

Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Wróbel

na temat:

## **Studium mineralogiczno- petrograficzne złóż miedzi Kibutu i Kajuba (Demokratyczna Republika Konga) i odpadów powstających po ich przeróbce**

Recenzowana praca napisana została pod kierunkiem Prof. dr hab. inż. Macieja Pawlikowskiego, w Katedrze Mineralogii, Petrografii i Geochemii, na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo- Hutniczej w Krakowie. Praca liczy 183 strony, wraz ze spisem literatury, i zawiera 165 załączników, wśród których znajduje się 141 figur i 24 tabele. Figury zawierają; mapy, szkice terenowe, przekroje geologiczne i blokdiagramy, profile, fotografie makroskopowe i mikrofotografie oraz wykresy. Bibliografia obejmuje 75 pozycji, w tym 37 stron internetowych.

Doktorantka podjęła interesujący i ważny temat dotyczący rozpoznania rud miedzi w Kongo. Badania mineralogiczne, petrograficzne i geochemiczne rud wpisują się w światowe trendy badawcze, dotyczące zagospodarowania złóż i wykorzystania surowców metalicznych w sposób efektywny, a jednocześnie jak najmniej ingerujący w środowisko naturalne. Pas miedzionośny w Demokratycznej Republice Konga, który był przedmiotem badań, jest jednym z największych obszarów złóżowych miedzi i kobaltu w świecie, a przy tym od dziesiątków lat eksplorowanym przy udziale międzynarodowych korporacji. Wielokrotne zmiany rządów i krwawe wojny domowe doprowadziły do wyniszczenia gospodarki tego bogatego w kopaliny kraju, który od dziesiątków lat znajduje się w regionie niestabilnym politycznie i gospodarczo. Eksploatacja rud metali miała miejsce przez zewnętrznych inwestorów, a także przez mieszkańców kraju, przybierając często formę niekontrolowanej i rabunkowej. Ten naganny proceder stosowany, niestety aż do czasów współczesnych, wywołał tylko bezpowrotne straty w zasobach metali, ale także nieodwracalne szkody w środowisku naturalnym. Autorka pracy podjęła się analizy mineralogicznej i geochemicznej rud miedzi oraz żużli, stanowiących odpady po odzysku metali, w złożach rejonu Lubumbashi. Badania umożliwiły rozpoznanie rodzaju mineralizacji, bazy zasobowej w obszarze badań, oraz określenie wpływu eksploatacji i przeróbki rudy na środowisko naturalne.

### **Analiza treści pracy**

Wstępne rozdziały pracy, (od 1 do 4) zawierają cel i zakres oraz charakterystykę obszaru oraz metodykę badań przedstawioną na 49 stronach. Zasadnicza, wynikowa część dysertacji, jest podzielona na część mineralogiczno- geochemiczną, dotyczącą złóż Kibutu, Kajuba i Renzo (rozdziały 5 i 6), oraz część dotyczącą badań żużli miedziowych (rozdział 7). Ósmy rozdział obejmuje zagadnienia dotyczące stanu środowiska naturalnego w rejonie badań i zagrożenia wynikające z prac górniczych i przerobczych. Ostatnie rozdziały zawierają wnioski (rozdział 9) spis ilustracji (rozdział 10), spis tabel (rozdział 11), spis literatury (rozdział 12) oraz streszczenie w języku polskim i angielskim (rozdziały 13 i 14).

W rozdziale 1 (str. 6 i 7) zawarte są ogólne informacje dotyczące Demokratycznej Republiki Konga (DRK). Autorka zwięźle omawia położenie geograficzne kraju, charakterystykę surowców

mineralnych, jak również przedstawia najważniejsze zmiany polityczne w historii tego kraju. kładąc nacisk na panującą współcześnie niestabilną sytuację polityczną i problemy społeczne występujące w tej części świata. W rozdziale drugim (str. 8 i 9) Autorka prezentuje cel i zakres pracy. Przedmiotem badań były rudy miedzi, a ponadto żużlepowstałe poodzysku metali. Odrębnym zagadnieniem podjętym w recenzowanej Pracy była szczegółowa analiza aspektów środowiskowych eksploatacji złóż.

