

dr hab. Sławomir Oszczepalski
prof. nadzw. PIG-PIB
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
Rakowiecka 4
00-975 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Agaty Sokalskiej

pt. *Uwarunkowania zmienności zawartości miedzi w łupku miedzionośnym w wybranych fragmentach złóż „Rudna i „Sieroszowice”*

Recenzja została wykonana na zlecenie prof. dr hab. inż. Moniki Hardygóry, Dziekana Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej

1. Zawartość pracy i uwagi merytoryczne

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Agaty Sokalskiej pt. *Uwarunkowania zmienności zawartości miedzi w łupku miedzionośnym w wybranych fragmentach złóż „Rudna i „Sieroszowice”*, została wykonana pod kierunkiem Pana prof. dr hab. Andrzeja Soleckiego i Pana dr Wojciecha Śliwińskiego. Zasadniczym celem rozprawy było zbadanie zależności pomiędzy wybranymi czynnikami geologicznymi, takimi jak: wykształcenie litologiczne i miąższość łupku miedzionośnego, jego mineralizacją kruszczową oraz położeniem w obrębie depresji stropu białego spągowca, a zmiennością przestrzenną zawartości miedzi w środkowej i północnej części złoża Rudna oraz w północno-wschodniej części złoża Sieroszowice.

Rozprawa składa się z części tekstowej i części załącznikowej.

Część tekstowa liczy 240 stron, w tym 17 stron spisu literatury obejmującego 242 pozycje oraz 15 stron spisu fotografii. W tekst włączono 42 tabele i 7 rysunków (brak ich spisu). 232 fotografie, zarówno makro-, jak i mikroskopowe zawarto na nośniku CD dołączonym do części tekstowej.

Część załącznikowa obejmuje 9 zbiorczych załączników tabelarycznych (w tym zał. graf. 1-5, zawierające zestawienia profili litologicznych i próbek, wyniki planimetrowania kruszców, statystyki opisowe i wartości d testu Kołmogorowa-Smirnowa oraz zał. graf. 6-9, zawierające histogramy rozkładu zawartości Cu, miąższości i zasobności Cu oraz zależności zawartości Cu i miąższości łupku miedzionośnego), 26 załączników graficznych (w tym 6 map jakościowych i ilościowych oraz 20 zestawień profili litologicznych).

Merytoryczna część rozprawy została podzielona na 8 rozdziałów.

Wstęp to krótki tekst uwypuklający znaczenie badań litologii łupku miedzionośnego w odniesieniu do paleogeografii stropu czerwonego spągowca, a w szczególności do jego elewacji (wyniesień) i depresji (obniżień). Na tym tle, w formie trzech tez, Doktorantka wskazała precyzyjnie cel pracy, równocześnie stwierdzając, że wszystkie zależności wskazane w tezach zostały w dysertacji wykazane. Wydaje się jednak, że zawarcie takiej deklaracji już we wstępie jest przedwczesne, gdyż właściwe miejsce takiego stwierdzenia jest we wnioskach, po udowodnieniu założonych tez rozprawy, a nie we wstępnej części pracy.

