

Marek MARKOWIAK¹

PRZEJAWY MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ W SKAŁACH OBSZARU STRZELIN–GŁUCHOŁAZY

Abstrakt. Na podstawie badań mikroskopowych i w mikroobszarze próbek skał z trzech rejonów morawsko-śląskiej strefy tektonicznej: Wzgórz Strzebińskich, okolic Paczkowa i Głuchołaz, dokonano charakterystyki przejawów mineralizacji kruszcowej tego obszaru. Stwierdzono obecność szerokiego zestawu minerałów kruszcowych, w tym wielu dotychczas na badanym obszarze nierozpoznanych, takich jak: pirit, pirotyn, chalkopiryt, sfaleryt, mielnikowit, mielnikowit-piryt, markasyt, kowelin, digenit, galena, greenockit, carrollit-fletscheryt, bravoit, Co-bravoit, molibdenit, scheelit, tennantyt, minerały z grupy euksenitu (EGM) zbliżone do ytrocra-site-(Y), elektrum, bizmut rodzimy, bismutynit, cosalit, joseit?, tsumoit?, gustavit?, stannin, argentyt, srebro rodzime, ilmenit, rutyl, tytanit, goethyt oraz szereg minerałów pierwiastków promieniotwórczych – uraninit, toryt, coffinit, a także minerałów zawierających pierwiastki promieniotwórcze (w tym wspomniane wyżej minerały grupy euksenitu): rabdofan, uranopolycrase i prawdopodobnie thorbastnäsytt współwystępujący z parisytem. Zespołem mineralnym najpowszechniej spotykanym w całym regionie jest zespół o składzie: pirit, pirotyn, chalkopiryt, sfaleryt, przy czym dwa ostatnie minerały występują podrzędnie. Przejawy mineralizacji pierwiastkami ziem rzadkich wymagają dalszych badań w pierwszej kolejności.

Słowa kluczowe: złoto, mineralizacja REE, okruszcowanie, morawsko-śląska strefa tektoniczna, Strzelin, Głuchołazy.

WSTĘP

W artykule zostały przedstawione wyniki badań przeprowadzonych przez Oddział Górnośląski Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego (PIG-PIB) w ramach tematu sfinansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) (Lasoń i in., 2018). Publikacja powstała w celu uzupełnienia wyników dotychczasowych badań przejawów mineralizacji kruszcowej na obszarze Strzelin–Głuchołazy.

Zachodnia granica Brunovistulicum (morawsko-śląska strefa tektoniczna) była obiektem licznych opracowań i publikacji dotyczących geologii i tektoniki obszaru oraz okazałych opracowań petrologicznych skał (m.in. Oberc, 1966; Oberc i in., 1986; Oberc-Dziedzic, 1991; Oberc-Dziedzic i in., 2013). Teoretycznie obszar ten, prawdopodobnie genetycznie powiązany ze strefą krakowsko-lubliniecką, w której rozpoznano złożę Cu-Mo-W, jest również potencjalnie

perspektywiczny dla okruszcowania minerałami miedzi, molibdenu, wolframu, cynku, ołowiu i być może również innych metali pozostających w asocjacji z wyżej wymienionymi.

Literatura na temat magmowej i pomagmowej mineralizacji kruszcowej skał masywu Strzelina jest uboga. O występowaniu piryty w niektórych granitoidach i utworach pomagmowych wspominają Schumacher (1878) i Behr (1921), a molibdenitu – Traube (1888) i Kowalski (1967). Okruszcowanie masywu Strzelina zostało najpełniej opisane przez Olszyńskiego (1972), który w utworach pomagmowych (aplitach, pegmatytach i utworach żyłowych) stwierdził występowanie molibdenitu, pirotynu, chalkopiryty, sfalerytu, walerytu (valleriite), kubanitu, bizmutu rodzimego, piryty, mielnikowitu-piryty i mielnikowitu-markasyty, a w kamieniołomie w Pomianowie Górnym – arsenopiryty, löllingitu, piryty, bizmutu rodzimego, bismutynitu, siarkosoli Bi i Pb,

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec.

chalkopirytu, pirotynu, sfalerytu i złota rodzimego (Olszyński, 1997). Najbogatszą mineralizację (głównie pirotyn, chalkopiryt i sfaleryt) wiąże on z etapem hydrotermalnym.

Dane na temat postmagmowej mineralizacji w granitoidach Strzelina zostały przedstawione również przez Stępiświcz (1977), który stwierdził, że główny etap mineralizacji kruszcowej przypada na zakres temperatur 200–350°C, a wśród stwierdzonych minerałów kruszczowych wymienia: pirotyn, pirotyn, chalkopiryt sfaleryt i molibdenit.

Kozłowski i Metz (2003) podczas badań inkluzji w próbkach pegmatytów i żył z granitów Strzelina, Mikoszowa i Gębczyc stwierdzili obecność pirotynu, pirytu, chalkopirytu, sfalerytu, molibdenitu, galeny, aikinitu, emplektytu i bizmutu. Minerale te występują jako inkluzje w kwarcu, fluorycie i kalcycie.

W łupkach łuszczycowo-syllimanitowo-kwarcytowych południowej części Masywu Strzelina opisano wysoką koncentrację tlenków Ti i Fe (Dziemiańczuk, Wojnar, 1984).

METODY I ZAKRES BADAŃ

Do poszukiwań przejawów mineralizacji kruszcowej wytypowano trzy rejony: Wzgórze Strzeleńskich, Paczkowa i Głucholaz, z których były opisywane wychodnie skał magmowych, strefy kontaktów ze skałami magmowymi lub przejawy działalności hydrotermalnej. Do badań wybrano 28 odsłoneń (fig. 1).

Z próbek pobranych z kamieniołomów i odsłoneń wykonano 51 preparatów polerowanych, które poddano badaniom petrograficznym kruszców w świetle odbitym za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego JENAPOL. Na tej podstawie wybrano 20 próbek przeznaczonych do szczegółowych badań w mikroobszarze. Badania wykonano w Laboratorium Analiz w Mikroobszarze PIG-PIB w Warszawie z użyciem mikroskopy elektronowej CAMECA SX 100 (stosowano napięcie przyspieszające 15 kV, prąd wiązki 20 nA) oraz skaningowego mikroskopu elektronowego LEO 1430, wyposażonego w detektor dyspersji energii (EDS) firmy Oxford ISIS 300 (stosowano napięcie przyspieszające 20 kV, prąd wiązki 50 μ A, a średnica wiązki wynosiła od 2–5 μ m). Pierwiastki analizowano z wykorzystaniem następujących linii pomiarowych: Ag La, Al Ka, Au Ma, Ba L β , Bi M β , Ca Ka, Cd La, Cl Ka, Co Ka, Cr Ka, Cu Ka, F Ka, Fe Ka, Hg M β , K Ka, Mg Ka, Mn Ka, Mo L β , Na Ka, Nb La, Ni Ka, P Ka, Pb M β , S Ka, Sb La, Se L β , Si Ka, Sn La, Sr La, Ta Ma, Te La, Th Ma, Ti Ka, U M β , Y La, Zn Ka, oraz La La, Ce La, Pr L β , Nd L β , Sm L β , Eu La, Gd L β , Tb La, Dy La, Ho L β , Yb La, Lu L β .