Rozdział 3 (od str. 10 do 41) obejmuje charakterystykę obszaru badań przedstawioną w podrozdziałach od 3.1. do 3.7, a w szczególności: fakty związane z historią DRK; położenie geograficzne, budowę geologiczną i genezę; warunki klimatyczne, gleby warunki wodne, gospodarkę złóżami i środowisko naturalne. Rozdział ten ilustrowany jest załącznikami graficznymi zaczerpniętymi z literatury.

W rozdziale 4, w podrozdziałach od 4.1 do 4.8 (od strony 41 do 49) Autorka przedstawia metodykę badań, która obejmuje: badania terenowe, mikroskopię w świetle przechodzącym, mikroskopię skaningową (z przystawką do półilościowego określenia składu chemicznego) oraz przenośny analizator składu chemicznego metodą fluorescencji rentgenowskiej, który był wykorzystywany podczas prac terenowych. W stosunku do pierwszej wersji recenzowanej Pracy, rozdział 4 został rozbudowany o następujące metody: mikroskopia polaryzacyjna w świetle odbitym, dyfraktometria rentgenowska, spektroskopia Ramana oraz mikrosonda elektronowa.

Kolejne rozdziały obejmują wyniki badań mineralogicznych i geochemicznych złóż Kibutu (rozdział 5, strony 50-108) oraz Kajuba i Renzo (rozdział 6, strony 109 – 131). Stanowią one część wynikową pracy, w której obok szczegółowej lokalizacji oraz charakterystyki parametrów złóż i ich genezy, znajdują się zestawienia analiz pierwiastków i składu chemicznego rud, wyniki obserwacji mikroskopowych w świetle przechodzącym i odbitym, badań w mikroobszarze przy użyciu mikroskopii elektronowej a także badań spektroskopowych i rentgenograficznych.

W rozdziale 7 (strony 132 - 145) zaprezentowane są wyniki badań żużli powstałych w wyniku przetopienia rudy malachitowej, natomiast w rozdziale 8 (strony 118-124) przedstawione są aspekty środowiskowe, z uwzględnieniem rud i minerałów kruszcowych. Wnioski sformułowane są w dziewiątym rozdziale (strony 156-157), natomiast ostatnie rozdziały (od 8 do 12, na stronach: 158 do 183) zawierają spisy załączników, literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

### **Merytoryczna ocena pracy**

Układ pracy jest poprawny, cele pracy są postawione zasadnie, a tezy jasno wyartykułowane. Detaliczny opis cech mineralogicznych, petrograficznych i geochemicznych rud przedstawiony jest na tle hydrologii, klimatu, gleb oraz gospodarki Demokratycznej Republiki Kongo; zagadnień które rozwijane są w częściach pracy dotyczących aspektów środowiskowych.

W rozdziale pierwszym znalazły się najważniejsze informacje dotyczące położenia geograficznego Demokratycznej Republiki Kongo oraz budowy geologicznej badanych złóż. O ile położenie geograficzne, hydrologia i ekosystemy scharakteryzowano bez zarzutu, budowa geologiczna – znacznie rozszerzona i uzupełniona w stosunku do poprzedniej wersji - przedstawiona jest chaotycznie. Wiek podany jest w sposób niechronologiczny, niektóre wydarzenia geologiczne w opisie pominięto, a procesy prowadzące do powstania złóż przedstawione są mało klarownie. Nie

ma jednoznacznie sprecyzowanych etapów powstania mineralizacji kruszcowej. Słusznie natomiast Autorka szczególną uwagę poświęca procesom wietrzenia, które doprowadziły do powstania zwietrzelin typu terra rosa oraz utworzenia rudy typu węglanowego, chociaż nie ma w Pracy jednoznacznej odpowiedzi na pytanie: do jakiego typu genetycznego badane złoża należy?