Rozdział drugi – Budowa geologiczna obszaru badań, zawiera nie tylko ogólne i znane powszechnie informacje na temat litologii, stratygrafii i tektoniki omawianego obszaru, lecz także opis formy i budowy złoża oraz omówienie paleogeografii basenu czerwonego spągowca, w tym paleogeografii łupku miedzionośnego. Niestety, w rozdziale tym – niezgodnie z jego tytułem – nie omówiono budowy geologicznej obszaru badań, lecz budowę całej monokliny przedsudeckiej, co wydaje się niepotrzebne, a wobec tego zbędne są podrozdziały dotyczące wapienia muszlowego, kajpru i kredy, które to wydzielenia nie występują na obszarze badań. Podobnie, ze względu na brak bezpośredniego związku z głównym nurtem badawczym, nie wydaje się celowe przytaczanie dokładnych opisów litologicznych wszystkich jednostek litostratygraficznych cechsztynu powyżej badanej serii. Szkoda, że Doktorantka przyjęła niestosowany już obecnie podział czerwonego spągowca na autun i sakson, podczas gdy od wielu już lat stosowane są w Polsce nowe schematy formalnego podziału czerwonego spągowca na subgrupy i formacje (por. Pokorski 1981; Karnkowski 1994). W przypadku białego spągowca, na s. 16 przyjęto mylnie, że biały spągowiec jest wykształcony jako „piaskowce szarogłazowe”, tymczasem są one reprezentowane przede wszystkim przez piaskowce kwarcowe (arenity kwarcowe, rzadziej sublityczne), a na s. 17 dokonano znacznego uproszczenia stwierdzając, że są one w całości lądowego pochodzenia, tymczasem wielokrotnie wykazano, że co najmniej górna jego część powstała w środowisku morskim, co również sama Autorka dostrzega nieco dalej na s. 32.

Rozdział trzeci noszący tytuł Metodyka badań - ma objętość aż 7 stron, co unaocznia duży zakres metodyczny oraz ogrom pracy włożonej w uzyskanie danych niezbędnych do przygotowania dysertacji. Zawiera informacje o pracach wykonanych w 3 etapach: I – opróbowanie wyrobisk górniczych ZG Rudna i ZG Polkowice-Sieroszowice; II – badania mikroskopowe; III – analizy statystyczne. Pobrano 150 próbek z 42 profili badawczych zlokalizowanych wzdłuż 16 linii przekrojowych, usytuowanych prostopadle do osi poszczególnych depresji. Dla uzupełnienia zakresu informacji, dodatkowo wykorzystano 277 profili kopalnianych pozyskanych z bazy KGHM Polska Miedź S.A. Zestawienie dla łącznej sumy 319 rozpatrywanych profili znajduje się w zał. tab. nr 1, ale nie zaznaczono w nim

jednoznacznie, które z tych profili opróbowwała Doktorantka. Petrograficznie zbadano 124 próbki, zarówno w świetle przechodzącym, jak i odbitym, planimetrując minerały siarczkowe. Ten sam zestaw próbek zbadano chemicznie w Laboratorium Acme metodami: ICP-ES i ICP-MS. Dodatkowo W zbadano zawartość TOC w 23 próbkach oraz zawartość węglanów w 29 próbkach. Ważną częścią wykonanych prac są analizy statystyczne, wykonane dla sześciu tzw. „obszarów szczegółowych”. W tych obszarach wykorzystano dane własne oraz z bazy KGHM nt. średniej ważonej zawartości Cu, miąższości łupku miedzionośnego i zasobności Cu, dotyczące ogromnej liczby 15 237 profili. Zarówno analizy statystyczne, jak i wynikające z ich wykorzystania mapy ilościowe (w tym mapy: strukturalna stropu białego spągowca – zał. graf. nr 3, miąższości łupku miedzionośnego – zał. graf. nr 4, zawartości i zasobności miedzi w łupku miedzionośnym – zał. graf. nr 5 i 6) wykonano przy zastosowaniu wielu programów, m.in. StatSoft Statistica 10, Bentley Map Power View V8i i Golden Software Surfer 12.

