

Łukasz Karwowski  
Wydział Nauk o Ziemi  
Uniwersytet Śląski  
Ul. Będzińska 60  
41-200 Sosnowiec

Sosnowiec 15.04.2016.

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej Pani mgr Krystyny Wołkowicz**  
**p.t.: „Warunki powstawania mineralizacji kwarcowej w**  
**granitognejsach Wądroża Wielkiego na podstawie badań inkluzji**  
**fluidalnych”**

Dysertacja doktorska Pani mgr Krystyny Wołkowicz jest wyjątkowo szczegółowym opracowaniem naukowym poświęconym - zgodnie z tematem – problemom mineralizacji kwarcowej rejonu Wądroża Wielkiego w oparciu o badania inkluzji fluidalnych.. Przy okazji swych badań autorka dokonała szczegółowej charakterystyki mineralogiczno-petrograficznej żył kwarcowych. Promotorem pracy jest prof. PIG-PIB dr hab. Katarzyna Jarmołowicz-Szulc. Praca została wykonana w Państwowym Instytucie Geologicznym –Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie.

**1.Ocena pracy pod względem formalnym i techniczno-edytorskim.**

Praca ujęta jest na 184 stronach tekstu wraz z materiałem ilustracyjnym oraz spisem literatury cytowanej. Materiał ilustracyjny – ryciny, wykresy i tabele umieszczony jest w tekście w poszczególnych rozdziałach i podrozdziałach. Wszystkie ryciny podpisane są w tekście. Przyczynia się to do łatwej dostępności dokumentujących fotografii, wykresów i tabel. Łącznie w tekście jest umieszczonych 212 figur na które składają się wymienione wyżej fotografie, mapy, wykresy i tabele.

Treść pracy autorka ujęła w 14 rozdziałach i wielu podrozdziałach. Na końcu pracy autorka prezentuje spis literatury cytowanej obejmujący 249 pozycji. Oraz w załączniku, na 7 stronach przedstawia przykładowe przeliczenia wartości temperaturowych badanych inkluzji fluidalnych na wartości stężenia procentowego złożonego składu, ciśnienia i położenia izochory z wykorzystaniem programów komputerowych AqSo2e, Loner 38, Bulk i FLINCOR.

Jakość materiału dokumentacyjnego (ryciny, wykresy, fotografie) jest na ogół bardzo dobra i stanowi doskonale uzupełnienie tekstu. Jedyne zastrzeżenia może budzić jakość fotografii CL. W tekście zauważono niewiele błędów technicznych. Są to głównie błędne użycia słów lub niezgodne pisownie z przyjętymi nazwami minerałów. Poniżej przytaczam zauważone błędy:

str. 21. wiersz 6 od góry. jest „Kryształki..” – z punktu widzenia strukturalnego są tylko kryształy. Nie należy używać zdrobnienia. Ta sama uwaga dotyczy str. 25; str. 96 wiersz 15 od góry; str. 110 7 wiersz od dołu;

str. 21 cd wiersze 6-7 jest „Kryształki fazy stałej (ang. *daughter minerals*) krystalizują z przesyconego fluidu...” Chodzi autorce zapewne o określenie – kryształy (minerały) potomne. Dalej w tekście autorka używa tego określenia.

str. 21 wiersz 8 . Jest „ W wielu środowiskach, np. w żyłach, pojawiają się też tzw. cząsteczki „twarde”-...” Autorce chodzi zapewne o minerały uwieżione.

str. 34 wiersz 9 od dołu. Jest użyte słowo „limonit”. Może lepiej używać określenia wodorotlenki żelaza jeśli nie znamy fazy mineralnej. Ta uwaga dotyczy też str. 52 pierwszy wiersz od dołu; str. 53. Podpisu pod Fig. 59; str. 59 trzeci wiersz od góry; str. 62 wiersz 4 i 5 od góry; str. 72. pierwszy wiersz od dołu; str. 73. Trzeci wiersz od góry;

str. 34 wiersz 7 od dołu. Ponownie zdrobnienie „kryształ z przezroczystą piramidką..”. Wydaje mi się, że można określić czy jest to piramida, romboedr czy skalenoeedr.