Dla kilku próbek wykonano również analizy powierzchniowe rozkładu intensywności sygnału (tzw. mappingi) przy takich samych parametrach wiązki elektronowej, jak

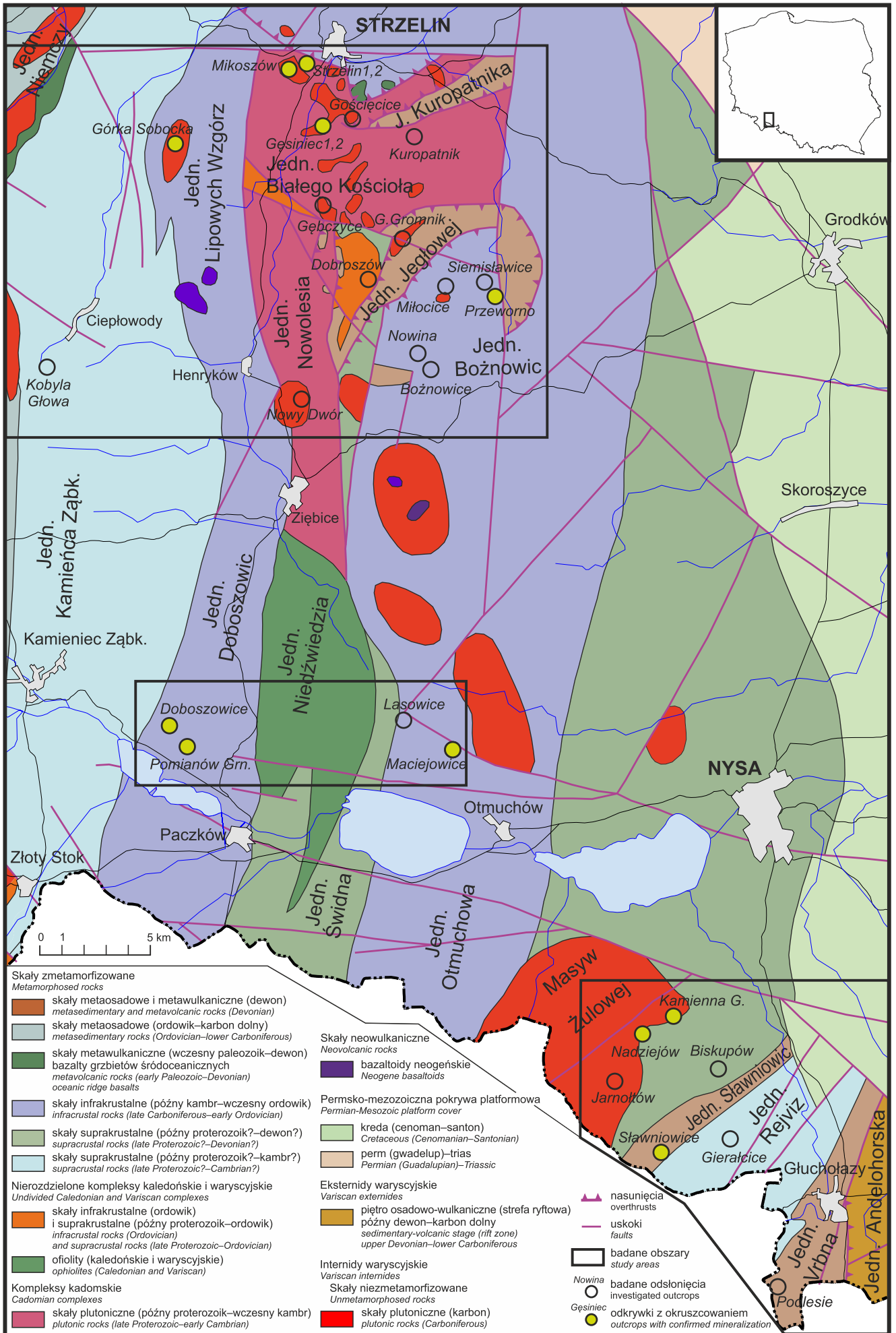
podczas punktowych analiz ilościowych. Otrzymane mapy rozkładu poszczególnych pierwiastków i obrazy BSE (obraz z detektora elektronów wstecznie rozproszonych) przetworzono w programie SX 100 w celu zobrazowania wzajemnych relacji między składnikami w badanych minerałach. Dla podkreślenia różnic w składzie chemicznym, zastosowano sztuczną skalę barw Quanti. Średni poziom wykrywalności (detekcji) dla analizowanych pierwiastków wynosi (w % wag.): Ag 0,07%; Al 0,03%; As 0,20%; Au 0,15%; Ba 0,30%; Bi 0,2%; Ca 0,02%; Cd 0,06%; Cl 0,03%; Co 0,08%; Cr 0,05%; Cu 0,13%; F 0,08%; Fe 0,06%; Hg 0,20%; K 0,02%; Mg 0,09%; Mn 0,07%; Mo 0,19%; Na 0,03%; Nb 0,055%; Ni 0,09%; P 0,02%; Pb 0,07%; S 0,02%; Sb 0,08%; Se 0,17%; Si 0,025%; Sn 0,07%; Sr 0,05%; Ta 0,075%; Te 0,09%; Th 0,06%; Ti 0,07%; U 0,03%; V 0,012%; Y 0,045%; Zn 0,16% oraz La 0,15%; Ce 0,17%; Pr 0,20%; Nd 0,23%; Sm 0,17%; Eu 0,24%; Gd 0,15%; Tb 0,11%; Dy 0,10%; Tm 0,13%; Yb 0,15%; Lu 0,32%.

W przypadku badań zwietrzliny (ochry) z kamieniołomu Kamienna Góra wykonano analizy chemiczne w Laboratorium Chemicznym PIG-PIB. Zawartości Fe₂O₃ i P₂O₅ oznaczono metodą rentgenowskiej spektrometrii fluorescencyjnej (XRF) w próbkach stapianych, zawartości Ta, U – metodą XRF w próbkach proszkowych prasowanych. Zawartości Ag, As, Be, Bi, Cu, Mo, Te, W oznaczano metodą spektrometrii mas ICP-MS po trawieniu wodą królewską, Au – metodą bezpłomieniowej absorpcji atomowej (GFAAS). Metodą spektrometrii mas ICP-MS oznaczano również zawartości REE w próbkach ilów z Doboszwic.