Rozdział czwarty – Wykształcenie łupku miedzionośnego, liczący 16 stron, obejmuje informacje głównie literaturowe o składzie mineralnym i chemicznym oraz rodzajach wydzieleni litologicznych, a następnie Autorka podaje opis wyróżnionych przez siebie zasadniczych odmian litologicznych łupku miedzionośnego, tj. łupku smolistego, ilastego i dolomitycznego. Za kryterium zaliczenia skały do łupkowej słusznie uznano obecność laminacji i oddzielności łupkowej. Ponieważ rozdział ten dotyczy wykształcenia łupku miedzionośnego, zbędne są zatem w nim opisy dolomitu granicznego, dolomitu ilastego i dolomitu smugowanego, skoro nie są to skały łupkowe, natomiast bardziej skondensowane opisy tych skał można z powodzeniem zamieścić w rozdziale 2 (Budowa geologiczna). W tekście odmiany litologiczne łupku miedzionośnego opisano w prawidłowej kolejności od występujących głównie w spągu łupku miedzionośnego do występujących przeważnie w jego stropie, lecz w zał. tab. nr 3 układ jest odwrotny, niedostosowany do naturalnego następstwa odmian litologicznych. W tabeli tej, podobnie jak w tab. 4.2.2. i innych, kontrowersyjna jest obecność danych nie dotyczących łupku miedzionośnego.

Rozdział piąty – Wykształcenie litologiczne łupku w depresjach stropu białego spągowca jest jednym z zasadniczych i najbardziej interesujących rozdziałów dysertacji, obejmującym 51 stron. W zasadniczym podrozdziale 5.2 (Wyniki badań litologicznych w analizowanych depresjach), Doktorantka starannie i dokładnie analizuje profile litologiczne wzdłuż linii przekrojowych, przecinających Centralną Depresję Rudnej, Północną Depresję Rudnej i Depresję Tarnówka. Jest to bardzo wartościowy rozdział, gdyż zawiera szczegółowe opisy następstw litologicznych w poszczególnych profilach danej depresji oraz zmienność wykształcenia i miąższości łupku miedzionośnego, co zilustrowano na bardzo czytelnych i

dobrze skonstruowanych mapach (zał. graf. nr 2-4), zestawieniach profili litologicznych (zał. graf. nr 7-16) oraz licznych fotografiach makro- i mikroskopowych (płyta CD). Cennym elementem pracy jest wyznaczenie morfologii powierzchni stropu białego spągowca wzdłuż linii przekrojowych (rys. 5.4.1.1), którą uzyskano po usunięciu kąta upadu monokliny przedsudeckiej. Niestety nie podano wielkości tego kąta, co jest istotne wobec faktu, że – jak podano na s. 30 – zmienia się on w granicach 2-6°. Interpretacja zwiększonej miąższości łupku miedzionośnego na NE skłonach w porównaniu ze skłonami SW budzi wątpliwości i nie wyczerpuje zagadnienia, zwłaszcza w aspekcie „kierunków falowania” oraz wątpliwej (zdaniem recenzenta) roli odległego wału wolsztyńskiego. Wydaje się, że uwzględnienie progradacji lepiej wyjaśniłoby ten problem. Interesująca sugestia o możliwości okresowego wynurzania się szczytów elewacji (s. 35, 109) nie została poparta przekonującymi przesłankami. Autorka przyznaje, że w bazie danych KGHM istnieją różnice odnośnie wydzieleni litologicznych, co skutkuje trudnościami w ich uporządkowaniu, ale to nie powinno zdaniem recenzenta prowadzić do wysunięcia przez Doktorantkę sugestii (s. 104), aby w praktyce kopalnianej uprościć podział łupku miedzionośnego, poprzez wyróżnianie jedynie dwóch odmian litologicznych: łupku smolisteo i łupku dolomitycznego. Zastosowanie się do tej rady byłoby może korzystne dla górników, gdyż ujednoczyłoby nomenklaturę, jednak z naukowego punktu widzenia, taka praktyka nie pozwalałaby na dokonywanie regionalnych analiz miąższościowych i sedymentologicznych, gdyż łupki smoliste w wielu przypadkach nie stanowią litosomu, lecz są produktem deformacji tektonicznej pozostałych odmian litologicznych łupku miedzionośnego. Wbrew tytułowi tego rozdziału, niewłaściwe jest umieszczenie w nim podrozdziału 5.1, omawiającego znaczenie elewacji i depresji (na podstawie literatury) oraz szczegółowych opisów elewacji (s. 92, 94, 100) w podrozdziale poświęconym depresjom. Podrozdział ten powinien znaleźć swoje miejsce w rozdziale o paleogeografii basenu czerwonego spągowca, a nie w rozdziale o litologii skał łupkowych. Podobnie dla Centralnej Depresji Rudnej omówiono litologię łupku miedzionośnego obecnego nie tylko w tej depresji, lecz także na elewacjach (s. 65), co także kontrastuje z tytułem podrozdziału. W końcowej części rozdziału, w osobnym podrozdziale 5.3 omówiono struktury sedymentacyjne i tektoniczne w łupku miedzionośnym. Są to bardzo umiejętnie zaobserwowane i opisane cechy utworów łupku miedzionośnego, doskonale udokumentowane na fotografiach, jednak wydaje się, że opisy struktur sedymentacyjnych powinny zostać wkomponowane we wcześniejszy podrozdział 5.2, który poświęcony jest badaniom litologicznym, ponieważ struktury sedymentacyjne stanowią integralny element opisu litologicznego. W efekcie, podrozdział 5.3 powinien zawierać jedynie opisy struktur tektonicznych, także tych, które niepotrzebnie zamieszczono nieco wcześniej przy opisie