str. 51 trzeci akapit od dołu. Jest „ Znajdowano też pojedyncze, kilkucentymetrowe fragmenty słupa, często o lekko **nadtopionych** lub skorodowanych brzegach ...”. Autorka udowadnia hydrotermalną genezę kwarcu zatem trudno mówić o nadtopieniu.

str. 53. drugi wiersz od dołu. W rozdziale poświęconym minerałom akcesorycznym autorka wymienia „...baryt, ślady cynku i siarkosól...”. Ślady cynku to nie minerał.

str. 58 Podpis pod Fig. 69. Jest „ Obraz z mikrosondy elektronowej Cameca”. Jaki obraz? Zapewne BSE.

str. 59 wiersz 6 od dołu . Jest getyt winno być goethyt. Dalej w tekście autorka często używa prawidłowej formy. Błąd także na str. 155, 12 wiersz od góry, str. 163. 17 wiersz od dołu.

str. 61. Fig. 78,79,80 i 81. Jest odmieszania galeny w pirycie. Trudno sobie wyobrazić roztwór stały piryt – galena. To są raczej narastania galeny na ścianach wzrostu pirytu.

str. 65 wiersz czwarty od dołu jest „pasek Cu tlenkowej” raczej wąskie wydzielenie tlenków miedzi.

str. 66. Podpis pod Fig. 95. Jest „pasek miedzi tlenkowej” Uwaga jak poprzednia ze str. 65. drugi i trzeci wiersz od dołu. jest „...tlenkowych form metali, np. cynku..” Lepiej było napisać niezidentyfikowanych w pełni tlenków cynku.

str. 65 i 66. Drugi wiersz od dołu . Jest „jarozytu” winno być jarosytu. Fig. 96. W podpisie jest „jarozyt” winno być jarosyt.

str. 69 Podpis Fig.107. Jest „kwarc” powinno być kwarcu.

str. 72. 9 wiersz od góry. Jest „tlenkowe formy miedzi” winno być tlenki miedzi.

str. 94. 6 - 7 – 8 wiersz od góry. Jest „ Przynajmniej część z tych wrostków wydaje się być rozhermetyzowana, co nie pozwala przyjmować ich wartości temperaturowych za niewiarygodne.” Raczej powinno być „ za wiarygodne”

str. 103. W tabeli (Fig. 183. jest „w +124°C zanotowano prawdopodobną temperaturę topienia halitu” Prawdopodobnie chodziło o temperaturę rozpuszczania halitu.

str. 105. Czwarty wiersz od dołu . W tytule podrozdziału jest „mikrometryczne” winno być – mikrotermometryczne. Ten sam błąd w podpisie Fig. 185 na str. 106; w podpisie Fig. 186 i Fig. 187 na str. 107; str. 109 w tytule podrozdziału 11.2.4;

str. 105 . 9 i 10 wiersz od góry. Jest” Stopienie tego hipotetycznego kryształka...” Nie stopienie a roztworzenie lub rozpuszczenie kryształu.

str. 110. 6 wiersz od dołu. Jest ”W niektórych wrostkach stwierdzono ślady gazu o różnym składzie” Zdanie nie bardzo pasujące do kontekstu w tym miejscu.

str. 123. Drugi wiersz od góry . Jest „o wysokości” winno chyba być w zakresie.

str. 164. Trzeci wiersz od góry. Jest „płonymi” winno być płonnymi.

## 2.Ocena merytoryczna pracy.

Po wstępie autorka przedstawia w rozdziale 1 - Cel i zakres badań. Jako główny cel stawia sobie odtworzenie warunków powstawania mineralizacji kwarcowej w rejonie

Wądroża Wielkiego na podstawie badań inkluzji fluidalnych. Kolejny rozdział pracy, drugi - poświęcony jest dotychczasowemu stanowi wiedzy nad badaniami mineralizacji kwarcowej w strukturze kaczawskiej i innych rejonach Sudetów. Autorka przestudiowała praktycznie całą dostępną literaturę łącznie z opracowaniami Staszica, Webskyego i Traubego. Szczególnie uwzględniła w swym opracowaniu stan wiedzy na temat żył kwarcowych rejonu Wądroża Wielkiego.

Rozdział trzeci rozprawy poświęcony jest zastosowanej metodyce badawczej. Analiza petrograficzna i mineralogiczna opiera się głównie o badania optyczne w świetle przechodzącym i odbitym. Bardziej szczegółowe badania mineralogiczno - chemiczne przeprowadzono z wykorzystaniem mikroskopu skaningowego (SEM), aparaturą do katodoluminescencji obrazowej oraz mikrosondy elektronowej CAMECA SX100. Analizy zawartości złota przeprowadzono metodą bezpłomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Pozostałe pierwiastki analizowano metodą XRF. Izotopy tlenu w kwarcu analizowano z wykorzystaniem spektrometru masowego w Glasgow w Szkocji. Badania katodoluminescencyjne (CL) zostały wykonane na aparaturze CCL 8200mk3. Badając inkluzje fluidalne przeprowadzono ich dogłębną analizę rozmieszczenia i genezy. Określano temperatury homogenizacji inkluzji, temperatury eutektyku (początkowa temperatura topnienia lodu), temperaturę stopienia się ostatniego kryształu lodu oraz w przypadkach obecności faz potomnych temperatury rozpuszczania soli. W oparciu o uzyskane wyniki określono ciśnienie oraz temperatury krystalizacji kwarcu. Badania te wykonywano na urządzeniach Fluid Inc. System i THMS600 zamontowanych na odpowiednich mikroskopach. Badania prowadzono w zakresie od (- 180°C) do (+600°C). Badania fluorescencyjne wykonano w celu stwierdzenia potencjalnych węglowodorów w inkluzjach (poza metanem). Bardzo ważnym elementem dociekań doktorantki jest wykorzystanie widm ramanowskich w odniesieniu do inkluzji fluidalnych. Badania te zostały przeprowadzone na Uniwersytecie w Budapeszcie.

Kolejny Rozdział 4 poświęcony jest budowie geologicznej i rozwojowi struktury kaczawskiej. Autorka stosunkowo dokładnie przedstawia budowę geologiczną wraz ze zmianami zachodzącymi od kambru. Przy okazji omawia masyw strzegomski i związane z nim zjawiska pomagmowe.

Rozdział 5 doktorantka poświęca omówieniu budowy geologicznej rejonu Wądroża Wielkiego. Dostyc szczegółowo omawiając petrografię skał występujących w rejonie Wądroża Wielkiego.

Następny Rozdział pracy (6) obejmuje wyniki obserwacji makroskopowych i badań mikroskopowych skał kwarcowych z badanego rejonu. W oparciu o obserwacje wydzielono cztery typy strukturalno – teksturalne skał kwarcowych. Są to:

- skała kwarcowa o strukturze nierównokrystalicznej,
- kwarc żyłowy w zrostach heteroregularnych,
- skała drobnokrystaliczna, porowata z dużymi kryształami kwarcu,
- kwarc żyłowy w zrostach wielokrystalicznych.

Dalej autorka omawia szczegółowo wyróżnione typy skały kwarcowej dokumentując obserwacje mikrofotografiami.

Rozdział 7 zawiera zestawienie wyników badań nad akcesorycznymi fazami mineralnymi w skałach kwarcowych rejonu Wądroża Wielkiego. W oparciu o wcześniejsze badania jak i ostatnie wyróżniła następujące minerały: kaolinit, serycyt, prawdopodobny fengit lub serycyt z domieszkami magnezu i żelaza, piryty, (niezidentyfikowane wodorotlenki żelaza), prawdopodobny illit z chlorytem, apatyt, krzemionkę koloidalną, cyrkon, chalkopiryty, chalkozyn, kowelin, goethyt, baryt, celestyn, sfaleryt, galena, kalcyt, kasyteryt, magnetyt, złoto rodzime, bizmut rodzimy, siarkosól miedziowo-antymonową (prawdopodobny tetradryt), prawdopodobny tennantyt, monacyt, ksenotym, jarosyt, bliżej nie określone tlenki

miedzi, gorceixyt, rutyl, allanit, nieokreślony fluorowęglan ziem rzadkich, anhydryt, chromit, prawdopodobny chlorytoid i skaień potasowy. Wymienione powyżej minerały posiadają zróżnicowaną genezę związaną z różnymi etapami rozwoju skały.

Dalszy Rozdział 8 omawia złoto oraz oznaczane inne pierwiastki śladowe w kwarcu. Badania te wykazały, że poza pojedynczą próbką zawartości złota są śladowe i wahają się w niewielkich granicach. Pozostałe oznaczane pierwiastki śladowe występują w niewielkich ilościach.

Wyniki badań izotopowych tlenu w kwarcach przedstawiono w rozdziale nr 9. Wartości  $\delta^{18}$  dla kwarcu zostały przeliczone na  $\delta^{18}$  charakteryzujące fluid, w oparciu o przyjęte dla poszczególnych kwarców wartościach temperatur krystalizacji.

Rozdział 10 zawiera wyniki badań katodoluminescencyjnych (CL). Doktorantka przedstawiła szczegółowo zachowanie się różnych typów kwarcu w strumieniu elektronów. Wykazała kilka rodzajów luminescencji różnych generacji kwarcu. Zaobserwowała także charakterystyczną luminescencję drobnych wrostków kalcytowych. Kwarce żyłowe w zrostach wielokrystalicznych oraz kwarc żyłowy w zrostach heterogranularnych nie wykazują luminescencji w CL.

Bardzo ważna część rozprawy doktorskiej zawarta jest w Rozdziale 11, w którym doktorantka prezentuje wyniki swych badań nad inkluzjami fluidalnymi. Na początku charakteryzuje inkluzje fluidalne zawarte w kwarcach żyłowych w oparciu o obserwacje mikroskopowe. Rozpatruje udział procentowy inkluzji w badanych typach kwarcu, ich ułożenie, zagadnienia pierwotności inkluzji, charakter i stosunki wypełnień. Materiał badawczy jest raczej niewdzięczny z powodu minimalnych rozmiarów inkluzji fluidalnych. Pewne obserwacje nie są do końca pewne np. obecność faz potomnych. W oparciu o przeprowadzone badania autorka wyróżniła kilka grup inkluzji nieco odmiennych dla analizowanych typów kwarcu. Są to najczęściej inkluzje dwufazowe – gazowo-ciekłe i prawdopodobnie trójfazowe z nieokreśloną fazą stałą, dwufazowe, zawierające dwie fazy ciekłe (roztwór wodny soli i ciekły  $\text{CO}_2$ ), trójfazowe zawierające dwie fazy ciekłe i fazę gazową oraz jednofazowe, ciekłe i gazowe. Wyniki badań termometrycznych inkluzji fluidalnych dla poszczególnych typów kwarcu zostały umieszczone na histogramach i w tabelach. Uzyskane wyniki temperatur homogenizacji dla inkluzji fluidalnych dla kwarcu w skałe drobnokrystalicznej, porowatej z dużymi kryształami kwarcu w zakresach powyżej  $300^\circ\text{C}$  wydają się zbyt wysokie a ich interpretacja wysokotemperaturowa, moim zdaniem jest niewłaściwa. Uzyskane wyniki badań mikrotermometrycznych, ich ilość, świadczą o wyjątkowej pracowitości i uporze badawczym doktorantki. Badania fluorescencyjne pozwoliły na wykluczenie udziału we fluidach minerałotwórczych węglowodorów (poza metanem). Badane inkluzje nie wykazywały fluorescencji. Widma ramanowskie wypełnień inkluzji fluidalnych ujawniły obecność solanek, wody, ditlenku węgla, niewielkich ilości azotu, metanu i siarkowodoru.

Najważniejszy rozdział pracy (12) obejmuje podsumowanie wyników badań. Na jego początku autorka prezentuje tło petrograficzne. Zwraca uwagę na wspólną cechę skały kwarcowej z rejonu Wądroża Wielkiego, którą jest jej wieloetapowy rozwój, przejawiający się w narastaniu kolejnych generacji kwarcu na starszych kryształach lub ich fragmentach i zabliznianiu młodszym kwarcem różnego rodzaju spękań. Wyróżnione przez doktorantkę typy skały kwarcowej charakteryzuje zróżnicowana geneza. Część powstała z działalności roztworów hydrotermalnych średnitemperaturowych jak i niskotemperaturowych, część ma charakter metasomatyczny. Autorka przypuszcza, że mozaika drobnokrystalicznego kwarcu mogła przynajmniej częściowo, powstać z rekrytalizacji żelu krzemionkowego. Badania temperatur homogenizacji inkluzji fluidalnych wskazują na istnienie dwóch zasadniczych ich populacji. Pierwsza z nich, wyraźnie dominująca obejmuje zakres temperatur od około  $70$  do  $240^\circ\text{C}$ , z wyraźnym maksimum między  $150$  a  $170^\circ\text{C}$ , druga, mniej liczna, o temperaturach

homogenizacji w zakresie od 240 do 410°C z maksimum w granicach 290-310°C. Pierwszą populację autorka wiąże z kwarcem o genezie metasomatycznej oraz końcowym okresem krystalizacji kwarcu z roztworów hydrotermalnych, mieszanych lub meteorycznych oraz z inkluzjami wtórnymi. Drugi przedział temperatur homogenizacji inkluzji wiązany jest z krystalizacją kwarcu z roztworów hydrotermalnych, wyżej temperaturowych. W oparciu o temperatury eutektyku określono generalnie dwa rodzaje fluidów solankowych zawierających NaCl – CaCl<sub>2</sub> lub CaCl<sub>2</sub> i NaCl lub NaCl – KCl lub okresowo KCl z domieszką NaCl z możliwym okresowym wzbogaceniem w inne chlorki. Oznaczone temperatury topnienia hydratu soli i temperatury topnienia lodu wskazują na zasolenie pomiędzy 0 a 23,2% wag. ekwiwalentnego NaCl. Zauważone, prawdopodobne kryształy halitu w inkluzjach mogą wskazywać na okresowe lub lokalne wyższe stężenie solanki. Oszacowana zmienność zasolenia wskazuje na obecność dwóch (lub trzech) populacji inkluzji. Oszacowane gęstości fluidów w inkluzjach mieszczą się w stosunkowo szerokim zakresie z dwoma maksimumami 0,9 – 0,95 g/cm<sup>3</sup> oraz 1,0 – 1,05 g/cm<sup>3</sup>. Autorka przyjmuje hipotetycznie skład fluidu jako roztwór NaCl i CaCl<sub>2</sub>. Z przeprowadzonych przeliczeń wynika, że fluid był słabo zasolonym roztworem wodnym NaCl - CaCl<sub>2</sub> o zawartościach NaCl od 0,54 do 0,63% , a CaCl<sub>2</sub> od 0,02 do 0,31%. Ciśnienia panujące w trakcie krystalizacji oszacowano na podstawie danych tabelarycznych Pottera i Browna (1977), najczęściej na bliskie lub niższe niż 100 bar. Jedynie czasami, w kwarcu hydrotermalnym, wysokotemperaturowym autorka odnotowała wartości wyższe w zakresie 200 i 500 bar. Dalej, doktorantka rozpatruje charakterystykę fluidów dla poszczególnych typów skały kwarcowej i generacji inkluzji od strony temperaturowej, zasolenia itp. Zajmuje się zagadnieniem genezy minerałów akcesorycznych w skale kwarcowej. Część z nich traktuje jako relikty odporniejsze na działanie roztworów hydrotermalnych (cyrkon, magnetyt, chromit, tytanit, rutyl i znacznie przeobrażony skałen potasowy oraz część spękanego pirytu). Apatyt, allanit, monacyt, ksenotym i kasyteryt mogą być związane genetycznie z przypuszczalną działalnością roztworów wysokotemperaturowych. Kosztem minerałów pierwotnych mogły powstać takie minerały jak: kaolinit, serycyt, illit, leukokseny i wodorotlenki żelaza. Pozostałe minerały mogą mieć zróżnicowaną genezę związaną z procesami diagenetycznymi, hipergenicznymi i oczywiście hydrotermalnymi (siarczki, baryt celestyn itd.). Mineralizacja złotem mogła być związana z działalnością roztworów heterogenicznych z CO<sub>2</sub> jak też z procesami wietrzenia. Ogólnie można powiedzieć, że złoto występuje w ilościach śladowych. Jako osiągnięcie autorki należy przyjąć schemat prawdopodobnej sukcesji mineralnej dla skał kwarcowych Wądroża Wielkiego. Uzyskane dane izotopowe tlenu wskazują na mieszanie się roztworów hydrotermalnych, juwenilnych z meteorycznymi. Wyższe wartości δ<sup>18</sup>O wskazują natomiast na magmową lub metamorficzną genezę fluidu. W katodoluminescencji część kwarców wykazuje luminescencję, część natomiast jej nie wykazuje. Uwidaczniają się generacje kwarcu oraz budowa pasowa.

W Rozdziale 13 autorka rozpatruje krążenie fluidów w rejonie Wądroża Wielkiego oraz powstanie skał kwarcowych. Porównuje warunki powstawania, genezę i charakter mineralizacji badanego rejonu z wybranymi żyłowymi mineralizacjami kwarcowymi w Sudetach. Wykazuje ich podobieństwo genetyczne i powiązania z tektoniką. Mineralizacja kwarcowa badanego rejonu wykazuje związek z granitognejsami i występującymi obok innymi skałami metamorficznymi, głównie łupkami.

Ostatni rozdział pracy (14) stanowią wnioski. ujęte w dwunastu rozwiniętych punktach. Wnioski są wysunięte prawidłowo w oparciu o uzyskane wyniki badań. Nieco, są może zbyt rozbudowane. Badaną skałę kwarcową charakteryzuje wieloetapowy rozwój. Jej geneza związana jest z działalnością roztworów hydrotermalnych, częściowo jako efekt metasomatozy hydrotermalnej jak też na skutek działalności procesów hipergenicznych i diagenety. Kwarce zawierają liczne wrostki fluidalne o zróżnicowanym wypełnieniu niekiedy

z fazą uwieczoną lub prawdopodobnym, potomnym halitem. Wielkości wrostków fluidalnych są raczej niewielkie. Stanowią one do 3% objętości skały. Temperatury homogenizacji mieszczą się w szerokich granicach od 70 do 410°C. Temperatury te odpowiadają odpowiednim zespołom inkluzji związanych ze zróżnicowanymi fluidami. Wśród fluidów solankowych stwierdzono dwa podstawowe jego rodzaje o różnym chemizmie. I tak, kwarc hydrotermalny o temperaturach krystalizacji bliskich 300°C krystalizował z roztworów NaCl lub NaCl – KCl z możliwym wzbogaceniem w inne chlorki. We fluidzie występuje gaz zasobny w CO<sub>2</sub> z domieszkami metanu, siarkowodoru i azotu. Fluidy, z których krystalizował kwarc hydrotermalny i metasomatyczny w temperaturach poniżej 200°C reprezentują roztwór NaCl – CaCl<sub>2</sub> lub CaCl<sub>2</sub>. Wtórne, najniższej temperaturowe fluidy zawierają w swym składzie śladowe ilości NaCl – KCl lub NaCl ze śladowymi ilościami innych chlorków. Zasolenie fluidów ma charakter dwumodalny. Przeważają roztwory nisko zasolone. Podobnie dwumodalny charakter wykazują gęstości fluidu minerałotwórczego. Przeprowadzone badania inkluzji fluidalnych pozwoliły na ustalenie kolejności etapów krystalizacji kwarcu. Jako pierwszy, prawdopodobny, słabo udokumentowany etap krystalizacji związany jest z fluidami reprezentowanymi przez inkluzje dwufazowe, o temperaturach homogenizacji powyżej 400°C, z którym można by wiązać krystalizację monacytu, ksenotymu i kasyterytu. Kolejny etap, to etap wysokotemperaturowej mineralizacji hydrotermalnej. Z nim związana jest geneza kwarcu w zrostach wielko krystalicznych, bardzo czystego. Warunki temperaturowe określają inkluzje fluidalne, przeważnie trójfazowe powstałe z roztworu homogenicznego w zakresie 302-338°C oraz roztworów heterogenicznych, w warunkach nie mieszalności fluidów, w temperaturach 270-331°C, z solanek typu NaCl – KCl, zawierająca gaz o składzie CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S i N<sub>2</sub>. Najprawdopodobniej z tych nisko zasolonych roztworów wytrąciło się złoto rodzime. Następny, to etap niskotemperaturowy połączony z metasomatozą. Z etapem tym związane jest powstanie skały kwarcowej o strukturze nierównokrystalicznej oraz skały drobnokrystalicznej, porowatej z dużymi kryształami kwarcu. Metasomatoza doprowadziła do okwarcowania otaczających utworów metamorficznych. Wartości termometryczne tych zjawisk dokumentują inkluzje o temperaturach homogenizacji w zakresie 124 - 175°C zasoleniu w granicach 2,6 – 22% wag. ekw. NaCl, o składzie solanki głównie NaCl - CaCl<sub>2</sub>. W trakcie metasomatozy doszło do przeobrażeń wielu minerałów jak też do powstania innych nowych faz. W wyniku oddziaływania niskotemperaturowych roztworów (najprawdopodobniej hydrotermalnych) powstał kwarc żyłowy z zrostach heterogranularnych. Warunki jego krystalizacji określają malejące temperatury homogenizacji w zakresie 186 - 145°C. Fluid ma charakter NaCl - CaCl<sub>2</sub> lub CaCl<sub>2</sub> o stężeniach od 1,7 do 22,7% wag. ekw. NaCl. Autorka wyróżnia jeszcze etap hipergeniczny i rozwoju diagenety, z którym wiąże kaolinityzację i inne zmiany minerałów.

Rozłamy, którymi krążyły roztwory hydrotermalne mogły być zlokalizowane w dwóch strefach. Pierwszy, w strefie Wądroże Wielkie – Mikołajowice – Złoty Las. Drugi, może stanowić strefa uskokowa widoczna na NW ścianie kamieniołomu w Taczalinie.

Ciśnienie litostatyczne dla fluidu, z którego krystalizował kwarc w zrostach wielokrystalicznych oszacowano na 1200 bar. Minimalna głębokość krystalizacji wynosiła 1000 m, a minimalne ciśnienie litostatyczne na tej głębokości określono na 265 bar. Zbliżone wartości ciśnienia i temperatur określono dla wielu sudeckich żył kwarcowych.

Uzyskane wyniki dla wartości  $\delta^{18}\text{O}$  fluidu wskazują na możliwość mieszania się wód juvenilnych z meteorycznymi. Sprzyjać to mogło wytrącaniu złota z roztworów. Heterogeniczność roztworów, ogólnie słabo zasolonych i wzbogaconych w CO<sub>2</sub>, jest typowa dla utworów złotonośnych. Moim zdaniem, sprawą dyskusyjną pozostaje pochodzenie krzemionki.

### 3. Podsumowanie.

Założone cele badawcze zostały w pełni przez autorkę osiągnięte i krytycznie przedyskutowane.

Rozprawa doktorska Pani mgr Krystyny Wołkowicz jest w pełni oryginalnym opracowaniem naukowym przedstawiającym wyniki jej badań nad mineralizacją kwarcową rejonu Wądroża Wielkiego. Badania jej mineralogii, petrografii oraz historii genetycznej i termalnej zostały uwieńczone sukcesem. Autorka wykonała mrowczą pracę nad inkluzjami fluidalnymi osiągając wyjątkowo interesujące wyniki. Poza badaniami mikrotermometrycznymi zastosowała badania w mikroobszarze, badania ramanowskie w odniesieniu do zawartości inkluzji fluidalnych oraz wykorzystwała katodoluminescencję. Wykazała w realizacji swej pracy bardzo duże zaangażowanie, dociekliwość oraz doskonałe opanowanie wszechstronnych i optymalnych metod badawczych. Cytowana literatura, w przedłożonej pracy – świadczy o doskonałym przygotowaniu literaturowym autorki. Wykazała się ona umiejętnościami prawidłowego a zarazem krytycznego interpretowania uzyskanych wyników i formułowania wniosków. Przytoczone wyżej drobne potknięcia nie wpływają na dobrą ocenę ogólną pracy. Moim zdaniem, praca Pani mgr Krystyny Wołkowicz będzie znaczącą pozycją w bibliografii dotyczącej genezy mineralizacji kwarcowej na terenie obszaru Dolnego Śląska..

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny dysertacja spełnia w pełni wymogi stawiane pracom doktorskim (ustawa z dnia 14.03.2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuk”, Dz. U. Nr 65, poz 595) i wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Krystyny Wołkowicz do dalszej procedury przewodu doktorskiego i do publicznej obrony. Ponadto, stawiam wniosek o przewidziane przepisami wyróżnienie recenzowanej rozprawy za jej wyjątkową pracowitość, wnikliwość i uzyskane wyniki.

Łukasz Karwowski