Fig. 1. Lokalizacja obszarów badań na tle mapy tektonicznej (wg Cymermana, 2010)

Location of study areas against the background of the tectonic map (after Cymerman, 2010)



CHARAKTERYSTYKA PRZEJAWÓW MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ WYSTĘPUJĄCEJ NA BADANYCH OBSZARACH

ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ OKOLIC WZGÓRZ STRZELIŃSKICH

Granitoidy waryscyjskie w masywie Strzelina mogły powstawać w trzech etapach, w przedziale czasu 345–285 Ma (Oberc-Dziedzic i in., 2013). W strefie Strzelina–Żulowa plutonizm waryscyjski granitoidów wyróżnia się odmiennością w porównaniu do magmatyzmu waryscyjskiego w innych częściach Sudetów. Wytwarzał liczne małe ciała plutoniczne, a nie pojedyncze duże intruzje (*ibidem*), wyjątkiem jest tutaj stosunkowo duży pluton Żulowej znajdujący się w większości w granicach Republiki Czeskiej.

Wzgórze Strzeleńskie są zbudowane z czterech grup skał krystalicznych: gnejsów, skał starszej serii łupkowej, młodszej serii łupkowej oraz granitoidów (fig. 1). Kompleks Strzelina był intrudowany przez waryscyjskie granitoidy występujące w postaci małych, izolowanych ciał, głównie sztoków i płaskich żył, najczęściej o miąższości od kilku do kilkunastu (rzadziej kilkudziesięciu) metrów. Skały intruzywne są zbudowane z granodiorytów, tonalitów, diorytów kwarcowych, granitów biotytowych oraz granitów dwumikowych (Oberc-Dziedzic i in., 1996). Granity występują przede wszystkim w północnej części regionu, a tonality i dioryty kwarcowe w części środkowej i południowej (Oberc-Dziedzic, 1991).

Masyw strzeleński w okresie od późnego karbonu do paleogenu był prawdopodobnie erodowany, a poziom erozji jest tu głębszy o ok. 2,5 km w porównaniu z obszarem Sudetów Zachodnich (Oberc, 1966). W związku z tym odsłaniają się tu wyłącznie partie korzeniowe intruzji. W takim przypadku erozja usunęła ewentualne najbogatsze w kruszce strefy apikalne intruzji.

Dane geofizyczne i petrologiczne sugerują jednak, że masyw Żulowej oraz Šumperský pluton (ok. 50 km na południowy zachód od Jesenika) są częścią znacznie większego, ale w większości ukrytego ciała granitoidowego (Leichmann i in., 2003). Na wspólne pochodzenie tych granitoidów wskazuje znaczna, ujemna anomalia grawimetryczna na stosunkowo dużym obszarze, rozpoczynająca się w pobliżu miasta Brzeg i ciągnąca się w kierunku południowo-zachodnim na odległość ponad 130 km. Wstępne oszacowanie głębokości plutonu mieści się w przedziale 3,3–5,0 km. To relatywnie duże ciało składające się z różnych typów litologicznych (np. tonality, granity i granodiority) określono jako „batolit śląski”. Na korzyść tej teorii mogłyby świadczyć przeważające drobnokrystaliczne struktury skał magmowych obserwowanych na powierzchni.

CHARAKTERYSTYKA MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ W REJONIE WZGÓRZ STRZELIŃSKICH

Uzupełnieniem danych o mineralizacji kruszcowej, uzyskanych z kamieniołomów i odsłoneń, są informacje z wierceń wykonanych w badanym rejonie. W czasie prac prowadzonych w latach 80. XX w. przez Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu wykonano w rejonie Strzelina (Wzgórze Strzeleńskie, Wzgórze Lipowe i Wzgórze na wschód od Ziębic w okolicach Dębowca) 44 otwory wiertnicze o głębokości do 320 m (Borek, Giszczyński, 1987) i opisano okruszcowanie nawierconych skał (Mastalerz, Niśkiewicz, 1985).

We wszystkich rejonach nawiercono znaczną liczbę żył skał magmowych, przy czym ilościowo przeważają skały serii tonalityowo-diorytowej (1267 m.b. rdzenia) nad granitami (877,5 m.b.). Nawiercono również gnejsy, łupki łuszczkowe i skały wapienno-krzemianowe. Przeprowadzone badania mineralizacji kruszcowej ujawniły występowanie następujących minerałów rudnych (*ibidem*):

- z grupy tlenków – magnetyt, hematyt (głównie martyt), ilmenit i rutil;
- z grupy siarczków – piryty, pirotyn, chalkopiryty, sfaleryty, arsenopiryty, kowelin, markasyt;
- inne – tetraedryt i goethyt.

Wśród minerałów tlenkowych dominuje ilmenit i hematyt, a pod względem genetycznym pierwotnymi minerałami etapu magmowego są: magnetyt, ilmenit i rutil, być może również część hematytu.

Na etapie pomagmowej mineralizacji rudnej powstały siarczki – głównie piryty i pirotyn, którym z reguły towarzyszą niewielkie ilości chalkopiryty i sfalerytu, sporadycznie pozostałe siarczki i siarkosole. Z procesami hipergenicznymi wiąże się powstanie goethytu i kowelinu. Makroskopowo obserwowano przede wszystkim piryty, bardzo rzadko pirotyn i chalkopiryty, pozostałe minerały rozpoznano natomiast wyłącznie w badaniach mikroskopowych. Biorąc pod uwagę mineralizację pomagmową, można stwierdzić, że mineralizacja rudna we wszystkich odmianach gnejsów i granitognejsów jest podobna. Mineralizacja siarczkowa występuje z reguły w formie nierównomiernie rozmieszczonych drobnych skupień lub ubogich impregnacji. Mineralizacja kruszcowa w granicie występuje głównie punktowo (lokalne drobne skupienia), rzadziej w postaci ubogich lub bardzo ubogich impregnacji, niekiedy obejmujących kilkumetrowe odcinki rdzenia. Mineralizacja kruszcowa w serii tonalityowo-diorytowej jest natomiast bardzo drobnociastą i bardzo ubogą. Obecna jest głównie w formie punktowych skupień i stref zmineralizowanych o miąższości wyjątkowo do ok. 20 m. Stosunkowo najbogatsza mineralizacja kruszcowa występuje na obszarze Wzgórze Strzeleńskich (Mastalerz, Niśkiewicz, 1985).

Strzelin

Wśród intruzji granitoidowych rejonu Strzelina dość powszechnie występują pegmatyty i aplity, jednak rzadko można w nich napotkać okruszcowanie. W trakcie obecnych badań w złożu Strzelin okruszcowanie w granitach obserwowano jedynie sporadycznie (ubogie okruszcowanie pirotytem i mielnikowitem-pirytem), niekiedy jest ono widoczne w drobnych żyłkach ciemnego chlorytu (strigovitu) rozcinających granity i skały osłony. Obserwuje się w nich pirotyt, piryty i chalkopiryty.