W rozdziale 4 (Metodyka badań) zaprezentowane są metody używane w pracy, opisane zwięźle i czytelnie. W rozdziale tym znalazło się także zestawienie wszystkich dostępnych próbek, które autorka przedstawiła w formie tabelarycznej, zawierającej makrofotografie (niezbyt szczęśliwie, gdyż fotografie są mało widoczne ze względu na małe ich rozmiary) oraz przyporządkowane im metody badawcze używane w pracy. Złoża Kibutu oraz Kajuba zbadano przy użyciu 20 próbek (po 10 z każdej lokalizacji), złoża Renzo – przy użyciu 3 próbek. Ponadto zbadano 12 próbek żużli pochodzących z przeróbki rudy złoża Kibutu. Odsłonięcia złóż w terenie były badane przez Promotora Pracy za pomocą przenośnego spektrometru XRF, a wyniki analiz opracowane przez Autorkę.

W rozdziale 5 przedstawione są badania dotyczące złoża Kibutu. W dostępnych do badań laboratoryjnych próbkach Autorka wykazała występowanie minerałów siarczkowych i węglanowych, za pomocą obserwacji makroskopowych. Ponadto mikroskopowe obserwacje petrograficzne potwierdziły występowanie minerałów miedzi z grupy siarkosoli arsenowo-antymonowych: tennantytu i tetraedrytu. Badania w świetle odbitym potwierdziły występowanie siarczków miedzi oraz miedzi i żelaza (chalkozynu, kowelinu, chalkopiryty i bornitu) oraz piryty i arsenopiryty. Należy jednak pamiętać, że poza barwą, która jest najważniejszą cechą diagnostyczną minerałów, do ich identyfikacji w świetle odbitym są przydatne także inne diagnostyczne cechy optyczne (na przykład zdolność refleksyjna, izotropia i anizotropia, czy też refleksy wewnętrzne). Niepełne są także podpisy pod mikrofotografiami wykonanymi w świetle odbitym, gdyż brakuje na nich niektórych parametrów wykonywania zdjęć (światło odbite, 1 polaryzator). Na fotografiach prezentowanych na figurach 5.31 do 5.38 rozpoznane poprawnie są minerały kruszcowe: chalkozyn, bornit, chalkopiryt, tennantyt sfaleryt i hematyt. Udokumentowano na nich także tekstury minerałów kruszcowych (na przykład: rozproszoną, z zastępowania, naciekową) zwracając także uwagę na zmienną wielkość minerałów z grupy siarczków, charakteryzującą petrograficzne cechy skały. Szkoda, że nie ma powiązania tych cech z genezą złoża.

Przy pomocy mikroskopii skaningowej i mikroskopy elektronowej Autorka wykazała także istnienie wrostków srebra w chalkozynie i zbadała skład chemiczny minerałów kruszcowych z grupy siarczków i tlenków. Metodą rentgenograficzną Autorka potwierdziła występowanie hematytu oraz zbadała strukturę malachitu za pomocą spektroskopii Ramana. Dodatkowe metody badań uwiarygodniły wyniki badań i podniosły jakość merytoryczną recenzowanej Rozprawy.

Wyniki terenowych pomiarów chemicznych wykonane za pomocą przenośnego analizatora rentgenowskiego obrazują zmienność zawartości metali w badanych okrywkach. Przedstawione są za pomocą wykresów naniesionych na fotografie odsłoneń, co dobrze obrazuje różnicowanie zawartości metali w odsłoniętych częściach złóż. Pojawiła się także interpretacja zawartości pierwiastków promieniotwórczych i porównanie promieniotwórczości z innymi obszarami w świecie.

Autorka chętnie korzysta z materiałów i źródeł internetowych, a także w spisie znalazły się najważniejsze publikacje dotyczące problematyki złożowej i genezy mineralizacji w pasie miedzionym na granicy Kongo – Zambia. Ze względu na słabą dostępność materiału badawczego i niską zawartość procentową metali nie ma dowodów na ekonomiczną opłacalność zasobów.