litologii łupku miedzionośnego. Z drugiej strony, należałoby się zastanowić, czy podział o strukturach tektonicznych jest w ogóle potrzebny, skoro nie ma on bezpośredniego związku z głównym nurtem badawczym tej pracy, a także z tego powodu, że w następnych rozdziałach brak do niego jakichkolwiek odniesień.

Rozdział szósty – Okruszcowanie w łupku miedzionośnym w depresjach stropu białego spągowca ma objętość 33 stron. Po wstępnym omówieniu dotychczasowych prac dotyczących okruszcowania złoża Lubin-Sieroszowice oraz poglądów na temat strefowości pionowej i poziomej, Doktorantka przechodzi do przedstawienia wyników własnych badań minerałów kruszczowych w świetle odbitym, opisując kolejno cechy strukturalno-teksturalne głównych minerałów kruszczowych. Dużą zaletą jest zwięzłość opisów, poparcie obserwacji wynikami planimetrowania kruszców w świetle odbitym (zał. tab. 2-3) oraz trafne udokumentowanie badań licznymi mikrofotografiami. W celu ułatwienia interpretacji przestrzennego rozkładu kruszców, każdej próbce przypisano minerał dominujący, co umożliwiło obiektywne ustalenie przeważających typów okruszcowania w poszczególnych odmianach litologicznych łupku miedzionośnego oraz w odniesieniu do jego pozycji paleogeograficznej względem elewacji (tab. 6.3.2). By maksymalnie ograniczyć subiektywizm w procesie uzasadniania tezy o istnieniu współzależności między litologią, dominującą mineralizacją i lokalizacją w obrębie depresji, zastosowano test chi-kwadrat niezależności i współczynnik V-Cramera. W wyniku przeprowadzonych badań Autorka dysertacji wysnuwa istotne wnioski, że: (1) w całej populacji zbadanych próbek dominuje chalkozyn, rzadziej bornit, a z analizy statystycznej wynika, że mineralizacja kruszczowa jest powiązana z litologią, tzn. zdecydowana większość próbek łupków smolistych i ilastych zdominowana jest chalkozynem (choć należy zdawać sobie sprawę z tego, że siła tego związku jest słaba do umiarkowanej), natomiast w próbkach łupku dolomitycznego obok chalkozynu obecne są w zbliżonej ilości pozostałe siarczki; (2) w strefach skłonów elewacji mineralizacja chalkozynowa występuje częściej we wszystkich odmianach litologicznych, niż w centrum depresji, gdzie dominują asocjacje polimineralne. Oba te spostrzeżenia mają duże znaczenie praktyczne, gdyż umożliwiają wskazanie rejonów o stwierdzonej i przewidywanej dominacji poszczególnych asocjacji kruszczowych.