W obecnie nieczynnym kamieniołomie strzelińskim (pole Strzelin 1) opisano mineralizację kruszczową molibdenitem związaną z aplitami i pegmatytami (Olszyński, 1972). Aplity, uważane za starsze od pegmatytów, tworzyły w tym kamieniołomie pionowy pień o szerokości kilku metrów, przechodzący ku dołowi w duże ciało aplitowe. Były zbudowane z kwarcu, skaleni, muskowitu, biotyty oraz granatów i cyrkonu.

Pegmatyty były obserwowane nieco rzadziej od aplitów i występowały przede wszystkim w pobliżu grubych żył aplitowych. Zbudowane są one głównie z kwarcu i skaleni oraz biotyty i muskowitu, lokalnie zawierają również turmalin, topaz, beryl, molibdenit, apatyt, a także młodsze minerały: tytanit, strigovit (strzegomit), epidot, desmin, piryty, kaolinit i psydomelan (Kowalski, 1967). W pegmatytach były opisywane również granat i kwarc pochodzenia hydrotermalnego, występujące z reguły w centralnych strefach pegmatytów (Olszyński, 1972). Również koncentracje kruszców pochodzenia hydrotermalnego (głównie pirotyt, chalkopiryty, sfaleryt) można było obserwować wokół opisywanego, wyeksploatowanego pnia aplitowego (pole Strzelin 1; *ibidem*). Wraz z odległością od pnia intensywność okruszcowania malała.

Głównymi minerałami kruszczowymi są: pirotyt, chalkopiryty, sfaleryt, piryty, w pojedynczych przypadkach obserwowano molibdenit. W wyniku obserwacji mikroskopowych rozpoznano również valleriite, kubanit, bizmut rodzimy, mielnikowit, mielnikowit-piryty, mielnikowit-markasyt. Powstanie mineralizacji kruszczowej miało miejsce głównie po utworzeniu się żył kwarcowych, w temperaturze powyżej 550°C (pirotyt, chalkopiryty i sfaleryt). W nieco niższych temperaturach krystalizował bizmut rodzimy i w wyniku odmieszania roztworów stałych – valleriit i kubanit (Olszyński, 1972). Prawdopodobnie pod wpływem niskotemperaturowych roztworów zachodziło zastępowanie pirotytu mielnikowitem. W żyłach kwarcowych minerały kruszczowe wypełniają drobne spękania, tworzą wrostki w kwarcu lub występują w obrębie skupień strigovitu i innych minerałów pochodzenia hydrotermalnego (*ibidem*). Najmłodszymi utworami pochodzenia hydrotermalnego są żyłki pirytowo-kalcytowe.

Gęsiniec

W nieczynnym kamieniołomie w Gęsińcu eksploatowano zróżnicowane, głębinowe skały magmowe – głównie ciemne tonality i dioryty kwarcowe oraz granodioryty i gra-

nity dwuluszczkowe, bardzo niejednorodne pod względem składu mineralnego i struktury. Wyróżnia się pięć odmian skał tego typu, które w całości są określane jako seria tonalitywo-diorytowa (Oberc i in., 1986). Spotyka się również małe ciała skał żyłowych – pegmatyty i aplity. W niewielkiej ilości występują tu metamorficzne skały osłony – gnejsy i amfibolity.

Skały magmowe charakteryzują się ogólnie śladowym, lokalnie ubogim, często zwietrzałym okruszcowaniem. Występujące w kamieniołomie drobnokrystaliczne, jasnoszare granodioryty charakteryzują się śladowym okruszcowaniem, głównie pirytem. Lokalnie w pirytych obserwuje się liczne wrostki apatytu. Niekiedy wokół apatytu tworzą się obwódki goethytowe. Z reguły w pirytych można obserwować wrostki chalkopiryty, który występuje również w formie samodzielnych kryształów. Siarczki te w różnym stopniu są zastępowane przez goethyt. Sporadycznie w pirytych spotyka się wrostki galeny. W pirytych natrafiono również na bardzo drobny wrostek digenitu (Cu_9S_5). W jednej z próbek stwierdzono drobne kryształy uraninitu oraz kryształ molibdenitu o pokroju listewkowym, długości ok. 60 μm .

Wśród minerałów płonnych obecnych w otoczeniu kruszców występują głównie: biotyty, chloryty, kwarc, plagioklaz, skałen potasowy, rzadziej albit, tytanit, syderyt, cyrkon, baryt i apatyt. Dość rozpowszechniony jest także allanit. Tworzy on idiomorficzne kryształy o budowie strefowej i rozmiarach 100–500 μm średnicy. W jednej z próbek jasnoszarego granodiorytu na wszystkich, dość licznych, kryształach allanitu utworzyły się skupienia wtórnych minerałów ziem rzadkich z grupy bastnäsytu: parisytu – $\text{Ca}(\text{Nd,Ce,La})_2[\text{F}_2(\text{CO}_3)_3]$ i thorbastnäsytu $\text{Th}(\text{Ca,Ce})[\text{F}_2(\text{CO}_3)_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Lasoń, Markowiak, 2019).

W ciemnoszarych skałach serii tonalitywo-diorytowej z kamieniołomu w Gęsińcu występuje śladowe okruszcowanie siarczkami. Z minerałów kruszczowych najczęściej jest spotykany piryty i mielnikowit-piryty. Zwykle są to minerały wtórne po pirotycie, którego relikty zachowały się sporadycznie. Z kolei piryty jest miejscami zastępowany przez goethyt. Inne siarczki pojawiają się bardzo rzadko, zazwyczaj jest to chalkopiryty oraz sfaleryt, generalnie z niewielką zawartością Fe.

Na południowej ścianie kamieniołomu w skałach serii tonalitywo-diorytowej natrafiono na dość intensywnie okruszcowane żyły (grubości do 1,5 cm) i gniazda. Są zbudowane głównie z kwarcu z wypełnieniami kalcytowymi. Dominującym minerałem kruszczowym jest piryty tworzący przerosty z minerałami wtórnymi (po lokalnie dobrze zachowanym pirotycie): markasytem, mielnikowitem-pirytem i mielnikowitem (*tab. 1*). Pirotynowi pierwotnie towarzyszył chalkopiryty. W pirytych spotyka się drobne wrostki złożone z galeny, sfalerytu, bismutynitu i bizmutu rodzimego, przy czym galena zawiera drobną domieszkę srebra. Badania w mikroobszarze ujawniły również występowanie argentytu, przeważnie w formie bardzo drobnych impregnacji (*fig. 2A, B*). Starszymi minerałami od kalcytu są: kwarc, biotyty, granat, cyrkon, monacyt i kordieryt, co wskazywałoby na pegmatytową genezę tej mineralizacji, a równocześnie