Zawartości procentowe metali (głównie miedzi) można porównać do parametrów brzeźnych przyjmowanych dla złóż miedzi, zróżnicowanych ze względu na typ mineralizacji kruszcowej, jakość rud oraz typ genetyczny złoża, Autorka z takiej możliwości jednak nie skorzystała.

Rozdział 8, obejmujący zagadnienia ekologii i ochrony środowiska, w którym Autorka wykazuje wrażliwość na przyrodę i dobrą znajomość tematu, dobrze napisany, obejmuje ciekawy wątek rozprawy. Został on uzupełniony o dodatkowe elementy ukazujące zanieczyszczenia metalami które mogą być szkodliwe dla środowiska, oraz ich rozmieszczenie w bliskim sąsiedztwie rejonu badań w podrozdziale 8.3 (str. 152 - 155) pod tytułem: Działalność górnicza. Stanowi on niewątpliwie jedną z mocnych stron recenzowanej dysertacji. Prezentowane są w nim mapy rozmieszczenia arsenu, kobaltu, miedzi, cynku i ołowiu, oraz charakterystyka biodostępności metali wykazują podwyższone zawartości metali, zarówno w stosunku do tła geochemicznego, jak i obowiązujących w świecie norm. Załączone mapy, zwłaszcza biodostępności tzw. „metali ciężkich”, są jednak mało czytelne.

Wnioski przedstawione w ostatnim: 9 rozdziale podsumowujące obserwacje i analizy wykonane zgodnie z założeniami badawczymi zawierają, wykaz rozpoznanych faz mineralnych w rudzie i w żużlach po odzysku metali, ich cechy geochemiczne oraz najważniejsze zagrożenia dla środowiska wynikające z eksploatacji złóż. Sposób sformułowania wniosków wskazuje na samodzielność badawczą Doktorantki oraz na właściwe rozwiązanie problemów poruszanych w Pracy.

Recenzowana Praca prezentuje zestawienie wyników badań mineralogicznych, petrograficznych i geochemicznych rud miedzi pochodzących ze złóż Kibutu, Kajuba i Renzo. Ze względu na wielowątkowy zakres badań, różnorodność zastosowanych metod badawczych oraz rozpoznanie cech petrograficznych rud miedzi złóż Pasa Miedzionośnego centralnej Afryki, stanowi interesującą pozycję literaturową dla specjalistów różnych dziedzin geologii. Autorka dyskutuje wyniki badań w różnych częściach Pracy, jednak brakuje dyskusji wyników prac laboratoryjnych podsumowującej wszystkie prowadzone badania. Zachęcam Autorkę do przeredagowania Pracy przed jej oddaniem do druku i przedstawienia - w osobnym rozdziale - rzetelnej dyskusji wyników badań, na tle własności petrograficznych i geochemicznych złóż typowych dla tego obszaru złożowego.

### **Uwagi redakcyjne**

Utrudnieniem w odbiorze Pracy są powszechne błędy redakcyjne. Już podane w spisie treści (str. 4) tytuły rozdziałów nie pokrywają się z tytułami używanymi w Pracy. Na przykład rozdział 5.1 w spisie ma tytuł: Lokalizacja złoża, w tekście natomiast: Lokalizacja i opis złoża; rozdział 6.2. w spisie ma tytuł: Podstawowe parametry złoża, w Pracy zaś: Podstawowe parametry złoża Kajuba; rozdział 6.3. zatytułowany w spisie: Badania mineralogiczno – petrograficzne, w pracy ma tytuł: Badania mineralogiczne i petrograficzne złoża Kajuba.