Rozdział siódmy – Analiza zmienności zawartości miedzi w łupku miedzionośnym w depresjach stropu białego spągowca, to bardzo obszerne studium, obejmujące 52 strony, w którym statystycznie przeanalizowano zmienność miąższości oraz zawartości i zasobności Cu w zależności od litologii, dominujących asocjacji kruszczowych oraz lokalizacji w obrębie depresji, co jest ważne z punktu widzenia dalszej interpretacji. Z analizy statystycznej wynika ważny wniosek, że najwyższe miąższości i zasobności Cu przypadają na strefy centralne

depresji, natomiast najwyższe średnie zawartości Cu są typowe dla skłónów depresji (s. 166). Zastosowanie licznych metod statystycznych z wykorzystaniem programów Statistica 10 i Program R 3.4.4. w celu maksymalizacji obiektywizmu we wnioskowaniu umożliwiło wyciągnięcie niezwykle istotnych konkluzji: (1) wykształcenie litologiczne ma silny wpływ na zmienność zawartości i zasobności Cu, gdyż najwyższymi wartościami tych parametrów cechują się łupki smoliste; (2) istnieje ujemna korelacja między zawartością Cu a miąższością łupku miedzionośnego, zwłaszcza na skłónach elewacji; (3) zawartości Cu są najwyższe na skłónach elewacji, a zasobności Cu w centrach depresji; (4) najwyższe zawartości i zasobności Cu przypadają na rejony dominacji chalkozynu, czyli głównie na skłony elewacji; (5) w centrach depresji częściej spotyka się asocjacje polimineralne, ze znaczną domieszką chalkopiryty, galeny i sfalerytu (zwłaszcza w łupku dolomitycznym). Należy podkreślić fakt, że w trakcie analiz wszystkich współzależności, wykonywano testy statystyczne na ich istotność. Najbardziej kontrowersyjne wydaje się wiązanie najwyższych zawartości i zasobności Cu z wykształceniem litologicznym łupku smolistego, a nie z jego pozycją w profilu, gdyż w świetle ascenzyjnej dostawy miedzi do łupku miedzionośnego, łupek smolisty, zajmujący zwykle najniższą pozycję w profilu stanowił najdogodniejszą, bo pierwszą od dołu barierę geochemiczną dla depozycji metali.

Rozdział ósmy – Dyskusja i wnioski, zawiera na 15 stronach interpretację wyników w kontekście genezy złoża. Wydaje się, że trafniejsze byłoby rozdzielenie rozdziału na dyskusję i wnioski. Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają istnienie strefowości pionowej. Na uwagę zasługuje próba porównania złóż Sieroszowice i Rudna oraz stwierdzenie, że w obszarze Sieroszowice (ob13 i 15) zaznacza się wyraźna dominacja chalkozynu, natomiast jest ona mniejsza w obszarze Rudna. Podobnie zmienia się średnia zawartość i zasobność Cu oraz miąższość. Spostrzeżenie to jest zgodne ze znaną prawidłowością poziomej strefowości mineralnej i występowania najbogatszej mineralizacji w najbliższym otoczeniu strefy utlenionej (por. Pieczonka 2011; Oszczepalski i in. 2016), czego Autorka nie spróbowała dostrzec. A przecież SW część analizowanego obszaru przylega bezpośrednio do rejonu z utlenionym białym spągowcem (przede wszystkim w zachodniej części ob15 o ob13 i na SW od nich, gdzie występują utwory utlenione w stropie piaskowców i może pojawiać się wyspowo utlenienie w spągu łupku miedzionośnego, jak np. w otworze S-362). Dlatego zapewne w spągowym łupku smolistym (pr. 15.1.1.) profilu 15.1 jest mniej miedzi (3,65% Cu, CC+, typ okruszcowania R), niż w wyżejległym łupku dolomitycznym (13,77% Cu, Cc_{mono}, typ okruszcowania R, SO, SM), co można tłumaczyć jej wylugowaniem. Kontrowersyjny jest wniosek oparty głównie o rozkład zawartości Cu, iż w trakcie procesów mineralizacji zasadniczy ładunek miedzi kumulował się w większym stopniu w strefach