Tabela 1

Lokalizacja punktów badawczych wraz z wynikami badań

Location of research points, and research results

Lokalizacja	Kruszce	Minerały ponne
Mikoszów	piryt, pirotyn, chalkopiryt, sfaleryt, ślady galeny, goethyt, ilmenit, tytanit	kwarc, skaień, biotyt, kalcyt, cyrkon, allanit, apatyt, klinzoisyt, syderyt, piroksen
Strzelin 1	pirotyn, pirit, chalkopiryt, ilmenit, tytanit, sfaleryt	kwarc, plagioklaz, K-skaień, biotyt, monacyt, fluoryt, chloryt kalcyt, chloryt, parisyt?
Strzelin 2	piryt, mielnikowit-piryt, pirotyn, markasyt, chalkopiryt, ilmenit	
Górka Sobocka	piryt, chalkopiryt, toryt, rutyl, galena, goethyt, brockit?	kwarc, muskowit, K-skaień, cyrkon, monacyt, ksenotym krysztaly mieszane turmalinu (schörl-dravit-uvit),
Gęsiniec	piryt, mielnikowit-piryt, mielnikowit, pirotyn, markasyt, chalkopiryt, kowelin, molibdenit, scheelit, ilmenit, rutyl, tytanit, sfaleryt, galena, digenit, uraninit, goethyt, tytanit, parisyt?, thorbastnösyt?, hematyt, Bi rodz., bismutynit, argentyt	kwarc, plagioklaz, K-skaień, albit, cyrkon, biotyt, baryt, kalcyt, apatyt, allanit, epidot, chloryt, syderyt, fluoryt, anhydryt, cyrkon, epistilbit diopsyd, parisyt?, fluoryt, granat, monacyt, kordieryt
Przeworno	piryt, mielnikowit-piryt, pirotyn, chalkopiryt, rutyl	biotyt, kalcyt
Kamienna Góra	piryt (mielnikowit-piryt?), chalkopiryt, kowelin, digenit, galena, uraninit, goethyt, pirotyn, coffinit, rutyl, tytanit, greenockit, carrolit-fletscheryt, tennantyt, bravoit, Ni-cattieryt, rabdofan? bismutynit, sfaleryt, elektrum, cosalit, bizmut rodzimy, joseit?, tsumoit?, gustavit?, stannin, argentyt, srebro rodzime, ilmenit, minerały z grupy euksenitu	kwarc, plagioklaz, K-skaień, apatyt, nontronit?, albit, hialofan, muskowit, cyrkon, ksenotym, monacyt, epidot, kaolinit, klinzoisyt?, prehnit?, biotyt, chloryt Fe i Mg, kalcyt
Nadziejów	pirotyn, pirit	
Sławniowice	piryt, pirotyn, chalkopiryt	kalcyt, muskowit, biotyt, grafit
Doboszowice	pirotyn, ilmenit	
Pomianów	piryt, pirotyn, rutyl, leukoksen	
Maciejowice	piryt, pirotyn, chalkopiryt	dołomit-syderyt; kwarc, plagioklaz, magnesoriebekit i omfacyt (minerały z grupy jadeitu), pirop, chloryt andaluzyt, illit, kaolinit

z młodszym kalcytem krystalizował niebieskawy fluoryt. W żyłkach tego typu kalcyt wykazuje czerwoną fluorescencję, co świadczy o domieszce manganu.

Licznie występują minerały tytanu, przy czym pierwotnym minerałem jest ilmenit, zazwyczaj zastępowany przez tlenki tytanu – rutyl lub anataz. Pojawia się tu również tytanit, w którym lokalnie znaczną część tytanu zastępuje glin (pkt 1, 2: fig. 2C, tab. 2). W otoczeniu minerałów tytanowych występuje głównie biotyt lub wtórny chloryt.

W jednej z próbek natrafiono na scheelit – jedyne wystąpienie minerału wolframu na całym badanym obszarze.

Żelazo w scheelicie nie występuje, a Mn i Mo jedynie w ilościach śladowych.

W serii tonalitywo-diorytowej, z minerałów płonnych w otoczeniu kruszców, najczęściej występują: plagioklaz, skaień potasowy, albit, kwarc, biotyt, chloryt, kalcyt, apatyt. Jednym z minerałów akcesorycznych jest allanit, który tworzy tutaj nieregularne skupienia. Brak jest związanych z allanitem wtórnych minerałów ziem rzadkich. Tylko raz napotkano kaolinitową pseudomorfozę po allanicie z drobnymi skupieniami parisytu, a niekiedy spotyka się samodzielne (nie związane z allanitem) bardzo drobne skupienia

Tabela 2

Skład chemiczny [% wag.] tytanitu w skale serii tonalitywo-diorytowej z kamieniołomu w Gęsiniecu (fig. 2C)

Chemical composition [wt.%] of titanite in the rock of the tonalite-diorite series from the Gęsiniec quarry (Fig. 2C)

Punkty	Si	Ca	Ti	Al	Fe	O	Suma	Minerał
1	14,43	21,72	12,20	6,74	0,43	39,37	94,89	tytanit
2	14,67	21,61	14,90	4,82	0,38	39,69	96,07	tytanit

