

PRZEJAWY OKRUSZCOWANIA U-Pb-Zn-Cu-Ni W KOPALNI DOLOMITÓW DUBIE (WYŻYNA KRAKOWSKO - CZĘSTOCHOWSKA)

DSYMPTOMS OF FE-U-Pb-Zn-Cu-Ni MINERALIZATION IN THE DUBIE DOLOMITE MINE (KRAKÓW- CZĘSTOCHOWA UPLAND)

Marcin Kania, Antoni Muszer – Instytut Nauk Geologicznych, Uniwersytet Wrocławski
Mirosław Maliszewski – „Poltegor-Instytut” IGO, Wrocław

Przedstawiono wyniki badań kruszców obecnych w żyłkach kwarcowo-kalcytowych i kwarcowo-barytowych, towarzyszących dajce andezytowej w rejonie kopalni Dubie. Stwierdzono podwyższoną zawartość U i Th w strefach uskokowych, obecność pirytów i markasytów Ni- i Zn-nośnych, magnetytów skarnowych i magmowych, sfalerytu, hematytu, goethytu, cerusytu i barytu. Procesy pirytyzacji, cerusytyzacji oraz barytyzacji towarzyszące intruzji andezytowej mogą świadczyć o obecności klasycznego żyłowego złoża hydrotermalnego z wysoko- i średniotemperaturowymi minerałami metalonośnymi na południe od Dubia.

Słowa kluczowe: okruszcowanie, kopalnia dolomitów, minerały metalonośne

Results of the analysis of the metalliferous quartz – calcite and quartz – barite streaks, associated with an andesitic dyke in the Dubie quarry, have been presented below. The higher concentration of U and Th within the fault zones has been noted. Furthermore, presence of Ni- and Zn-bearing pyrites and marcasites, skarn and magmatic magnetites, sphalerites, hematites, goethites, cerussites and barites has been revealed. The processes of pyritization, cerussitization and baritization, correlated with the local andesitic intrusion, may indicate the evidences of a classic, hydrothermal vein – type deposit with high- and medium temperature metal-bearing minerals, located south of Dubie.

Keywords: mineralization, dolomite mine, metal-bearing minerals

Wstęp

Kamieniołom w Dubiu, eksploatujący dolomity dewońskie, założony został we wschodniej części brachyantykliny Dębника (rys. 1). Brachyantyklina wchodzi w skład monokliny śląsko-krakowskiej. W kopalni odkrywkowej występuje unikatowa dajka andezytowa przecinająca utwory ryodacytowe, tworzące lokalne lakkolity. Dajka zbudowana jest głównie ze zmienionego hydrotermalnie czerwono-wiśniowego andezytu hornblendowego, który charakteryzuje się strukturą porfirową, z silnie przeobrażonymi fenokryształami plagioklazów. Fenokryształy amfiboli i piroksenów zostały zastąpione minerałami ilastymi. Procesom serycytyzacji, feldspatytacji potasowej oraz argilizacji towarzyszą procesy okruszcowania [1]. Głównym celem badań w rejonie kamieniołomu Dubie było znalezienie śladów okruszcowania skał oraz scharakteryzowanie składu pierwiastkowego minerałów rudnych, towarzyszących dajce andezytowej.

Omawiana dajka odsłania się w SE ścianie kamieniołomu dolomitów dewońskich od powierzchni ziemi, aż po spąg wyrobiska, leżący na poziomie 307 m (rys. 2). Grubość dajki zmienia się na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych od 2 m do miejscami 4-5 m, a na poziomie II jej przekrój pozorny dochodzi do 7 m grubości. Dajka utworzyła się najprawdopodobniej w okresie intensywnego wulkanizmu podczas

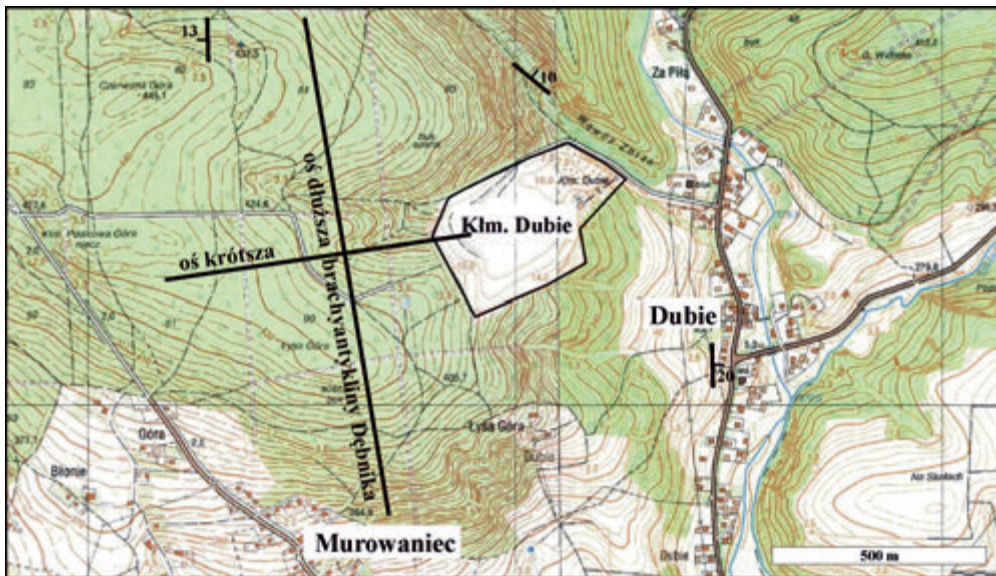
orogenezy waryscyjskiej [2]. Według Harańczyka i Wali [3] jest to intruzja kompleksowa o budowie pasmowej, na którą składa się młodsza ława trachitowa (hybrydowy trachyandezyt) i starsza andezytowa.