Ponadto strony rozdziałów i podrozdziałów podane w spisie, nie odpowiadają rzeczywistym stronom w pracy. W spisie treści Autorka podaje:

- rozdział 3.7, strona 41 – zamiast 34,
- rozdział 4, strona 41 – zamiast 40,
- rozdział 6, strona 110, w pracy jest 109,
- podrozdziały 6.1 i 6.2, strona 110, w pracy jest 109,
- podrozdział 6.3, strona 124, w pracy jest 123,
- podrozdziały 6.4 i 6.5, strona 128, a w pracy są na stronie na 127,



- rozdział 7 - i wszystkie pozostałe do końca spisu - przesunięte o jedną stronę w stosunku do treści Pracy,

Autorka nie się ustrzegła się w innych rozdziałach drobnych (licznych) błędów redakcyjnych i językowych, których przykłady podaję poniżej:

- str. 4, Środowisko naturalnego – zamiast: Środowisko naturalne,
- str. 20, „Supergrupa”, „Kraton” pisane raz z wielkiej, raz z małej litery,
- str. 22-25, jest Oligocen, Pliocen, Czwartorzęd, powinno być oligocen, pliocen, czwartorzęd,
- str. 25 opis do Fig.3.7 nie jest oddzielony od tekstu,
- str. 50, w podpisie Figury 5.1 nie podano źródła,
- str. 50, miejscami w nawiasach po oznaczeniach figur są kropki – a czasem nie ma (oba przypadki w drugim akapicie),
- str. 50. Powołano się na system synklin i antyklin na Fig.5.2, która przedstawia lokalizację omawianych złóż na tle mapy topograficznej,
- str. 89, obrazy w elektronach wstecznych z SEM, podpisane jak mikrofotografie; taka nazwa jest niestety spotykana z polskiej literaturze, np.: Jończy 2014, choć prawidłowo powinno być stosowane: obrazy elektronowe w mikroskopie skaningowym.
- str. 95-105, brak skali pionowej na Figurach 5.47 do 5.75, w opisach do profili przedstawiających rozmieszczenie składników chemicznych rudy,
- str. 94, na wykresach brakuje jednostki,
- str. 104, „surowce żelazne” – zamiast surowce żelaza,
- str. 110, na Fig. 6.2 jest „Lumumbashi”, zamiast Lubumbashi,
- str. 115, w podpisie do Fig. 6.6 jest: „w .... osadów”, zamiast „w .... osadach”
- str. 132, dwukrotnie użyto słowa „zarówno” raz pisane rozłącznie: niepoprawnie (pierwszy akapit), raz łącznie: poprawnie (drugi akapit).

Autorka nie jest konsekwentna w sposobie oznaczenia wartości liczbowych oraz stosowaniu skrótów. Czasem poprawnie zapisujewielkościoprodukcji za pomocą odpowiedniej ilości zer, czasem jednak uparcie używa niepoprawnego skrótu: „tyś ton” zamiast tys. ton (np.: na str. 35: ponad 100 tyś ton kawy). Miejscami po skrócie oznaczającym milion: „mln”, niepotrzebnie stawia kropkę (str.35).

Zdarzają się niezręczne sformułowania stylistyczne, na przykład Autorka kilkakrotnie używa w opisie do schematów i map eksploatowanych przez okoliczną ludność w sposób niekontrolowany, wyrażenia: „dzikich górników” (np.: w tekście na stronie 122, w opisie do Fig. 5.3 na str. 122 oraz na str. 126), podczas gdy powinno być: miejsca „dzikiej eksploatacji” przez górników, pochodzących z Demokratycznej Republiki Konga.

Fotografie z terenu oraz szkice geologiczne w sposób przejrzysty dokumentują budowę geologiczną badanego obszaru. Załączone w pracy wykresy i diagramy są także starannie zredagowane. Uzupełniona o nowe diagramy i mapki praca jest bardziej czytelna, niż wersja pierwsza. Załączone w pracy mikrofotografie są jednak nadal zróżnicowanej jakości, zdarzają mało czytelne i nieostre, (np.: nieostre lewe zdjęcie na Fig 5.15 na str. 65, zupełnie nieostra figura 5.16 na str. 68, słabo widoczne minerały na figurach 5.20 i 5.28 na stronach – odpowiednio – 73 i 79).