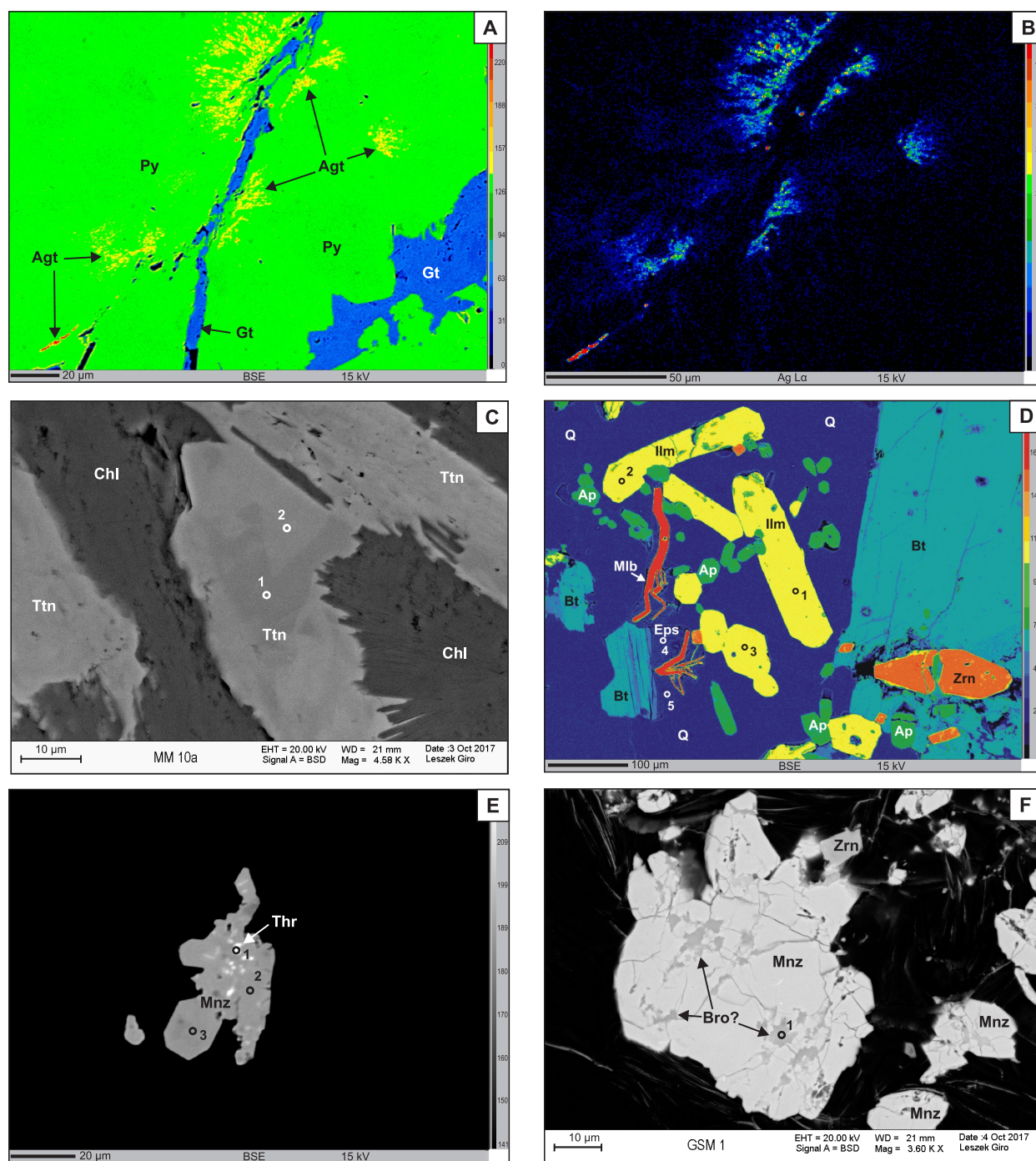


Fig. 2. A. Pegmatyt z kamieniołomu w Gęsińcu. Piryt (Py) zastępowany przez goethyt (Gt), z impregnacjami argentytu (Agt) (obraz BSE w barwach sztucznych). B. Pegmatyt jak na figurze A. Mapa WDS rozkładu Ag (linia $L\alpha$). Argentyt impregnuje piryt (obraz BSE w barwach sztucznych). C. Tonalit-dioryt ciemnoszary z kamieniołomu w Gęsińcu. Kryształy niejednorodnego tytanitu (Ttn) w chlorycie (Chl) (obraz BSE) (analizy – tab. 2). D. Tonalit-dioryt z kamieniołomu w Gęsińcu. Kryształy ilmenitu (Ilm) (analizy – tab. 3), apatytu (Ap), cyrkonu (Zrn) i molibdenitu (Mlb). W otoczeniu występuje kwarc (Q) i biotyt (Bt), a wokół molibdenitu epistylbit (Eps) (analizy – tab. 4) (obraz BSE w barwach sztucznych). E. Zserycytyzowany granitoid z kamieniołomu Górka Sobocka. Monacyt (Mnz) z licznymi wrostkami torytu (Thr) (analizy – tab. 5) (obraz BSE). F. Zserycytyzowany granitoid z kamieniołomu Górka Sobocka. Liczne kryształy monacytu (Mnz) z niewielkimi przerostami prawdopodobnie brockitu (Bro) (pkt 1), w otoczeniu również cyrkon (Zrn) (obraz BSE)

A. Pegmatite from the Gęsiniec quarry. Pyrite (Py) replaced by goethite (Gt), with argentite impregnations (Agt). BSE image in artificial colours. B. Pegmatite as in Figure A. WDS map of Ag distribution ($L\alpha$ line). Argentite impregnates pyrite. BSE image in artificial colours. C. Dark grey tonalite-diorite from the Gęsiniec quarry. Heterogeneous titanite (Ttn) crystals in chlorite (Chl) (BSE image) (analyses – Tab. 2). D. Tonalite-diorite from the Gęsiniec quarry. Ilmenite (Ilm) crystals (analyses – Tab. 3), apatite (Ap), zirconium (Zrn) and molybdenite (Mlb). Quartz (Q) and biotite (Bt) are present in the surroundings, and epistilbite (Eps) around molybdenite (analyses – Tab. 4). BSE image in artificial colours. E. Sericitized granitoid from the Górka Sobocka quarry. Monazite (Mnz) with numerous thorite (Thr) inclusions (analyses – Tab. 5). BSE image. F. Sericitized granitoid from the Górka Sobocka quarry. Numerous monazite crystals (Mnz) with small intergrowths, probably of brockite (Bro) (point 1), also zirconium (Zrn) in the surroundings. BSE image

minerałów ziem rzadkich (fluorowęglanów). Zaobserwowano również minerały takie jak fluoryt i anhydryt.

W północno-wschodniej części kamieniołomu występuje szara skała o charakterze diorytu, z niemal czarnymi skupieniami (szlirami) zbudowanymi głównie z biotyту, w którym obficie jest rozproszony ilmenit (pkt 1–3: fig. 2D, tab. 3) oraz apatyt i cyrkon. W otoczeniu występują również plagioklaz, rzadziej skałen potasowy oraz kwarc. W tego typu szlirach koncentruje się także piryt. Niekiedy w formie mikrożyłek występuje on między pakietami biotyту lub w spękaniałach skałeni. Czasami tworzy większe skupienia i cementuje kryształy ilmenitu, apatyту i cyrkonu, a lokalnie jest zastępowany przez goethyt. Ilmenit jest dobrze zachowany i charakteryzuje się dość dużą zawartością Mn oraz śladowymi ilościami Nb i V (fig. 2D, tab. 3). Jednemu ze skupień ilmenitu z apatytym towarzyszą kryształy molibdenitu (fig. 2D). Większy z kryształów osiąga długość 0,175 mm. Kryształy molibdenitu występują w mineralu, który można zidentyfikować jako epistilbit $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ z grupy zeolitów (pkt 4, 5: fig. 2D, tab. 4). W jednym przypadku zaobserwowano chalkopiryt zastępowany przez kowelin.

Górka Sobocka

Około 7 km na południowy zachód od kamieniołomów w Strzelinie znajduje się czynny kamieniołom granitoidów w Górce Sobockiej. Eksploatowane są tu jasne, drobno-kryształiczne granity biotyutowo-muskowitowe (III etap magmatyzmu) rozcięte nielicznymi żyłami pegmatytów. W porównaniu do innych granitów tego regionu skały są tu objęte dość intensywnymi hydrotermalnymi przeobrażeniami. Lokalnie są rozcięte mlecznymi do czarnych żyłami

kwarcowymi, grubości kilku do kilkunastu centymetrów, z intensywną impregnacją minerałami kruszcowymi. Miejscami występują kwarcowe szczotki krystaliczne i wypełnienia czarnym minerałem, prawdopodobnie goethytem. Wokół tych żył skała jest zielonkawa, niekiedy rozcięta siecią drobnych żyłek i mikrożyłek kwarcowych oraz silnie zmetasomatyzowana (metasomatyt kwarcowo-muskowitowy) z wtroczeniami nielicznych, ale dużych idiomorficznych kryształów pirytu (do 7 mm).

W niezmiennych granitach brak minerałów kruszcowych, natomiast w metasomatytach występują kilkumilimetrowe skupienia kryształów pirytu. Zawierają liczne wrostki skały płonnej. W pirycie spotyka się bardzo drobne wrostki chalkopirytu i galeny, rzadziej torytu $\text{Th}[\text{SiO}_4]$. Toryt zdecydowanie częściej pojawia się w formie wrostków w monacycie (pkt 1: fig. 2E, tab. 5). Monacyt jest minerałem dość rozpowszechnionym w tej skale (pkt 2, 3: fig. 2E, tab. 5; fig. 2F). Występuje zarówno w formie rozproszonej (fig. 2E, F), jak i w formie wrostków w pirycie. Towarzyszy mu ksenotym, czasami również cyrkon (fig. 2F) i rutyl. Rutyl zawiera domieszkę Nb (1,06%). Udział Th w monacycie jest dość duży (0,7–1%), a Y jest równomiernie rozproszony w całym monacycie – średnia zawartość Y w analizowanych monacytach wynosi 0,42% wag. (tab. 5).

W jednym z monacytów zaobserwowano nieregularne wrostki (pkt 1: fig. 2F), których skład przedstawia krzywa EDS (fig. 3). Identyfikacja tego minerału nie jest jednoznaczna, można jednak przypuszczać, że jest to brockite $(\text{Ca,Th,Ce})(\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$, opisywany jako rzadki akcesoryczny minerał występujący w granitach i pegmatytach (<http://webmineral.com/specimens/gallery.php?st=241&init=P#.X6J5xLiQnih> [dostęp: 18.11.2023]) lub jako minerał silnie zwiertzałych

Tabela 3

Skład chemiczny [% wag.] ilmenitu w skale serii tonalitowo-diorytowej z kamieniołomu w Gęsińcu (fig. 2D)

Chemical composition [wt.%] of ilmenite in the rock of the tonalite-diorite series from the Gęsiniec quarry (Fig. 2D)

Punkty	Fe	Ti	Mn	Nb	Ca	V	Mg	O	Suma	Minerał
1	34,27	31,36	2,14	0,15	—	0,03	—	31,49	99,44	ilmenit
2	34,18	31,26	2,11	0,17	—	0,05	0,03	31,44	99,23	ilmenit
3	34,13	31,29	2,12	0,15	0,02	0,03	0,03	31,45	99,21	ilmenit

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Y, Al, Th, Cl, P, Ta, Ce

“—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Y, Al, Th, Cl, P, Ta, Ce

Tabela 4

Skład chemiczny [% wag.] epistylbitu w skale serii tonalitowo-diorytowej z kamieniołomu w Gęsińcu (fig. 2D)

Chemical composition [wt.%] of epistilbite in the rock of the tonalite-diorite series from the Gęsiniec quarry (Fig. 2D)

Punkty	Si	Al	Ca	Mg	Na	K	Fe	Ba	Sr	O	Suma	Minerał
4	28,28	9,06	6,42	0,03	0,13	0,66	0,12	0,13	0,14	43,13	88,09	epistylbit
5	28,14	8,99	6,19	—	0,06	0,62	0,10	—	—	42,75	86,85	epistylbit

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: F, Zn, Mn, Ti, P, S, Cl, Ni, Cr, V

“—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: F, Zn, Mn, Ti, P, S, Cl, Ni, Cr, V

Tabela 5

Skład chemiczny [% wag.] monacytu i torytu w zserycytyzowanym granitoidzie z kamieniołomu Górka Sobocka (fig. 2E)

Chemical composition [wt.%] of monazite and thorite in sericitized granitoid from the Górka Sobocka quarry (Fig. 2E)

Pkt	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Dy	Y	Th	P	Si	K	Ca	Sr	Pb	O	Suma	Minerał
1	5,61	14,68	1,48	5,79	1,02	0,69	0,14	0,38	34,00	7,43	3,84	—	0,19	0,06	0,35	23,91	93,97	toryt + monacyt
2	13,29	29,14	2,48	10,18	1,65	0,96	0,17	0,45	0,74	12,91	0,07	—	0,10	—	—	26,88	85,73	monacyt
3	15,47	29,21	2,41	8,60	1,42	0,95	0,18	0,42	1,03	13,15	0,07	0,02	0,13	—	—	27,31	84,94	monacyt

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Al, Eu, Fe, As, U, S

“—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Al, Eu, Fe, As, U, S

granitów (Rösler, Lange, 1979). W tym przypadku jest to minerał wtórny po monacycie. W otoczeniu opisywanych minerałów występuje przede wszystkim kwarc i muskowitz oraz skałek potasowy.

Jedna z próbek pochodzących z tego kamieniołomu reprezentuje pegmatyt zbudowany z alkalicznych skałek

ni, biotyty, jasnego łyszczka w formie „miotłkowych” agregatów, kwarcu oraz czarnego turmalinu. Badania XRD wykazały, że są to kryształy mieszane turmalinu (schörl-dravit-uvit). Skalenie (mikroclin) w pegmatytach z Górki Sobockiej wykazują bładoniebieską luminescencję.