Przeprowadzone badania okruszcowania skał towarzyszących wyżej opisaną dajce andezytowej wskazują na obecność śladowych ilości typomorficznych kruszców dla złóż kata- i mezotermalnych oraz skarnowych.

Zarys budowy geologicznej obszaru badań

Brachyantyklina Dębника zbudowana jest z dewońskich utworów podłoża waryscyjskiego, odsłaniających się spod osadowej pokrywy permo-mezozoicznej monokliny śląsko-krakowskiej (rys. 3). Powstanie antykliny związane jest najprawdopodobniej z przebudową starszej formy kulisowej poprzez wykształcenie w jej jądrze intruzji porfirowej [4]. Geograficznie struktura brachyantykliny Dębника zajmuje obszar między doliną Czernki i Raclawki. Możliwa do zaobserwowania na powierzchni część antykliny stanowi jedynie fragment znacznie rozleglejszej struktury [5]. Na podstawie wierceń stwierdzono jej obecność pod pokrywą mezozoiku w kierunku północnym, zachodnim i wschodnim [6].

Spośród utworów podłoża monokliny śląsko-krakowskiej na powierzchni zaobserwować można jedynie utwory dewo-



Rys. 1. Lokalizacja kamieniołomu Dubie na tle lokalnych struktur tektonicznych
 Fig. 1. Location of the Dubie quarry in the vicinity of the local tectonic structures



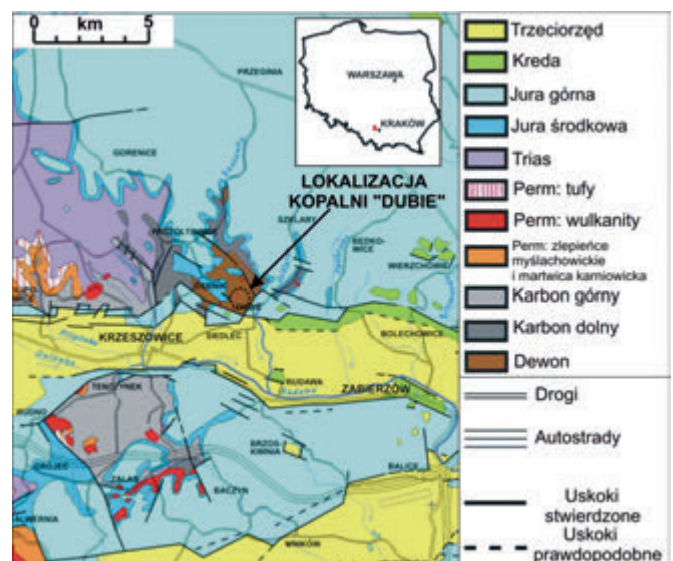
Rys. 2. Przebieg dajki andezytowej w kopalni Dubie. Ściana SE kamieniołomu
 Fig. 2. An andesitic dyke within the Dubie quarry. The southeastern langwall

nu i karbonu, których odsłonięcia znajdują się na zachód od Krakowa. Skały węglanowe zostały podczas orogenezy waryscyjskiej sfałdowane i zuskokowane. W efekcie powstało szereg nieregularnych struktur anty- i synklijalnych, w tym brachyantyklina Dębniaka [5, 6].

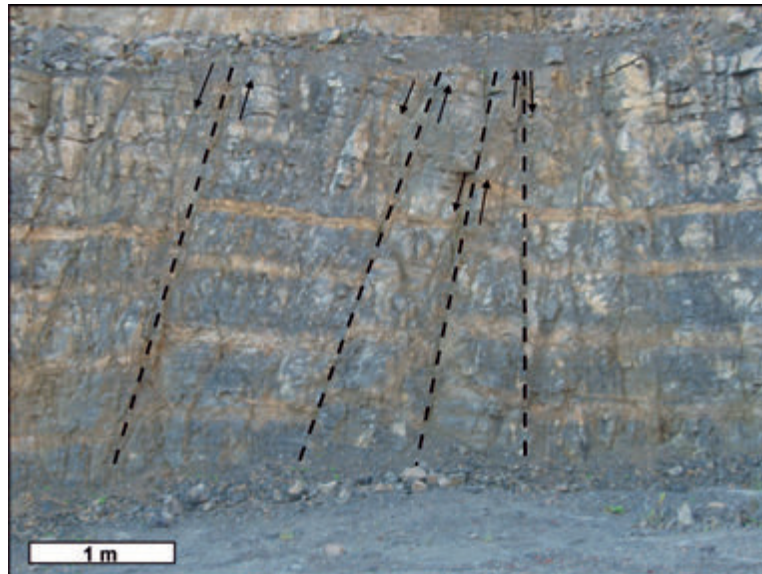
Omawiany obszar został następnie pokryty kompleksem permo-mezozoicznych osadów. W efekcie alpejskich ruchów górotwórczych pokrywa osadowa uległa nachyleniu w kierunku NE, tworząc współczesną formę monoklinalną [6].

Wulkanizm późnego paleozoiku w rejonie Krzeszowic – Dębniaka rozwinął się na obszarze, który po orogenezie kaledońskiej uznać można za stabilny. Podczas orogenezy waryscyjskiej odnowiły się starsze granice dyslokacyjne oraz zapoczątkowane zostały zjawiska wulkaniczne, zwłaszcza w obrębie kaledońskich stref niezgodności o przebiegu NE-SW. W miejscach tych rozwinął się wulkanizm, a szczeliny tensyjne stały się naturalnymi drogami migracji magmy [7]. Wiek wulkanizmu rejonu Krzeszowic określono metodą K-Ar na około 300 Ma, metodą U na 295 Ma [7, 8]. Obydwa wyniki wskazują na fazę asturyjską orogenezy waryscyjskiej.

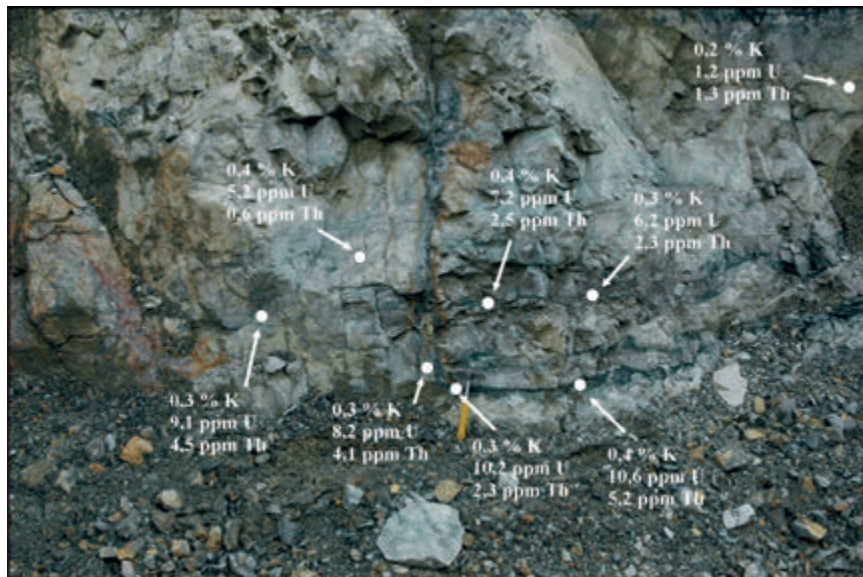
Profil brachyantykliny rozpoczynają osady emsu, wy-



Rys. 3. Szkic geologiczny okolic Krzeszowic
 Fig. 3. Geological setting of the Krzeszowice region



Rys. 4. Uskoki na ścianach wyrobiska Dubie
Fig. 4. Faults on the Dubie quarry's langwall



Rys. 5. Ściana dolomitów żywetu z widocznymi wytrąceniami hematytu i goethytu, towarzyszącymi strefie uskokuwej
Fig. 5. Gyvetian dolomites with noticeable precipitations of hematite and goethite, associated with the fault zone

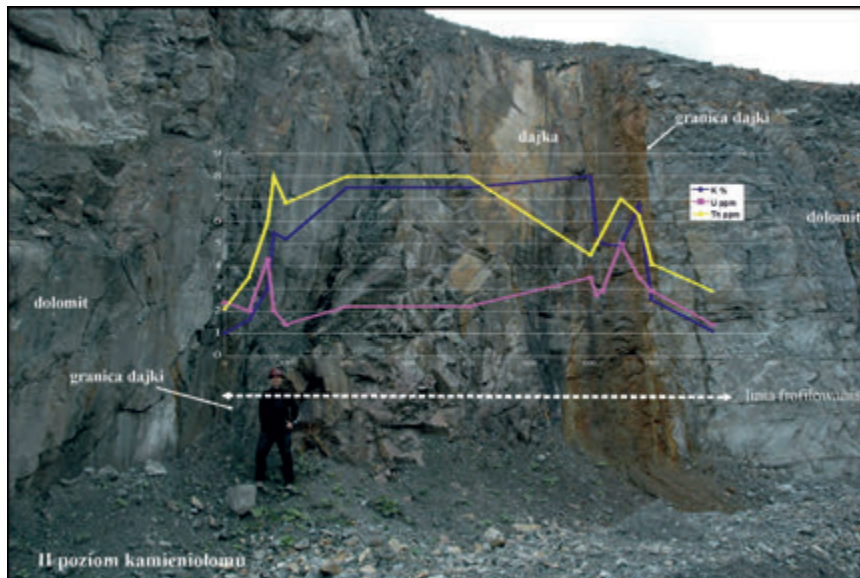
Tab. 1. Zawartość U, Th i K w dolomitach z Dubia poza strefami uskokuowymi
Tab. 1. Concentration of U, Th and K in the dolomites from the outside of the fault zones

Pierwiastek	Analizy										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U (ppm)	2,1	2,5	1,2	1,1	0,6	2,0	1,5	2,8	1,6	2,6	2,5
Th (ppm)	0,6	0	1,1	1,3	1,0	0,7	1,2	1,4	1,4	1,8	0,5
K (%)	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1

kształcone w postaci piaskowców kwarcytowych barwy czerwonej i białoszarej z wkładkami mułowców oraz ilów ze szczątkami psylofitów. Miąższość kompleksu wynosi kilkaset metrów. Na nich zalegają utwory środkowego dewonu (utwory węglanowe z dużym udziałem margli i osady piaszczysto-iłowcowe), datowane na eifel. Wyżej przechodzą w dolomity średnio- i gruboławicowe, określane w literaturze mianem dolomitów ze Zbrzy. Na podstawie skamieniałości przewodniej ramienionoga *Stringocephalus burtini* wiek tych utworów określono na żywet [9]. Stanowią one jednocześnie najstarsze na

monoklinie śląsko–krakowskiej utwory odsłaniające się na powierzchni [6].

Obszar brachyantykliny Dębника między Szklarami i Czerną charakteryzuje obecność licznych intruzji w obrębie węglanowych skał dewońskich i karbońskich [10]. Ich obecność związana jest z istnieniem ciała magmowego pod pokrywą utworów węglanowych. Potwierdziły to wyniki wierzeń otworu badawczego Dębник IG-1, którym przewiercono po raz pierwszy utwory węglanowe, docierając do zalegającej pod nimi intruzji porfirowej [11].



Rys. 6. Profilowanie U, Th, K przez dajkę andezytową w kopalni Dubie

Fig. 6. Cross-section of the U, Th and K concentration through the andesitic dyke, Dubie quarry

Metodyka badań

W rejonie kopalni Dubie wykonano badania punktowe na zawartość pierwiastków promieniotwórczych oraz opróbowano skały zawierające śladowe ilości kruszców. Badania skał pod kątem zawartości K [%], U i Th [ppm] zostały wykonane za pomocą spektrometru gamma RS-230. Pomiary wykonywano w odległościach nie większych niż 50 cm od siebie, przystawiając spektrometr do skały na czas 180 sekund. Próbkę skał do badań petrograficzno-mineralogicznych zostały pobrane z odsłonięcia dajki andezytowej znajdującego się na poziomie I i II kamieniołomu w Dubiu oraz z miejsc o podwyższonym promieniowaniu U-Th. Z pobranych próbek skał wykonano preparaty polerowane. Szlifowanie próbek przeprowadzono na proszkach elektrokorundowych. Polerowanie wykonano na standardowych podkładach DP-Dur, DP-Mol i DP-Nap firmy „Struers”, przy zastosowaniu odpowiednich past diamentowych o określonej granulacji dla podkładów polerowych. Badania właściwości optycznych i fizycznych przeprowadzono według standardowej procedury opisanej w literaturze [12] pod mikroskopem do światła odbitego i przechodzącego (Opiphot 2-Pol firmy Nikon). Do pomiaru zdolności refleksyjnej kruszców zastosowano fotometr „Photometer P101” firmy Nikon oraz wzorce zdolności refleksyjnej SIC-958 firmy Zeiss i syntetyczny Si. Ponadto w celu identyfikacji obecności faz mineralnych wykonano analizy zawartości pierwiastków w mikroobszarze przy użyciu mikroskopu skaningowego JOEL JSM-55800LV na Politechnice Wrocławskiej.

