich masa jest zwyczajowo pisana w indeksie górnym, a nie dolnym jak w pracy autora. Ogólnie rozumiem, co autor miał na myśli opisując metodę i przedstawiony tekst pokazuje, że zdaje sobie sprawę z problemów analitycznych oraz zna metodykę ich rozwiązywania. Jednak niektóre zdania są dla mnie niezrozumiałe np. „Aby zminimalizować dryf instrumentalny, postępowano zgodnie z protokołem analizy wzorca-próbki-standardu, odrzucając 7-8 analiz według standardowych pomiarów.” – zazwyczaj żaden protokół nie wymaga odrzucania pomiarów? Następne zdanie brzmi „Do kontroli jakości analiz wzorcowych podczas analiz zastosowano odpowiednio cyrkonij GJ-1 lub Harvard 91500 wraz ze standardami rutyłowymi R632 oraz szklanymi NIST-612.” Zdanie sugeruje, że jakość analiz wzorców kontrolowano używając tych samych wzorców – też jest to niejasne.

W rozdziale dotyczącym budowy geologicznej obszaru badań, doktorant prezentuje spójny i jasny obraz opisując szerszy zarys budowy geologicznej, a następnie przechodząc do szczegółów. W rozdziale tym ponownie pojawiają się zdania niejasne do wręcz zdumiewających, takich jak „WD składa się ze zdeformowanych skał metamorficznych z wkładkami metawulkanitów, które zostały osadzone w wyniku licznych intruzji zasadowych i granitów typu S.” – nie będę próbowała dociekać co autor miał na myśli.

Ostatnim z rozdziałów, który ilustruje wiedzę teoretyczną doktoranta jest Dyskusja w której doktorant nawiązuje do literatury naukowej i tłumaczy powstawanie zmienności minerałów, ich warunki krystalizacji i rozprzestrzenienie złóż posiłkując się modelami zaproponowanymi przez innych autorów. Rozdział ten również ukazuje szeroką wiedzę doktoranta, szczególnie w zakresie

wystąpień mineralizacji Sn-W-Ta na świecie oraz ogólnych procesów frakcjonowania magmy i jej wzbogacania w pierwiastki niekompatybilne. Jednak, ponownie część treści jest niejasna, co utrudnia ocenę czy doktorant faktycznie posiada wiedzę na prezentowany temat. Przykładowo nie jestem w stanie ocenić czy doktorant wie jak powstaje budowa oscylacyjna i nieumiejętnie to opisuje, czy jednak tej wiedzy nie posiada „Strefowanie oscylacyjne prawie zawsze występuje w układzie otwartym, z ciągłym lub nieciągłym strumieniem masy do lub przez obszar, w którym ma miejsce wzrost kryształów”.

Podsumowując uważam, że doktorant posiada rozległą wiedzę w różnych aspektach nauk o Ziemi i wiedza ta jest zaprezentowana w pracy doktorskiej, miejscami jednak dość nieumiejętnie.

2) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Wyniki doktoratu są bardzo bogate i przedstawione w sposób precyzyjny. Doktorat oparty jest na rozległych pracach terenowych, a ich opis pokazuje, że doktorant bardzo dobrze potrafi przeprowadzić obserwacje terenowe i je właściwie zinterpretować. Podobnie widać to na przykładzie opisu zmienności składu chemicznego poszczególnych minerałów, który doktorant interpretuje zarówno dla określonego typu skał, jak i porównuje między różnymi grupami skalnymi: granitem, pegmatytem, grejzenem i żyłami kwarcowymi. Dane chemiczne zostały uzyskane z kilku metod badawczych, są zaprezentowane na właściwych diagramach mineralogicznych i przekonująco zinterpretowane. Szczególnie kompletny wydaje się model przedstawiający zmienność chemiczną minerałów Ta i Nb wraz z interpretacją tej zmienności. Model ten jest następnie przedstawiony w kontekście zmienności litologicznej w rejonie badań.

W odniesieniu do podejścia badawczego oraz do interpretacji mam pewne uwagi:

- według mojej wiedzy badanie składu chemicznego całej próbki pegmatytu jest utrudnione, co spowodowane jest ich grubokrystaliczną strukturą. W doktoracie brak jest opisu, który przekonywałby mnie, że badany materiał był wystarczająco homogeniczny i możliwe jest porównanie poszczególnych analiz i ich interpretacja. Jednocześnie zaznaczam, że uwaga ta jest związana wyłącznie z geochemią całych skał (5 próbek)

- moje wątpliwości budzi również interpretacja analiz geochemicznych 3 próbek granitu, trudno mówić o procesach magmowych i identyfikacji magm bardziej zdyferencjonowanych w obrębie ciała magmowego w oparciu o 3 próbki z których jedna jest silnie zmieniona w etapach pomagmowych.

- interpretacja analiz wieków minerałów jest uproszczona i nie dyskutuje wątpliwych wieków, w których na końcowy wynik mogły wpłynąć problemy analityczne, np. część interpretacji oparta jest na wieku „lower intercept” z którym związany jest niewiarygodny stosunek początkowy  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (np. 2,9) pozostający poza wszelkimi możliwymi wartościami, które wynikałyby z modelu Stacey and Kramers. Czy doktorant brał pod uwagę jakie procesy mogły spowodować taki rozrzut stosunków początkowych, czy jest pewny, że dane te mają nadal wartość interpretacyjną?

- w interpretacji wieków sugerowane są późniejsze (860, 570 milionów lat) epizody podgrzania skał złożowych i związanego z nimi zakłócenia rozpadu izotopowego, czy doktorant próbował korelować

skład analizowanych minerałów z wiekiem, czy zaobserwował np. odmienne profile dyfuzyjne dla minerałów, które zostały poddane takiemu procesowi? Czy spadek Ta ku brzegom kasyterytu obserwuje się preferencyjnie w próbkach o niższym wieku?

- nie rozumiem samego procesu jaki doktorant sugeruje dla epizodu reaktywacji, który według doktoranta odbył się „na skutek powtarzających się napływów świeżej magmy i jej mieszania z bardziej rozwiniętą magmą rezydualną” – jak rozumiem mówimy tu o procesie, który miał miejsce około 100 milionów lat po głównym procesie magmowym, czy doktorant sugeruje, że po tym okresie w skorupie nadal były magmy rezydualne związane z tworzeniem się magmatyzmu granitowego G4?

- w interpretacjach doktoranta wielokrotnie pojawia się teza, że hydroliza skaleni w skałach otoczenia prowadzi do krystalizacji żył kwarcowych z kasyterytem, nie rozumiem w jaki sposób proces ten może mieć znaczenie w kwarcytach, które skaleni nie zawierają?

- duża część interpretacji opiera się na zawartościach pierwiastków śladowych i na różnicach pomiędzy poszczególnymi typami skał z mineralizacją, wielokrotnie powtarzana jest obserwacja, oparta na danych z mikrosondy, że kasyteryt z pegmatytu i grejzenu ma najwyższe stężenie Ta i jednocześnie najniższe Ti. Jednak obserwacja ta jest odmienna w analizach wykonanych za pomocą LA-ICP MS, dla których pegmatyt ma najwyższe zawartości Ti i dopiero w rozdziale podsumowującym dowiadujemy się, że próbka ta mogła nie być reprezentatywna. Taka interpretacja budzi wątpliwości co do samego doboru próbek, który powinien być bardziej szczegółowo przedyskutowany na początku doktoratu

- interpretacja wpływu wód meteorycznych na procesy wytrącania się poszczególnych minerałów nie jest dla mnie do końca jasna, tym bardziej, że w opisach pojawiają się odniesienia zarówno do roztworów meteorycznych, jak i metamorficznych przykładowo w zdaniu „Jednak zwiększona przepuszczalność skał mogła sprzyjać mieszanemu się roztworów pochodzenia magmowego z wodami meteorycznymi, co znajduje odzwierciedlenie w metamorficznej sygnaturze inkluzji (Dewaele et al. 2010).” Z szybkiej lektury artykułu Dewaele et al. 2010 stwierdzam, że w opisywanym przypadku chodziło o roztwory metamorficzne, proces mieszania się roztworów magmowych i meteorycznych również opisywany jest podczas krystalizacji kasyterytu np. w artykule Sun i Eadington (1987).

Mimo powyższych uwag i pytań, stwierdzam, że doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Potrafi interpretować zarówno wyniki obserwacji terenowych jak i analiz laboratoryjnych. Efektem jego pracy naukowej jest spójny model powstawania i różnicowania złoża w obszarze badań.

3) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej

Głównym efektem pracy było stworzenie modelu powstawania złóż Ta-Nb, Sn i W powiązanych z masywem granitowym wraz z propozycją metodyki prospekcyjnej, która może być wykorzystywana w obszarze występowania podobnych typów mineralizacji nie tylko w Afryce Środkowej, ale również w innych obszarach charakteryzujących się podobną mineralizacją. Materiał badawczy był nowy i po raz pierwszy zastosowano szereg metod analitycznych do jego charakterystyki, w tym

badania pierwiastków śladowych oraz wieku minerałów rudnych. Wybór terenu do badań był właściwy, gdyż pozwolił na lepsze zrozumienie sekwencji powstawania poszczególnych typów skał z mineralizacją i jasno powiązał etap magmowy i hydrotermalny. Badania mają również charakter wdrożeniowy i uzyskane dane mogą być przydatne w procesie poszukiwania złóż i szacowania zasobów.

### **Wniosek końcowy**

Stwierdzam, że praca odpowiada wymogom Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie Nauki o Ziemi oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Wobec powyższego, stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” o dopuszczenie Pana mgr inż. Jakuba Ryznara do dalszego toku przewodu doktorskiego.

*Anna Pietranik*