skłonów, niż w centralnych partiach depresji (s. 201), gdyż zasobności miedzi, które najlepiej obrazują ilość miedzi zgromadzonej w profilu, są najwyższe właśnie w centrach depresji, a nie na ich skłonach. W tym kontekście budzi wątpliwości także interpretacja uzasadniająca zróżnicowanie zawartości miedzi różną kompaktcją i cementacją łupku, większą zdaniem Doktorantki w rejonach skłonów, niż w centrach depresji, ponieważ przypuszczenie to nie zostało przekonująco uzasadnione. Autorka podejmuje trud nawiązania do modeli genetycznych, uznając, iż mineralizacja miedziowa na analizowanym obszarze zachodziła w trzech etapach. W pierwszym etapie powstała uboga mineralizacja syngenedacyjna, w drugim etapie - wczesnodiagenetycznym - utworzyła się „główna masa okruszcowania”, zdaniem Doktorantki przypuszczalnie po osadzeniu się i częściowej cementacji skał węglanowych, być może przed triasem (s. 202, 205), a w trzecim potriasowym etapie tworzyła się mineralizacja żyłowa. Pogląd ten, częściowo trafny w odniesieniu do etapów okruszcowania, nie został jednak przekonująco uzasadniony. W końcowej części tego rozdziału Autorka wyciąga wnioski o aspekcie praktycznym, uznając, że w celu prawidłowego wyznaczenia tzw. domen geometalurgicznych (czyli rud o zbliżonych właściwościach flotacyjnych), przydatne będzie uwzględnienie uzyskanych przez Doktorantkę danych na temat stref skłonów i centrów depresji, różniących się znacznie charakterem mineralizacji.

2. Uwagi redakcyjne i formalne

Oceniając ogólnie całą recenzowaną rozprawę należy stwierdzić, że jest napisana bardzo dobrym językiem, co sprawia, że czyta się ją z przyjemnością, mimo zawartych w niej licznych opisów i danych oraz rozwlekłości i powtórzeń.

W trakcie sporządzania recenzji dostrzegłem drobne uchybienia o charakterze formalnym, bądź redakcyjnym, których poprawa będzie pomocna przy korekcie pracy w trakcie przygotowywania jej do druku.

- Przede wszystkim należy rozważyć przydatność opisów, danych (zwłaszcza tabelarycznych) i fotografii dotyczących utworów należących do dolomitu granicznego i wapienia cechsztyńskiego. Są one w wielu przypadkach zbędne, jeśli uwzględni się fakt, że przedmiotem badań Doktorantki jest łupek miedzionośny.

- Opisując poszczególne jednostki litostratygraficzne cechsztynu i pozostałych wydzieleni oraz analizując ich zmiany miąższościowe, Autorka posługuje się danymi z dokumentacyjnych otworów powierzchniowych o symbolu „S”, jednak brak lokalizacji cytowanych w tekście otworów na mapach istotnie utrudnia śledzenie i weryfikację podanych informacji.

- Autorka w całej pracy stosuje różne określenia dla pełnego profilu serii złożowej, złożonej od dołu ku górze z łupku smolistego, ilastego i dolomitycznego, nazywając go przemiennie idealnym (s. 53, 96) lub modelowym (s. 99, 101, 103, 104, 197), zamiast po prostu pełnym lub kompletnym.

- Należy ujednolicić termin odnoszący się do skłonów, gdyż w pracy raz jest mowa o skłonach depresji, a innym razem o skłonach elewacji.

- Liczne obserwacje (zwłaszcza w rozdziale 6) opisywane są w manierze czasu przeszłego (np. dominował w depresji, tworzył zrosty, zawartość wynosiła, w profilach zaznaczała się strefowość), co prowokuje zadawanie pytań o to, czy te obserwacje są wciąż aktualne.

- Nie jest potrzebna implementacja numerycznych oznaczeń litologii łupków stosowanych w bazie danych KGHM (s.97), zamiast zastosowania własnych oznaczeń. W zał. tab. nr 3 brak objaśnień dla skrótów odnoszących się do typów okruszcowania, co jest dotkliwie, gdyż brak ich także w tekście.

- Histogramy nie są załącznikami tabelarycznymi, lecz graficznymi.

- Linie przekrojowe i obszary szczegółowe na mapach powinny mieć kolejną numerację, konsekwentnie w zgodzie z ich kolejnymi usytuowaniami.

- Do mankamentów bardzo dobrze opracowanego rozdziału szóstego należy zaliczyć: zastosowanie w tekście i w zał. tab. nr 3 dla nazw niektórych minerałów kruszcowych (chalkopiryt, sfaleryt, galena, tennantyt) skrótów nieodpowiadających zaleceniom literatury światowej (por. Whitney, Evans, 2010), a także na fotografiach należy wskazać strzałkami i właściwymi skrótami odpowiednie minerały, zamiast opisów w rodzaju: „chalkopiryt – żółty”.

- Konieczne jest wykazanie większej dbałości przy stosowaniu odnośników literaturowych oraz nadmiernym powtarzaniu wciąż tych samych pozycji literatury. Przykładowo, zbędne jest cytowanie przy wszystkich wydzieleniach stratygraficznych niemal tych samych artykułów, zamiast ich zbiorczej cytacji na początku rozdziału lub zagadnienia. Za inny przykład może posłużyć sugestia (s. 111), że Tomaszewski (1985) doszukiwał się powiązania nagromadzeń kruszców z kierunkiem upadu złoża, tymczasem konkludował on (s. 383), że zonalność mineralizacji jest uzależniona od przebiegu granicy facji utlenionej. Podobnie, żaden autor wymieniony w punkcie b) na s. 198 (Hammer i in. 1990, Oszczepalski, Rydzewski 1991; Bechtel, Püttmann 1991), włącznie z autorem tej recenzji, nie twierdził wbrew sugestii Doktorantki, że mineralizacja powstawała „na kontakcie oddolnych roztworów utleniających i nadległych – redukcyjnych”, co właśnie sugerują całkiem inni autorzy (Kucha, Pawlikowski 1986; Wodzicki, Piestrzyński 1994; Piestrzyński 2007).

Niektórych prac przywołanych w tekście brak w spisie literatury (np. Jurek i in. 2013, Mucha, Nieć 2007; s. 150), ale co dziwi bardziej – brak w spisie literatury istotnego artykułu Doktorantki (Sokalska 2017). Ponadto, należy starannie zweryfikować ten spis, gdyż zawiera liczne prace nie tylko nie związane z głównym zagadnieniem badawczym, lecz także nie zacytowane w tekście (np. niemal wszystkie artykuły poświęcone mineralizacji Au).

- Należy zweryfikować niezręczne sformułowania i potoczne określenia, typu: utworów przeobrażonych (zamiast redeponowanych, s. 32), bliższe obserwacje (s. 65), intraklasty zinterpretowane jako ichnofosylia (s. 71), skulptura zonalna (s. 80), warstewki łupku na powierzchniach uskokowych (s. 86), akumulacja wyższych miąższości łupku (s. 90), bezapelacyjnie potwierdzono (s. 91), „zab” – niefortunny skrót dla oznaczenia profili nietypowych (s. 97), o powierzchniach kilkuset metrów (s. 107), średnia miąższość pobranych próbek (s. 154).

3. Ocena pracy

Przedstawiona rozprawa stanowi niezwykle obszerne studium na temat uwarunkowań zmienności mineralizacji kruszcowej w łupku miedzionośnym w znacznych fragmentach obszarów górniczych Rudna i Sieroszowice, oparte o badania litologiczne, kruszcowe, chemiczne i statystyczne. Doktorantka zebrała i w konsekwentny sposób przeanalizowała obfite materiały własne oraz informacje z bazy KGHM stosując różnorodne metody badawcze. Sprawnie posługuje się narzędziami informatycznymi, co pozwala Jej na efektywną i efektywną wizualizację danych. Ujawniła zdolności do szczegółowej analizy danych i umiejętność ich syntetycznego kojarzenia w celu scalenia zebranych faktów. Na podkreślenie zasługuje kompleksowość i komplementarność wykonanych badań. Niezwykle istotnymi elementami dysertacji są liczne tabele i rysunki zamieszczone w tekście, załączniki tabelaryczne i graficzne oraz makro- i mikrofotografie. Godna uwagi jest kompletność danych podstawowych, dotyczących próbek zamieszczonych w tabelach, a zwłaszcza dane na temat głębokości próbki i rodzaju skały, co ułatwi do nich powrót w przypadku niewątpliwej w przyszłości potrzeby kontynuacji badań i uzupełnienia bazy danych.

Zauważyć należy, że Doktorantka miała przed sobą trudne zadanie, gdyż analizowane obszary były już wcześniej przedmiotem różnorodnych badań kilku autorów (np. Harańczyk 1972; Błaszczuk 1981; Mayer, Piestrzyński 1982, 1985; Kaczmarek 2006; Kaczmarek i in. 2004), choć w nieco innym, mniej kompleksowym zakresie, lecz ogromny zebrany materiał badawczy pozwolił na opracowanie po raz pierwszy szczegółowej charakterystyki miedzionośnych utworów łupku miedzionośnego i jego okruszcowania w depresjach stropu białego spągowca. Należy także podkreślić fakt, iż wobec przesuwania się frontu eksploatacyjnego na północ i zachód od obecnych rejonów wydobywania, praca ta ma także

istotne walory praktyczne, gdyż jej wyniki mogą być przydatne dla prowadzenia efektywnej eksploatacji, racjonalnej gospodarki złożem oraz optymalizacji procesów przeróbki rud.

Niżej podpisany podejmując się przygotowania recenzji z natury rzeczy skupił się na wychwyceniu i uwypukleniu słabszych lub dyskusyjnych elementów pracy, gdyż takie zadanie wynika z uregulowań prawnych, obowiązujących recenzentów prac doktorskich. Uwagi przedstawione w poprzednich częściach recenzji, nieliczne w odniesieniu do tak obszernej i wielowątkowej pracy, nie mają zasadniczego znaczenia dla oceny wartości rozprawy oraz jej walorów naukowych i nie obniżają znacząco oceny, ale powinny być uwzględnione w trakcie jej przygotowywania do druku.

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Agaty Sokalskiej pt. *Uwarunkowania zmienności zawartości miedzi w łupku miedzionośnym w wybranych fragmentach złóż „Rudna i „Sieroszowice”* jest samodzielny opracowaniem stanowiącym oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wnoszącym istotny wkład do znajomości rozmieszczenia mineralizacji kruszcowej w łupku miedzionośnym badanego obszaru. Tezy pracy, tabele i materiały graficzne oraz wnioski, przedstawione w sposób jasny i przekonujący, obrazują istotne osiągnięcia rozprawy. Autorka dowiodła, że posiada wysoką ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną dotyczącą dyscypliny naukowej *górnictwo i geologia inżynierska*, świadczącą o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dyscyplinie. Wobec powyższego wyrażam opinię, że rozprawa doktorska mgr Agaty Sokalskiej spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr. 65, poz. 595 z późn. zmianami). Przedkładam więc wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr Agaty Sokalskiej i wnoszę o Jej dopuszczenie do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Stanisław Orupel

Warszawa, 26.11.2018 r.