Wyniki badań

Powstałe w wyniku prac górniczych wyrobisko odkrywkowe, ukazujące prawie 100 m profil węglanów żywetu, pocięte jest licznymi uskokami. Uskoki te odsłaniają się głównie w południowych i południowo-wschodnich ścianach wyrobiska (rys. 4). Ich przebieg waha się w wąskim przedziale od 80/80° do 85/85°. Cechą charakterystyczną wspomnianych dyslokacji są liczne zmiany hydrotermalne towarzyszące płaszczyznom uskokowym. Ponadto wokół dyslokacji w większości obserwowanych miejsc widoczne są ślady zbrekcjowania węglanów lub wyraźne brekce tektoniczne spojone wtórnym kalcytem o

zabarwieniu czerwonawym, charakterystycznym dla utworów impregnowanych hematytom lub goethytem (rys. 5).

W strefach przyuskokowych, widoczne są drobne żyłki białego kwarcu okruszczone pirytem, z montmorylonitem, sepiolitem oraz serpentynem z grupy lizardyt – chryzotyl [13, 14]. Oprócz wymienionych powyżej przemian hydrotermalnych dolomitów żywetu, w opisywanych strefach przyuskokowych obserwuje się wyraźnie podwyższone promieniowanie gamma, wyrażone zwiększoną obecnością U, Th oraz K.

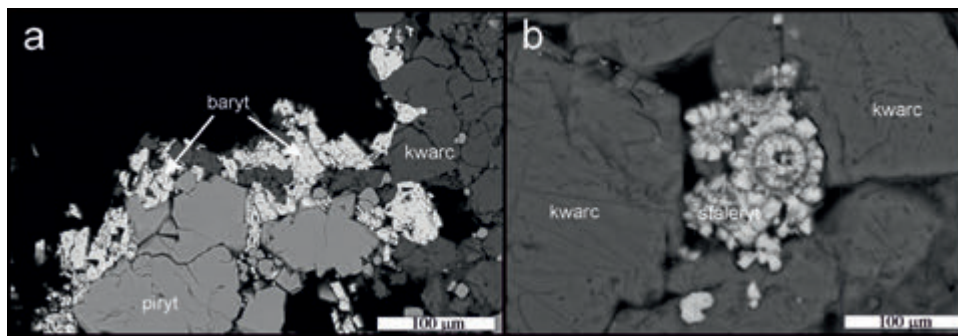
Koncentracja pierwiastków promieniotwórczych w dolomitach żywetu w różnych miejscach kamieniołomu w Dubiu waha się w przypadku U od 0,6 do 2,5 ppm, Th od 0 do 2,3 ppm oraz K od 0,1 do 0,5 %. W miejscach wyraźnie zmetasomatyzowanych oraz w strefach uskokowych ich zawartość wzrasta. Największe zmiany obserwuje się w przypadku koncentracji U. Jego ilość wzrasta 4-krotnie i miejscami wynosi 10,6 ppm (rys. 6). Zawartość Th rośnie 3-krotnie do 5,2 ppm. Najmniejsze zmiany widoczne są w koncentracji K. Jego zawartość jest stabilna i nie odbiega od ogólnego tła obserwowanego w kamieniołomie (tab. 1, rys. 4). Porównanie promieniotwórczości naturalnej skał w tym rejonie przebadanych przez Malczewski et al. [2] nie uwzględniło wyraźnego związku promieniowania radionuklidów w kamieniołomie Dubie z licznymi strefami uskokowymi.

Opisane powyżej zależności występowania U, Th i K potwierdzają się również w przypadku dajki andezytowej (rys. 6). Profilowanie dajki na poziomie II wykazało, że zawartości U, Th i K gwałtownie rosną przy granicach ze skałą dolomitową (rys. 6). W przypadku Th zawartość wzrasta do 8 ppm i utrzymuje się przez cały profil dajki andezytowej. Podobnie stabilnie występuje w całej intruzji K. Jedynie zawartość U przy granicach dajki wzrasta do 4 ppm, aby opaść o połowę do 2,1 ppm w jej wnętrzu. Zawartość analizowanych pierwiastków świadczy dobitnie o wykorzystaniu strefy uskokowej przez intruzję andezytową. Wskazuje również o silnym związku pomiędzy obecnością U i Th, a zmianami metasomatycznymi w obrębie dajki, spowodowanymi krążącymi roztworami hydrotermalnymi.

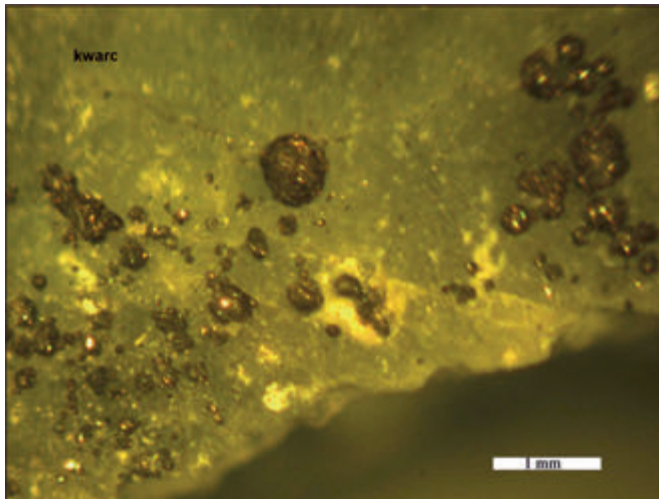
W wyniku krążenia roztworów partie graniczne dajki andezytowej uległy silnym przeobrażeniom, przechodząc miejscami w montmorylonit i serycyt. Wzdłuż ławic dolomitowych oraz



Rys. 7. Przebieg dajki w spągu eksploatacji z widoczną warstwą smektytową
Fig. 7. The dyke on the bottom of the quarry with a noticeable smectite layer



Rys. 8. Automorficzny piryt w zroście z barytem (a), kolomorficzny sfalerzyn w żyłce kwarcowej (b)
Fig. 8. An automorphic pyrite, intergrown with a barite (a), a colloidomorphic sphalerite within the quartz streak (b)



Rys. 9. Agregaty pirytowo-markazytowe w żyłce kwarcowej z kopalni Dubie
Fig. 9. Pyrite – marcasite aggregates within the quartz streak from the Dubie quarry

równoległe do granic opisywanej intruzji rozwinęła się silnie argilizacja dolomitu, przybierając szarozielone zabarwienie. W spągowej części kamieniołomu silnie zmieniona hydrotermalnie dajka poprzecinana jest młodszymi uskokami zmieniającymi jej przebieg. Przy granicy z dolomitem wytworzyła się czarno-zielona warstwa, złożona głównie ze smektytu i montmorylonitu (rys. 7). Obecny stan intersekcji wskazuje, że dajka kontynuuje się w kierunku południowym.

W obrębie warstwy smektytowej występują cienkie, do

kilkunastu milimetrów miąższości żyłki kwarcowe oraz kwarcowo-kalcytowe i kwarcowo-barytowe (rys. 8). W ich obrębie stwierdzono obecność automorficznych ziaren pirytu oraz markazytu, niezmiennych w wyniku krążenia juwenilnych wód hydrotermalnych i meteorycznych. Ponadto w żyłkach kwarcowo-kalcytowych występuje sfalerzyn oraz cerusyt.

Piryt i markazyt występują w formie automorficznych i hipautomorficznych ziaren o średnicach do 0,1 mm oraz w postaci agregatów ziarnistych do 0,5 mm (rys. 9). Obserwowany piryt nie jest jednolity chemicznie. Rentgenowskie analizy punktowe składu pierwiastkowego wykazały bardzo zróżnicowane domieszki w poszczególnych ziarnach pirytowych. Ich skład waha się w dużych zakresach pod względem obecności Zn, którego zawartość zmienia się w poszczególnych częściach kryształów od 0 do 0,76 % wag. W przypadku Ni zawartość waha się od 0 do 0,25 % wag. Niektóre ziarna pirytowe wzbogacone są w Bi do 6,15 % wag. Sfalerzyn występuje głównie w postaci drobnych ziaren o średnicach do 10 µm oraz tworzy agregaty skupione w kolomorficzne struktury o wielkości do 100 µm średnicy (rys. 8 b). Ziarna sfalerzynowe charakteryzują się stabilną zawartością domieszek pierwiastków Ni oraz Fe. Zawartość żelaza waha się od 0,71 do 0,84 % wag., natomiast zawartość niklu od 0,12 do 0,28 % wag.

Cerusyt stwierdzony w obrębie żyłki kwarcowo-kalcytowej wskazuje na cerusytyzację, która nastąpiła po krystalizacji żyłek kalcytowych. Mineral ten tworzy drobne ziarna o wielkości nie przekraczającej 30 µm średnicy i występuje w zrostach z kalcytem oraz barytem. Cerusyt jako minerał strefy hiperge-

Tab. 2. Analizy zawartości pierwiastków w magnetytach z Dubia
 Tab. 2. Element analysis of the magnetites from Dubie

Magnetyty	Pierwiastki w % wag.													
	Si	Mg	Ca	Ti	Mn	V	Co	Ni	Cr	Zn	As	Na	Cu	S
z dajki andezytowej	0,51			0,12	0,23		0,18							
	0,57	0,12		6,87	0,91	0,29	0,36	0,13						
	1,29	0,28	0,21	9,96	1,31	0,46	0,37	0,18	0,21	0,49				
	0,28			8,18	0,87	0,38	0,30			0,16	0,14			
	0,51	0,12		6,85								0,11		
	0,16		0,12		0,24		0,29	0,11						
	0,14				0,25		0,25							
	0,51			0,16	0,23		0,18	0,14						0,48
ze skał osadowych	2,97	2,33	0,31											0,22
	0,54	0,11	0,11											0,27
	0,55	0,15	0,61											1,57
	0,34	0,23	0,22											1,23

nicznej powstał koszt mineralów ołowionośnych, których jak dotychczas nie stwierdzono w kopalni Dubie. Jego skład pierwiastkowy sugeruje obecność pierwotnych mineralów miedziowych w niezmienionej żyłce kwarcowo-kalcytowej. W cerusycie stwierdzono obecność Cu do 0,64 % wag, Mg do 0,39 % wag. oraz Ni do 0,17 % wag.

Ze wszystkich kruszców stwierdzonych w kopalni Dubie największą zmiennością charakteryzują się magnetyty. W skale andezytowej tworzą automorficzne ziarna o wielkościach do 2 mm średnicy. W utworach węglanowych stowarzyszone są z pirytem i występują w postaci wydłużonych zgodnie z powierzchniami uławiczenia i laminacji agregatów ziaren automorficznych i hipautomorficznych o długości do kilku mm. Magnetyty występujące w andezycie wykazują ślady Si od 0,14 do 1,29 % wag., Mg od 0,12 do 0,28 % wag., Ti od 0,12 do 9,96 % wag., Mn do 0,23 do 1,31 % wag., Co od 0,18 do 0,37 % wag. Oznaczono w nich ponadto śladowe ilości Ca, Cr, Zn, As, Na i w jednym przypadku Cu do 0,48 % wag. (tab. 2).

Magnetyty skarnowe występujące w zrostach z dolomitem wykazują odmienny charakter domieszek pierwiastków. Analizy pierwiastkowe wykazały, że głównymi domieszkami w sieci krystalicznej tych magnetytów są Si od 0,34 do 2,97 % wag., Mg od 0,11 do 2,33 % wag., Ca od 0,11 do 0,61 % wag. oraz S od 0,22 do 1,57 % wag. Pierwiastki te, a szczególnie siarka, wyraźnie różnicują magnetyty występujące w skałach osadowych zmienionych metasomatyycznie od magnetytów obecnych w andezycie.

Podsumowanie i wnioski

Skały dolomitowe w kamieniołomie Dubie, poprzecinane wieloma uskokiemi oraz dajką andezytową, wykazują typowe zmiany metasomatyczne związane z oddziaływaniem intruzji wgłębnej oraz migrujących roztworów hydrotermalnych. Typowe zjawiska opisane w literaturze tj. peryklazytyzacji, serpentynizacji, brucytyzacji [1, 3, 15] oraz montmorylonityzacji, serycycytacji i argilityzacji [1] skał otaczających wyraźnie wskazują na oddziaływanie procesów magmowych lub subwulkanicznych na skały dolomityczne żywetu. We wszystkich opracowaniach dotyczących tego obszaru wspomina się o możliwości obecności okruszczenia typu porfirowego

Cu-Mo w rejonie Dubia. Zejście z eksploatacją dolomitów do poziomu pierwszego, tj. 307 m, pozwoliło na odsłonięcie wcześniej niewidocznych partii złoża oraz dajki andezytowej ze śladami okruszczenia, niedostępnej dotąd do obserwacji. Na uwagę zasługuje wzrost zawartości U-Th przy dyslokacjach przecinających skały węglanowe oraz podwyższona zawartość U-Th wokół dajki andezytowej. Roztwory U-nośne oraz Ba-nośne w wielu obszarach górotwórczych, migrując wzdłuż dyslokacji, określają końcową fazę okruszczenia skał.

W Dubiu rozwinęły się, co prawda, na małą skalę procesy przykontaktowe, jednakże przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie wcześniej nieopisywanych procesów barytyzacji, cerysycytacji oraz typowej skarnizacji, gdzie ewidentnym ekwiwalentem tego procesu jest obecny magnetyt w dolomitach. Zdiagnozowanie obecności cerusytu w żyłkach kwarcowo-kalcytowych sugeruje pierwotną obecność kruszców ołowiu (np. galeny), które w wyniku krążenia roztworów descensyjnych uległy przeobrażeniu w $PbCO_3$. Domieszki Cu oraz Ni stwierdzone w cerusycie wskazują na typowe przeobrażenia hydrotermalne pierwotnej paragenezy mezotermalnej kruszców. Potwierdza to obecność sfalerytu w paragenezie z pirytem w bezpośrednim sąsiedztwie dajki andezytowej. Jeśli do wyżej opisanych kruszców dołączymy opisane przez Harańczyka [1] kobaltyn oraz chalkopiryt, otrzymamy ślady typowej paragenezy kata- do mezotermalnej z typową skarnizacją (magnetyt w dolomicie).

Obserwowany proces pirytyzacji skały andezytowej oraz procesy wtórne towarzyszące opisywanej dajce wskazują na śladowe występowanie paragenez typowych złóż porfirowych typu Cu-Mo. Tego typu złoża sugerował już Harańczyk [1] umiejscawiając je na dyslokacji o kierunku NE-SW Dolina Będkowska – Regulice w podłożu paleozoicznym. Odsłonięcie dajki na poziomie I (307 m) może wskazywać na całkiem inny kierunek poszukiwań złóż porfirowych. Jak wykazały badania zawartości U-Th w kamieniołomie Dubie, intruzja wyraźnie związana jest z systemem dyslokacji skośnym do wyżej wymienionego NE-SW. Dajka przebiega prawie południkowo z lekkim odchyleniem w kierunku wschodnim pod kątem 90°, zmieniając się lokalnie poprzez wybrzuszenia do 85°. Oznacza to, że najprawdopodobniej źródło okruszczenia znajduje się na południe od kamieniołomu Dubie. Obecność w opisywanym

miejscu śladowej mineralizacji typu U-Pb-Zn-Cu-Ni nie stanowi paragenezy typowej dla klasycznych złóż porfiryowych. Wydaje się, że najprawdopodobniej na południe od Dubia może znajdować się klasyczne żyłowe złożo hydrotermalne z wysoko- i średniotemperaturowymi minerałami metalonośnymi.

Literatura

- [1] Harańczyk Cz., 1980 – Okruszczony andezyt hornblendowy z Dubia. *Rudy metale*. 25, nr. 6, 242-249
- [2] Malczewski, D., Badera, J., Lizurek, G., Mirkowski, Z., Dorda, - 2006, Promieniotwórczość naturalna skał paleozoicznych z rejonu Krzeszowic. *Przegląd geologiczny*. v. 54, nr. 9, 815-822
- [3] Harańczyk Cz., Wala A., 1989 – Skarny magnezowe i marmury brucytowe grzbietu Dębника. *Przeg. Geol.* 6., 330-334
- [4] Hoffmann M., Paszkowski M., 1989 – Skały węglanowe paleozoiku antykliny Dębника [W:] Rutkowski J. (red.) – Przewodnik LX Zjazdu PTG, 25-30. Wyd. AGH, Kraków
- [5] Bogacz K., 1980 – Budowa geologiczna paleozoiku dębnickiego (Tectonics of the Palaeozoic rocks of the Dębnik region) [W:] *Rocznik PTG*, Vol. L-2, 183-208. Kraków
- [6] Gradziński R., 1972 – Przewodnik geologiczny po okolicach Krakowa. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- [7] Harańczyk Cz., 1989 – Rozwój wulkanizmu krakowskiego (The development of the Kraków area volcanism) [W:] Rutkowski J. (red.) – Przewodnik LX Zjazdu PTG, 51-58. Wyd. AGH, Kraków.
- [8] Skowroński A., 1974 – Oznaczenie wieku bezwzględnego tzw. porfirów z Zalasu metodą śladów rozszczepienia jąder uranu (Track absolute age of so-called Zalas porphyry) – *Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Nauk PAN, Oddział w Krakowie*, 17, 236-237
- [9] Narkiewicz M. & Racki G., 1984 – Stratygrafia dewonu antykliny Dębника. *Kwartalnik Geologiczny* t. 28, nr 3/4, str. 513-546
- [10] Kozłowski S. 1955 – Intruzje porfiryowe w grzbiecie dębnickim. *Biuletyn IG*, 97, 1, 38-102
- [11] Zajączkowski W., 1964 – Utwory dolnego karbonu i budowa geologiczna okolic grzbietu dębnickiego. Przewodnik XXXVII Zjazdu PTG, cz. II, 1-23. Katowice
- [12] Muszer A., 2000. - *Zarys mikroskopii kruszców*. Wrocław. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław. s. 1-233.
- [13] Lewandowska A., 1991 - Minerals of the zone of altered Devonian dolomites from Dubie area near Kraków (Southern Poland). *Mineralogia Polonica*. V. 22, no. 2.
- [14] Lewandowska A., 1996 – Fe-bearing sepiolite from Dubie near Krzeszowice. *Mineralogia Polonica*. V. 27, no. 2.
- [15] Harańczyk Cz., Lewandowska A., 1994 - Skarny magnezowe grzbietu Dębника (stanowisko: kamieniołom Dubie). *Wycieczka zjazdowa*. Przew. 65 Zjazdu PTG.112-114.



fot. A. Borowicz

Kopalnia Trzuskawica S.A.