Cytowanie bibliografii w całej pracy jest niejednolite. W niektórych miejscach używane są tylko nazwiska, w niektórych również inicjały imienia autora publikacji (np.: Przylibski T. 1994) zamiast Przylibski, 1994, str. 30). Strony internetowe w spisie literatury powinny znaleźć się w jednym miejscu, ułatwiłoby to korzystanie z pracy.

Niezrozumiałe są także zasady, które Autorka stosuje cytując publikacje. Częstość cytowana jest bardzo różna. Cytowania czasami są przesadnie częste; w jednym podrozdziale ośmiokrotnie - Kadima i in. 2011, Belon, 1997 pojawia się trzykrotnie w jednym akapicie (str. 30), a w rozdziale 8.3 na całej stronie, odnoszącej się do działalności górniczej, nie ma ani jednego powołania na literaturę. Kilkakrotnie pomyłkowo nazwisko autora publikacji z 2008 roku: Korzekwa, w Pracy zapisano jako Korzekawa (str. 19 i 108).

Wcięcia akapitowe mają różne rozmiary, nawet na jednej stronie; albo też w ogóle nie są zaznaczone, pomimo tego, że poprzednie zdanie jest rozpoczęte od nowego wiersza i przedstawia nową myśl Autorki (na stronach: 19, 20, 22, 31, 41, 57, 58, 60, 64, 65, 86 i 90).

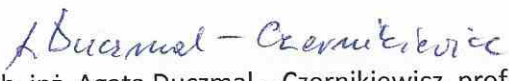
Autorka, mimo wprowadzenia poprawek do pierwszej wersji Pracy i uzupełnienia jej o dodatkowe podrozdziały, nie usunęła błędów edytorskich, literowych, gramatycznych, stylistycznych i interpunkcyjnych. Liczne błędy wpływają negatywnie na odbiór Pracy, pomimo niewątpliwej wartości merytorycznej przeprowadzonych badań.

### **Wnioski końcowe**

Przedłożona do recenzji Praca zawiera wartościowe opracowanie interesującego materiału zawierającego rudy miedzi oraz żuźle po ich przeróbce, pobrane przez Promotora podczas wyjazdów do Demokratycznej Republiki Konga. Obejmuje interpretację obserwacji, udokumentowanych badaniami terenowymi i laboratoryjnymi. Przeprowadzone badania pozwoliły na charakterystykę składu mineralnego, petrograficznego i chemicznego rudy, zawierającej nagromadzenia mineralizacji miedziowo - kobaltowej. Najważniejszymi osiągnięciami pracy są: zróżnicowanie rodzajów rudy ze względu na skład mineralny, określenie zmienności zawartości pierwiastków w strefach wietrzenia złóż, charakterystyka składu fazowego żużli, jak również przedstawienie aspektów środowiskowych i zmian wywołanych eksploatacją złóż. Uważam, że Doktorantka wykazała się wiedzą i samodzielnością w prowadzeniu badań naukowych i zrealizowała założone w pracy cele. Obowiązkiem recenzenta jest jednak wykazanie niedociągnięć pracy, ze względu na późniejsze przygotowanie pracy do publikacji; załączone krytyczne uwagi o charakterze uzupełniającym i porządkującym powinny być uwzględnione w przygotowaniu materiału do druku.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Marty Wróbel na temat: *Studium mineralogiczno – petrograficzne złóż miedzi Kibutu i Kajuba (Demokratyczna Republika Konga) i odpadów powstających po ich przeróbce*, spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku: O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz. 595) oraz Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15.01. 2004 roku (Dz.U. Nr 15, poz. 128). Wnioskuje o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Poznań, dnia 22. 09.2016r.

  
dr hab. inż. Agata Duczmal – Czernikiewicz, prof. UAM  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu