

Warszawa, 28.08.2020 r.

Dr hab. Stanisław Z. Mikulski, *prof. nadzw.* PIG-PIB
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Rakowiecka 4; 00-975 Warszawa
e-mail: stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej magistra Marcina Kani pt. *Charakterystyka chemiczno-mineralogiczna złota okruchowego z wybranych aluwii Dolnego Śląska*

Recenzja została wykonana zgodnie z decyzją Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Wrocławskiego z dnia 15.05.2020 r., o której zostałem powiadomiony pismem z dnia 18.05.2020 r., przez Panią Dyrektora Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, dr hab. Annę Pietranik, prof. UWrocław.

Pan mgr Marcin Kania wykonał rozprawę doktorską pod kierunkiem dr hab. Antoniego Muszera w Zakładzie Gospodarki Surowcami Mineralnymi ING UWrocław. Promotorem pomocniczym była dr inż. Katarzyna Komorowska.

Recenzowana rozprawa doktorska przedstawia wyniki badań chemicznych i mineralogicznych złota okruchowego pochodzącego ze współczesnych osadów korytowych Pogórza Kaczawskiego, Pogórza Izerskiego oraz Równiny Chojnowskiej na Dolnym Śląsku. Napisana została w języku polskim składa się z części tekstowej oraz załączników graficznych. Poprzedzona jest krótkimi podziękowaniami, spisem treści oraz streszczeniem w językach: polskim i angielskim. W sumie liczy 154 strony, zawiera 10 rozdziałów, 8 podrozdziałów, 71 rycin, 10 tabel oraz w formie załączników graficznych 53 widma charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego pierwiastków chemicznych oznaczonych w złocie okruchowym (tzw. złocinach). Zestawienie cytowanej literatury liczy 208 pozycji.

We wstępie doktorant do głównych celów rozprawy zalicza określenie genezy złota okruchowego na podstawie składu chemicznego występujących w nim mikrowrostków, a także morfologii oraz składu chemicznego złocin. Doktorant cytuje tu prace innych autorów (Leake i in. 1995 oraz Kelly i in. 2003), które były źródłem inspiracji dla podjęcia tego typu badań również w Polsce. Podkreśla, że dotychczasowe badania złota okruchowego w Polsce, które już w latach 60. ubiegłego stulecia zapoczątkował na Uniwersytecie Wrocławskim, prof. A. Grodzicki, opierały się głównie na badaniach morfologii ziaren i składu mineralogiczno-petrograficznego osadów złotonośnych. Tego typu szeroko prowadzone w drugiej połowie XX w. badania umożliwiły różnym autorom wskazanie, co najmniej 5 potencjalnych typów obszarów źródłowych złota w rozpatrywanym obszarze dolnośląskim. Doktorant stwierdza, że te różne potencjalne źródła złota okruchowego będą stanowiły punkt

odniesienia dla uzyskanych w dysertacji wyników. Jednak w zakończeniu Wstępu, autor niepotrzebnie informuje nas już o wynikach przeprowadzonych prac własnych. Informacje o wynikach identyfikacji mikrowrostków oraz wydzieleniu 3 paragenez złotonośnych należy zaprezentować w podsumowaniu pracy, a nie w już na początku w rozdziale wprowadzającym. Ponadto, wydaje się za konieczne wprowadzenie definicji dla niektórych z zastosowanych sformułowań tak, aby były one jednoznaczne i właściwie odczytane. Na przykład wyjaśnienia wymagają już na początku pracy takie określenia jak: metale strategiczne i krytyczne (str. 4), złoto rodzime (str. 4) czy parasteza złocin (str. 5).

W rozdziale 2, doktorant przedstawił metodykę prac terenowych oraz badań kameralnych. Selekcji obszarów do pobrania prób dokonał na podstawie danych historycznych i literaturowych o dawnym kopalnictwie złota rozsypiskowego oraz wystąpieniach pierwotnego okruszczowania Au-polimetalicznego. Z dziesięciu wytypowanych obszarów tylko w pięciu udało się pozyskać do badań złoto okruchowe. Brak złota w tych aluwialnych tłumaczy wyjątkowo niską jego koncentrację. Jednak sposób doboru najlepszych miejsc do opróbowania szlichowego został opisany krótko i bez odniesień do literatury przedmiotu. Potrzebna jest dodatkowa informacja czy opróbowania osadów były wykonane punktowo czy może bardziej systematycznie wzdłuż dolin potoków. Na załącznikach graficznych brak jest lokalizacji potoków, z których nie uzyskano złocin do dalszych badań. Na figurach z naniesionymi punktami opróbowań, zaznaczono selektywnie elementy budowy geologicznej, które już na wstępie sugerują potencjalne źródła złota. Na ryc. 4 przedstawiającej mapkę z wystąpieniami żył kwarcowych w jednostce Chełmea żyły oznaczono schematycznie za pomocą elipsoid a w legendzie za pomocą linii. W opróbowaniu osadów aluwialnych wykorzystano Mobilny Koncentrator Grawitacyjny (MKG) skonstruowany w Zakładzie Gospodarki Surowcami Mineralnymi ING UW. Określony w warunkach laboratoryjnych współczynnik koncentracji oszacowany został na 1:500, a masa koncentratów pozyskanych z MKG wynosiła od ok. 0,26 do 1,6 kg, przy szacowanej masie nadawy od 133 do 780 kg. Doktorant zdaje sobie sprawę z ograniczeń sprzętowych, które wynikają głównie z różnic w uziarnieniu materiału nadawy i znacznym spadku wydajności pompy w przypadku osadów o dużym udziale frakcji żwirowej lub osadów gliniastych. Czy ograniczenia sprzętowe mogły być przyczyną braku złocin w kilku z opróbowanych potoków? Sugeruję dodatkowe opróbowanie osadów z tych pozostałych potoków także klasyczną metodą szlichową. W kolejnym rozdziale doktorant opisał metodykę wykonanych prac kameralnych, poczynając od wzbogacenia koncentratów i wykonania preparatów mikroskopowych złocin, aż po badania mikroskopowe ich morfologii oraz składów chemicznych złocin i występujących w nich mikrowrostków. Dla oceny stopnia obtoczenia kształtu złocin adoptuje dla swych celów badawczych stosowany przez geografów wskaźnik K służący do obliczania stopnia rozwoju linii brzegowej zbiorników wodnych. Przy czym geografowie pracują w skali makro, a doktorant zastosował tę metodę do skali mikro. W przypadku badań doktoranta współczynnik K określa stosunek długości linii konturu, czyli obwodu złociny do obwodu koła o powierzchni równej przekrojowi złociny. Należy docenić inwencję twórczą doktoranta w tym zakresie i wskazać na dodatkową możliwość poddania wyników pomiarów analizie statystycznej. Zaproponowaną metodę badań morfologii złocin można zastosować jedynie do ich przekrojów w preparatach polerowanych. W tym celu

korzysta z mikroskopu elektronowego i analizuje uzyskane obrazy elektronów wstecznie odbitych dla złocin, na których w dalszych etapach badań wykonuje pomiary oraz obliczenia za pomocą oprogramowania Surfer firmy GoldenSoftware. Należy zwrócić uwagę na pewne elementy, które mogą mieć wpływ na wartości liczbowe K w przypadku analizy konturów i powierzchni złocin. Bardzo ważnym jest odpowiednia orientacja złociny w przygotowywanym preparacie mikroskopowym. Pomierzone kontury i powierzchnie na przekrojach złocin powinny być zorientowane prostopadle do osi ziaren. Istotnym jest zawsze określenie przydatności uzyskanego przekroju do obliczenia wskaźnika K i w konsekwencji oceny na tej podstawie wiarygodności stopnia zaokrąglenia złociny wskazującego pośrednio długość drogi migracji z obszaru alimentacyjnego. Ponadto, w przekrojach pierwotne dendrytowe, włókniste czy cienko-blaszkowe formy złocin pochodzące np. z niskotemperaturowych żył epitermalnych będą miały wyższe wartości K niż zbite grudkowe złociny ze średniotemperaturowych żył kwarcowych. W trakcie wykonywania preparatu mikroskopowego złociny ulegają znacznemu zniszczeniu, dlatego przedmiotem badań są drobne okruchy złota, a te największe nadal będą badane dotychczas stosowanymi metodami porównawczymi.

Wyjaśnienia i ewentualnej korekty wymaga nieprecyzyjne sformułowanie (str. 20.) cyt. „*Określenie składu fazowego złocin oraz wstępną identyfikację występujących w nich wrostków wykonano w świetle odbitym, wykorzystując mikroskop uniwersalny Nikon Eclipse LV100 POL.*” Rozmiary większości wrostków osiągają zaledwie do kilku mikrometrów, dlatego ich identyfikacja w zastosowanym do badań mikroskopie polaryzacyjnym jest nie możliwa. Opis badań przeprowadzonych na skaningu należy uzupełnić o informację o zastosowanych wzorcach oraz podać poziom precyzji pomiarów dla analizowanych pierwiastków. Porównanie składu fazowego Au-Ag złocin oparto na wyliczeniu różnicy w zmierzonej maksymalnej i minimalnej zawartości srebra w stosunku do zawartości maksymalnej. Zasadnym pod względem statystycznym byłoby także podanie w rozprawie wyliczeń wartości średniej geometrycznej lub mediany, które to miary odrzucają wartości skrajne w zbadanych populacjach.

W rozdziale o zarysie historii poszukiwań i eksploatacji złota okruchowego w obszarze badań, doktorant przedstawił na podstawie doniesień historycznych i publikacji ciekawsze informacje o miejscach wydobywania złota z osadów w dolinach Bobru i Kaczawy. Jak sam podkreśla są to najlepiej udokumentowane obszary kopalnictwa złota z rozsypisk na Dolnym Śląsku. Pomimo iż eksploatacja rozsypisk w tym regionie prowadzona była głównie w średniowieczu i zakończyła się w latach 20. ubiegłego stulecia to prace poszukiwawcze i dokumentacyjne w zakresie złota okruchowego były tam kontynuowane także w okresie powojennym m.in. w Państwowym Instytucie Geologicznym. Wykonano również kilka doktoratów poruszających problematykę złota okruchowego w tym rejonie, a także oszacowane zostały zasoby perspektywiczne dla tych złotonośnych rozsypisk. Dlatego w publikacji materiałów z doktoratu należy w tym zakresie uzupełnić cytowania także o najważniejsze opracowania archiwalne i publikacje.

W kolejnym rozdziale dotyczącym Zarysu budowy geologicznej obszaru badań doktorant w sposób przystępny przedstawił podział geologiczno-tektoniczny jednostki kaczawskiej, główne elementy rozwoju geologicznego oraz rozprzestrzenienie utworów

skalnych. Brak jest jednak dokładniejszej informacji o rozwoju magmowo-wulkanicznym w strefie kaczawskiej w czasie na przełomie karbonu i permu, kiedy powstały pierwotne formacje złotonośne uważane za jedno z głównych źródeł rozsypisk na Dolnym Śląsku. W następnym bardzo dobrze napisanym i zredagowanym rozdziale mgr M. Kania scharakteryzował występowania utworów złotonośnych na obszarze badań. Widoczna jest Jego bardzo dobra znajomość opisywanej problematyki złota w aspekcie mineralogiczno-geochemicznym oraz metalogenicznym. Większość najważniejszych publikowanych prac dla zagadnień złota w obszarze kaczawskim została zacytowana.

W rozdziale 6, który jest jednocześnie najobszerniejszym (50 stron) i starannie zilustrowanym rozdziałem, mgr Marcin Kania zaprezentował wyniki z przeprowadzonych badań. Szczegółowo przedstawił charakterystyki chemiczno-mineralogiczne złocin z obszarów badań obejmujących osady korytowe Skory, Wierzbiaka, Jamna, Kraszówki i Żeliszowskiego Potoku. Charakterystyki zawierają także opisy morfologii przekrojów złocin w preparatach mikroskopowych. Zbadane złociny są udokumentowane bardzo dobrej jakości czarno-białymi i kolorowymi mikrofotografiami. Na rycinach nr: 9, 16, 23, 28 i 47 podane zostały także wartości liczbowe współczynnika rozwoju konturu (K) dla poszczególnych złocin. Złociny wykazują zmienność tego parametru. Na przykład dla Skory w zakresie od 1,63 do 6,75, dla Kraszówki od 1,91 do 8,13 a dla Jamna zakres zmienności K jest najmniejszy i wynosi od 1,38 do 3,86. Z kolei złociny z osadów Wierzbiaka charakteryzują się najniższymi wartościami współczynnika K w zakresie od 1,36 do 4,67, co według doktoranta sugeruje najdłuższą ich migrację. Stosunkowo wysokie wartości K w złocinach z Jamna tłumaczy obecnością licznych przerostów z goethytem oraz obecnością pustek po wykruszeniu się minerałów pierwotnie przerastających się ze złociną. Zamieszczone rysunki przekrojów niektórych złocin pomimo dużej różnicy współczynnika K wykazują zbliżone formy, tj. zaokrąglone naroża. Na przykład na ryc. 9 złociny nr S-2 i S-11, na ryc. 16 złociny W-3 i W-2, a na ryc. 47 złocina K-3 i K-9. Z kolei na ryc. 23 złociny J-11 i J-6 mają różny przekrój a zbliżone wartości współczynnika K. Wymaga to kilku dodatkowych zdań komentarza.

W postaci graficznej zaprezentowane zostały także wyniki z przeprowadzonych analiz liniowych z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego i detektora EDS oraz widma promieniowania rentgenowskiego pierwiastków tworzących zmiany fazowe i mikrowrostki w złocinach. Niestety rysunki widm są małe, co znacznie ogranicza ich czytelność. Najbogatszą w kruszce okazała się złocina z Żeliszowskiego Potoku, w której zidentyfikowano m.in. tiemanit oraz selenki, głównie miedzi, jednak w większości przypadków o niejednoznacznym składzie chemicznym i wątpliwej identyfikacji mineralnej ze względu na póliłościowy charakter uzyskanych wyników analiz. W złocinie Z-3 stwierdzono obecność agregatu minerałów skałotwórczych reprezentowanych przez kwarc, skalenie sodowo-potasowe oraz cyrkon. Wyjaśnienia wymaga nazewnictwo mikrowrostka w ziarnie S-19 z potoku Skory, który został opisany, jako yanzhongit. Nie ma takiego minerału na liście Międzynarodowego Towarzystwa Mineralogicznego (IMA). Niektóre źródła podają (np. <https://www.mindat.org/min-24508.html>), że synonimem nazwy yanzhongitu jest minerał o nazwie kotulskit $[\text{Pd}(\text{Te},\text{Bi})_{2-x}]$ ($x \approx 0.4$). Minerał ten zawiera w swym składzie bizmut (ok. 20,5% wag.), a w opisanym przez doktoranta mikrowrostku yanzhongitu nie stwierdzono w

ogóle bizmutu. Trzeba wyraźnie podkreślić, że przedstawione wyniki w zakresie składu chemicznego mikrowrostków są, co najwyżej półilościowe. Sumy pomiarów analitycznych są niejednokrotnie na poziomie w zakresie 70-80 % wagowych, które następnie są znormalizowane do 100%. Przedstawione wyniki w wielu miejscach nie pozwalają na jednoznaczną identyfikację składu chemicznego i określenie nazwy minerału tworzącego bardzo niewielkie, wręcz submikroskopowe wzrostki w złocinach. Poza tym dochodzi jeszcze nakładanie się niektórych linii spektralnych atomów charakterystycznych nie tylko dla jednego pierwiastka, co utrudnia prawidłową identyfikację tego pierwiastka. W niektórych zidentyfikowanych minerałach brak jest na zamieszczonych widmach głównych pierwiastków. Dlatego obecność niektórych opisanych minerałów w postaci mikrowrostków należy przedstawić w formie przypuszczającej unikając ich jednoznacznego nazewnictwa. Wyniki badań innych autorów w zakresie składów chemicznych mono- i polimineralnych wzrostków złota występujących w kruszczach z pierwotną mineralizacją Au wykazały, że tworzą one często pośrednie fazy mineralne o bardzo zmiennej zawartości pierwiastków, co niejednokrotnie uniemożliwiło ich prawidłową identyfikację. Przykładem mogą być liczne wzrostki faz przejściowych z grupy minerałów gustawitu udokumentowane w złożu polimetalicznym w Radzimowicach, gdzie zróżnicowane proporcje pierwiastków utrudniły ich jednoznaczną identyfikację. Pomimo, iż wartości sumaryczne z poszczególnych pomiarów były na poziomie około 90-100 % wag. Zawartości liczbowe sum w zakresie 70-80 % wag. mogą być traktowane jedynie, jako półilościowe i mają charakter wskaźnikowy o dużym stopniu niepewności. Dlatego zastosowanie przez doktoranta w rozprawie bardziej ogólnych sformułowań w tym zakresie było lepszym i właściwszym rozwiązaniem. Na przykład tak ogólnie opisano niektóre mikrowrostki, jako siarkoarsenki Ni-Fe-Co czy siarczki w złocinach z Wierzbiaka i Jamna.

Należy podkreślić, że niewątpliwym osiągnięciem doktoranta są Jego badania nad składem fazowym złocin okruchowych. Dodatkowo interesującą ich ilustracją są bardzo dobrej jakości kolorowe mikrofotografie powierzchni złocin wraz z rozkładem dystrybucji w nich pierwiastków. Dla pełnej informacji sugeruję dodanie skali określającej zakres zmian barw i odpowiadających im zawartości w % wagowych. Z Żeliszowskiego Potoku udokumentował złociny o zawartości Cu >0,3 % wag., a także koncentracje miedzi w postaci owalnych eksolucji (do 1 μ m średnicy) bardzo rzadkiego tetraaurikuprytu (Au, Cu), które wykazują zawartości miedzi od 17,4 do 22,4 % wag. Złociny z Kraszówki mają podobny do złocin z pobliskiego Żeliszowskiego Potoku skład chemiczny jednak różną morfologię ziaren (wyższe wartości współczynnika K) przejawiającą się obecnością licznych porów. Co doktorant słusznie zinterpretował, jako wynik wykruszenia minerałów skałotwórczych. Jednak czy jest to efekt cięcia na pile mechanicznej czy naturalny efekt abrazji w środowisku hipergenicznym?

Na rycinie przedstawiającej wykres zmienności zawartości Au, Ag, Hg oraz Fe wzdłuż profilu liniowego błędnie zaznaczono koncentracje Fe oraz Ag.

W podrozdziale 6.6. doktorant porównał składy chemiczne i morfologię złocin ze wszystkich zbadanych osadów korytowych. Na podstawie zmiennej zawartości srebra w złocinach wyróżnił 4 grupy fazowe złocin: najliczniejsze jednofazowe zawierające do 22% wag. Ag z podziałem na złociny jednorodne i niejednorodne (krawędzie zubożone w Ag),

oraz wielofazowe (dwudzielne fazy Au i Ag, i/lub Hg oraz Cu) i najrzadsze złociny bez srebrze. Domieszki Hg stwierdzono w 7 ziarnach pochodzących z aluwii Skory, Wierzbika, Jamna i Żeliszowskiego Potoku. Z kolei domieszki Cu zidentyfikowano w 9 złocinach pochodzących z osadów Jamna, Kraszówki i Żeliszowskiego Potoku. Śladowe domieszki Te i Pd w pojedynczych złocinach ze Skory i Kraszówki. W końcowej części tego podrozdziału mgr Marcin Kania opisuje złociny, które zidentyfikował, jako amalgamaty pochodzenia antropogenicznego z osadów Skory i Wierzbika. Jest to ważna obserwacja i osiągnięcie z przeprowadzonych prac. Złociny antropogeniczne charakteryzują się według opisu doktoranta porowatymi brzegami oraz domieszką rtęci. Mają one gąbczastą strukturę i silnie owalną morfologię charakterystyczną dla złocin poddanych intensywnej abrazji. Sugeruję zastąpienie anglosaskiego określenia tekstura gąbczasta na stosowaną w polskiej terminologii struktura gąbczasta. Naturalne amalgamaty są mniejsze od złocin rtęciowych pochodzenia antropogenicznego. Stwierdził także odmienną budowę amalgamatów z Jamna, które w przeciwieństwie do innych zbadanych obszarów mają zbitą budowę.

Wartości współczynnika K są głównie w przedziale od 2 do 3 (ok. 29% całej populacji złocin) a jego zakres mieści się od ok. 1,1 do 8,2. Omawiając podstawowe parametry statystyczne słusznie wydzielił z całej populacji złocin te o genezie antropogenicznej i naturalnej. W sumie zbadanych zostało 76 złocin w tym 11 rozpoznano, jako antropogeniczne. Z uwagi na stopień abrazji wydzielił złociny pierwotne, przeobrażone i zmodyfikowane. Zmienności wartości parametrów statystycznych odzwierciedlają zróżnicowane tempo migracji i depozycji ziaren w osadach aluwialnych. Złociny z Wierzbika charakteryzują się najniższymi wartościami współczynnika K oraz ich najmniejszym zróżnicowaniem, co wskazuje na ich wczesną depozycję oraz niskie tempo odnawiania się w przeciwieństwie do złocin z Kraszówki, które mają najwyższe wartości współczynnika K i największe jego zróżnicowanie. Doktorant interpretuje to, jako trwające do dziś dynamiczne odnawianie się złota okruskowego w obrębie potoku Kraszówki. Najliczniejszą populację wśród wszystkich zbadanych złocin (ok. 34,2%) stanowią ziarna o średnicy od 0,2 do 0,4 mm, a zakres wszystkich zmierzonych średnic mieści się od 15 µm do 1,295 mm. Największe złociny pozyskano z osadów Kraszówki i Skory, a najdrobniejsze z osadów Jamna. Z kolei złociny antropogeniczne z aluwii Skory są stosunkowo duże o średnicach od 0,3 do 0,9 mm. Nie stwierdził korelacji pomiędzy średnicą złocin a ich składem fazowym oraz składem mineralogicznym obecnych w nich mikrowrostków. Doktorant, słusznie stwierdza, że zróżnicowanie średnicy złocin oraz ich składu jak również mikrowrostków wskazuje na pierwotną różnorodność mineralizacji złota. W złocinach ze wszystkich zbadanych osadów korytowych stwierdzono wzrostki minerałów skałotwórczych (w ok. 9 % populacji; głównie kwarc i glinokrzemiany, podrzędnie węglany oraz pojedynczy cyrkon), a w 9 złocinach stwierdził wzrostki minerałów kruszcowych. W Skorze, Żeliszowskim Potoku i Kraszówce dominują selenki, siarczki i tellurki, a w złocinach z Jamna i Wierzbika głównie siarkoarsenki i siarczki Fe-Ni-Co.

W rozdziale 7 zatytułowanym „*Ewolucja składu chemicznego złocin w środowisku hipergenicznym*”, mgr Marcin Kania streszczając na podstawie literatury zagadnienie tzw. samooczyszczania się złocin ze srebra, zauważa, że podgląd jakoby wskutek długiej abrazji złociny w środowisku hipergenicznym wykazywały zubożenie swych krawędzi w srebro jest

nadal dyskusyjny. Jako przykład podaje wyniki z prac własnych, w których stwierdził, że również ostrokrawędziste złociny są zubożone w Ag. Powołuje się w tym przypadku na inne wyniki z badań eksperymentalnych, w których wykazano możliwość ługowania Ag ze stopu Au-Ag roztworami chlorków w niskich temperaturach i w stosunkowo krótkim czasie. Może to wskazywać na migrację Ag ze stopów z Au w złożu pierwotnym już na etapie działalności procesów hydrotermalnych. W środowisku hipergenicznym rozpoznaje jednak wyraźny proces ewolucji składu chemicznego złocin. Wydziela złociny typu wielofazowego o ostrych krawędziach i wysokich wartościach współczynnika K, w których brak jest wtórnych zmian składu chemicznego. Etap pośredni stwierdza w złocinach jednofazowych niejednorodnych także o ostrokrawędzistych ziarnach i wysokich wartościach współczynnika K, w których zachodzi redystrybucja Ag i odprowadzenie Hg. Powołując się na dane literaturowe stwierdził, że deformacje mechaniczne mogą przyspieszyć ten proces doprowadzając w złocinach jednofazowych jednorodnych do całkowitego usunięcia Ag. Końcowym etapem ewolucji składu chemicznego złocin są tzw. złociny bez srebrne o zaokrąglonych i regularnych zarysach ziaren. Jako przykład podaje złocinę Z4 z Żeliszowskiego Potoku, dla której wartość współczynnika $K=2,28$ i sugeruje silną abrazję.

W rozdziale 8 doktorant na podstawie wyników z przeprowadzonych badań chemiczno-mineralogicznych złota okrucowego ze zbadanych osadów korytowych okolic Wlenia i Pogórza Kaczawskiego wskazał na ich genetyczny związek ze Au-polimetalicznym okruszcowaniem opisywanym z utworów permu. Stwierdził, to na podstawie współwystępowanie wielofazowych złocin zawierających domieszki głównie Cu i Hg oraz śladowo Pd, a także obserwowany w mikroskopie ich charakterystyczny czerwony odcień. Ponadto, złociny te zawierają według doktoranta mikrowrostki reprezentowane przez epitermalne paragenezy minerałów rudnych takich jak selenki, tellurki czy siarczki Cu. Za obszar alimentacyjny uznaje liczne w dorzeczu Bobru i Skory wychodnie kontaktu utworów czerwonego spągowca i cechsztynu. Z kolei dla złocin z Żeliszowskiego Potoku i Kraszówki, jako obszar alimentacyjny wskazuje pobliskie oligoceńskie żwiry kwarcowe powstałe według Grodzickiego (1969) w wyniku erozji utworów permu, triasu i kredy. Z kolei dla złocin z aluwii Jamna i Wierzbika za obszar alimentacyjny uważa pierwotne mezotermalne żyłowe Au-polimetaliczne mineralizacje hydrotermalne występujące w metamorfiku kaczawskim. Podstawą zaliczenia złocin do tego typu pierwotnych mineralizacji są stwierdzone w złocinach mikrowrostki kruszców Co-Ni-Ag-Bi-As, które wcześniej zidentyfikowane zostały z pierwotnych złotonośnych wystąpień w rejonie Kleczy-Radomic i/lub Chelmcu. Genezę dobrze obtoczonej i ubogiej w Ag złociny z Żeliszowskiego Potoku, która zawiera przerosty kwarcu, skałeni sodowo-potasowych oraz Hf-nośnego cyrkonu łączy z powstaniem pegmatytów i kwaśnym magmatyzmem. Według doktoranta obszarem alimentacyjnym mogły być zarówno złotonośne pegmatyty znane z Plutonu Karkonoskiego i/lub tarczy skandynawskiej. Te ostatnie dotarły w rejon badań podczas zlodowacenia południowo- i środkowopolskiego. Jednak jak podkreśla doktorant udział złota skandynawskiego w zbadanych rozsypiskach jest podrzędny, a rola procesów glacialnych i fluwioglacialnych zaznaczyła się w redystrybucji złocin i powstania wtórnych i uboższych w złoto osadów plejstocenijskich i holocenijskich. Wyjaśnienia wymaga pominięcie w tym przypadku, jako

potencjalnego obszaru alimentacyjnego żył kwarcowo-złotonośnych znanych także z obszaru Sudetów.

W ostatnim 9 rozdziale, mgr Marcin Kania zestawiał w postaci wniosków najważniejsze rezultaty badań. Podkreślił, że nadrzędnym celem badań była identyfikacja mikrowrostków w złocinach pochodzących z wybranych osadów korytowych w Sudetach. Nawet półilościowa identyfikacja składu chemicznego mikrowrostków w złocinach umożliwiła mu prawidłowe rozpoznanie obszarów alimentacyjnych i wskazanie na ich pierwotne źródła w obszarach przyległych. Doktorant zakwestionował klasyczną metodę porównawczą morfologii złocin i badań składu minerałów ciężkich współwystępujących w szlichach, jako niejednoznaczną dla określenia obszarów alimentacyjnych w przypadku złocin poligenetycznych. Jednak udowodnienie tej tezy wymaga dalszych badań porównawczych. W zamian wprowadził do swych badań nad morfologią złocin metodę opartą na określeniu wartości współczynnika zmienności konturu - K stosowanego w naukach geograficznych dla opisu rozwoju linii brzegowej zbiorników jeziornych. Potwierdził badaniami, że skład chemiczny złocin zmienia się w środowisku hipergenicznym w zależności od czasu i długości migracji ziarenek złota.

Równoległe badania morfologii ziaren w preparatach polerowanych oraz badania składu chemicznego złocin i mikrowrostków umożliwiły identyfikację genetyczną złocin. Doktorant wydzielił wielofazowe złociny z domieszkami Hg oraz Cu typowe dla formacji typu red-bed oraz antropogeniczne amalgamaty o charakterystycznej gąbczastej strukturze w przekrojach preparatów polerowanych. Te ostatnie ziarna z uwagi na duży stopień obtoczenia błędnie interpretowano, jako wynik długotrwałego procesu abrazji. W świetle przeprowadzonych przez doktoranta badań ich forma jest wynikiem stosowania metody amalgamacji dla odzysku złota. Zastosowanie mikroskopii elektronowej sprzężonej z detektorem EDS umożliwiło określenie składu chemicznego złocin oraz półilościową identyfikację występujących w nich mikrowrostków. Pomimo iż możliwości analityczne zbadania mikrowrostków o niewielkich rozmiarach (<1 mm średnicy) były dla tej metody znacznie ograniczone. Jednak przeprowadzone badania potwierdziły wcześniejsze poglądy na temat obszarów alimentacyjnych rozsypisk złota w zbadanych rejonach Sudetów.

Przeprowadzone w ramach rozprawy doktorskiej prace powinny być kontynuowane z wykorzystaniem najnowszej aparatury w zakresie nanotechnologii. Tego typu badania mają charakter aplikacyjny oraz powinny wspomagać prospekcję szczególnie w obszarach z występowaniem złota okruchowego o charakterze o poligenetycznym.

Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska autorstwa mgr Marcina Kani jest na wysokim poziomie naukowym. Język dysertacji jest poprawny stylistycznie, a układ pracy logiczny. Zwraca uwagę staranna redakcja tekstu oraz dobór i wysoki poziom merytoryczny oraz techniczny ilustracji graficznych. Założone tezy dysertacji doktorskiej zostały osiągnięte.

Doktorant zaprezentował szczegółowe wyniki własnych prac dotyczących badań chemiczno-mineralogicznych złota okruchowego z wybranych złotonośnych osadów

aluwialnych w Sudetach Zachodnich. Na podstawie badań składu chemicznego złocin oraz podjętej próbie identyfikacji występujących w nich mikrowrostków rozpoznał poligenetyczny charakter złota okruchowego. Z przeprowadzonych badań wyciągnął poprawne wnioski odnośnie obszarów alimentacyjnych i pierwotnej genezy źródeł złota okruchowego. Zaprezentowane wnioski i stwierdzenia są logiczne i zgodne z przeprowadzonymi badaniami.

Wniosek końcowy

Po przeprowadzeniu krytycznej oceny przedłożonej rozprawy doktorskiej mgr Marcina Kani pt. „*Charakterystyka chemiczno-mineralogiczna złota okruchowego z wybranych aluwiiów Dolnego Śląska*” stwierdzam, że spełnia ona wymagania zgodnie z przepisami ustawy z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. Nr 65. Poz. 595 z późn. zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Rozprawa doktorska stanowi oryginalny wkład w zakresie badań mineralogiczno-geochemicznych złota okruchowego w obszarze dolnośląskim. Wykonana rozprawa dowodzi umiejętności doktoranta w zakresie wykonywania samodzielnych prac terenowych oraz prowadzenia kompleksowych badań geochemiczno-mineralogicznych złotonośnych osadów aluwialnych. Zaprezentowane wyniki badań oraz zaproponowana metodyka mają aspekt aplikacyjny.

Stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi I Środowisku Uniwersytetu Wrocławskiego o dopuszczenie mgr Marcina Kani do dalszego postępowania przewidzianego regulaminem przewodu doktorskiego.