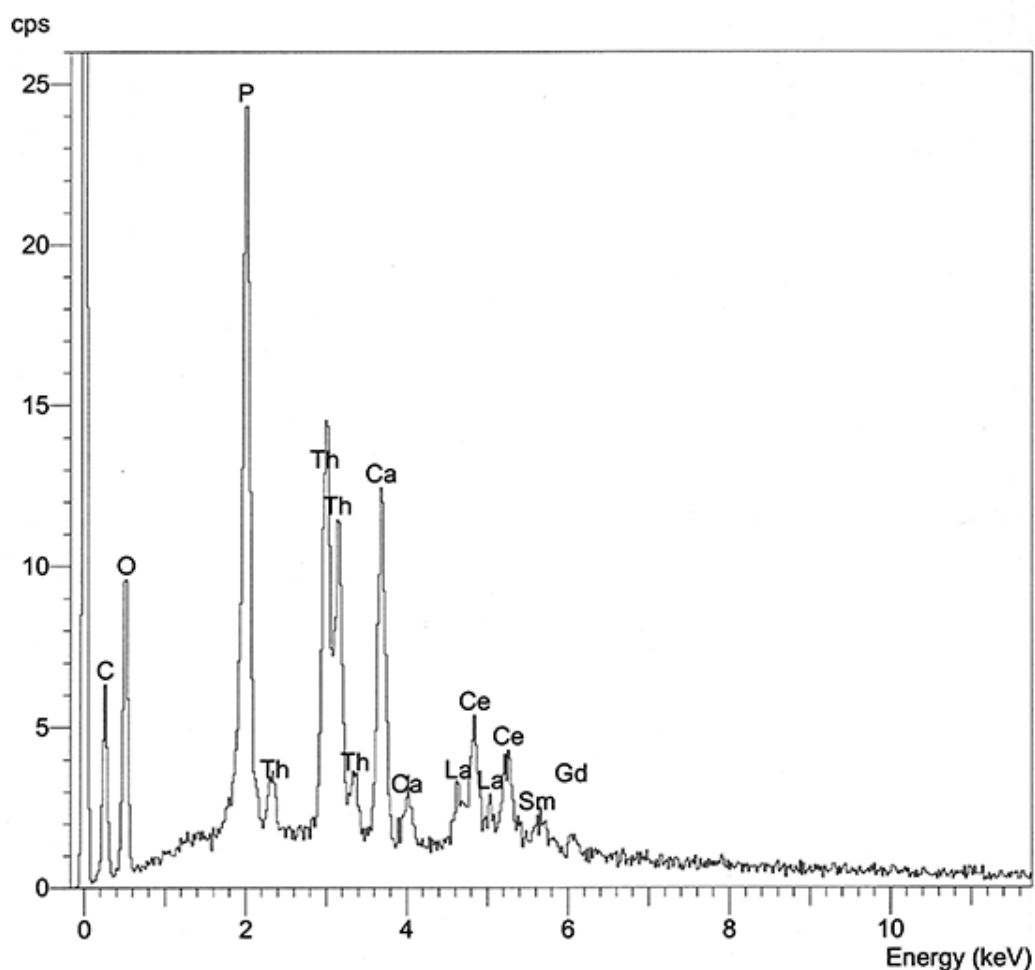


Fig. 3. Wykres EDS brockite? z kamieniołomu Górka Sobocka na podstawie badań w mikroobszarze (pkt 1 na figurze 2F)

EDS curve of brockite? from the Górka Sobocka quarry based on micro-area research (Fig. 2F, point 1)

Mikoszów

W trakcie obecnych badań ubogie okruszcowanie pirotytem i mielnikowitem-pirytem w granitach w Mikoszowie obserwowano jedynie sporadycznie. Niekiedy kruszce, podobnie jak w Strzelinie, są widoczne w drobnych żyłkach ciemnego chlorytu (strigovitu) rozcinających granity i skały osłony. Można w nich napotkać pirotyn, piryt i chalkopiryt.

W gnejsach z Mikoszowa obserwowano skupienia allanitu, jednak brak związanych z nim wtórnych minerałów ziem rzadkich.

Przeworno, Gębczyce

Krystaliczne skały węglanowe (marmury) występują zarówno w Przewornie, jak i w Gębczycach (proterozoik–starszy paleozoik). Badaniom poddano kilka próbek z tych skał, występujących blisko kontaktu z granitoidami.

W marmurach eksploatowanych dawniej w kamieniołomie w Przewornie stwierdzono piryt, mielnikowit-piryt, pirotyn oraz chalkopiryt narastający na piryocie lub tworzący wrostki w pirotynie, niekiedy obserwuje się rozproszone tlenki tytanu. Z minerałów płonnych w kalcycie zaobserwowano jedynie biotyt. Olszyński (1973) stwierdził, że minerały kruszcowe w kamieniołomie w Przewornie koncentrują się w partiach marmuru czarnego i są związane z drobnymi (2–50 mm) żyłkami kalcytowo-kwarcowymi. W pobliżu żył marmur jest dość intensywnie impregnowany siarczkami (do kilku procent objętości skały). Wśród kruszców występuje głównie pirotyn i piryt, podrzędnie mielnikowit-piryt, chalkopiryt i sfaleryt.

W wapieniach krystalicznych eksploatowanych kiedyś w Gębczycach obecnie praktycznie brak odsłoneń niezwiędniętej skały. Według Olszyńskiego (1973) w skałach z Gębczyc skupienia kruszcowe mają taki sam skład mineralny, jak skupienia występujące w żyłach kalcytowo-kwarcowych w Przewornie, dodatkowo zanotował występowanie drobnych ilości mielnikowitu. Można przypuszczać, że mineralizacja kruszcowa (pirotyn-piryt-chalkopiryt-sfaleryt) powstała w temperaturach zbliżonych do 250°C.

W utworach kruszczowych Przeworna i Gębczyc brak jest struktur rozpadu sfalerytu i chalkopirytu i nie uwidoczniły się tu etapy wyższych temperatur. Ponieważ zespół minerałów siarczkowych wykazuje podobieństwo do pomagmowych utworów kruszczowych występujących w samych granitoidach strzelińskich, można przypuszczać, że pomagmowe procesy kruszczowe związane z waryscyjskimi intruzjami granitoidowymi miały szeroki zasięg i objęły także metamorficzną osłonę granitoidów (Olszyński, 1973).

CHARAKTERYSTYKA MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ REJONU GŁUCHOŁAZ

Kamienna Góra

W kamieniołomie Kamienna Góra k. Nadziejowa, w obrębie proterozoicznych gnejsów, występuje intruzja waryscyjskich granitów zaliczanych do batolitu Żulowej. W granitoidach Żulowej datowanie cyrkonu U-Pb (Laurent i in., 2014) ujawniło synchroniczne powstanie różnych typów petrograficznych intruzji: granitu biotytowego (291 ± 5 Ma) oraz granodiorytu i monzodiorytu kwarcowego (292 ± 4 Ma).

W kamieniołomie eksploatuje się jasnoszare, średnio-krystaliczne granity biotytowe. Granity zanurzają się na wschód pod skały metamorficzne i na wschodniej ścianie jest widoczny ich kontakt z gnejsami.

Granitoidy oraz gnejsy charakteryzują się przeważnie śladowym okruszcowaniem, zwykle pirytem, lokalnie zastępowanym przez goethyt. Skały te sporadycznie są rozcięte żyłkami kilku generacji. Rzadko można tu spotkać aplity lub pegmatyty. Jednymi z częściej spotykanych form żyłowych rozcinających granity są mikrożyłki (poniżej 1 mm grubości) z szerokimi, zielonkawymi aureolami metasomatycznymi (do 1 cm szerokości z każdej strony). Kruszce występują przede wszystkim w szczelinie centralnej, w mniejszym stopniu są rozproszone w aureoli metasomatycznej. Głównym minerałem kruszczowym jest piryt (pkt 1: fig. 4B, tab. 6). Jego kryształy są zwykle bardzo silnie spękanne i wzdłuż spękań jest on zastępowany przez goethyt. W mikrożyłkach stwierdzono również chalkopiryt (fig. 4A,

Tabela 6

Skład chemiczny [% wag.] siarczków w mikrożyłce rozcinającej granitoid w kamieniołomie Kamienna Góra (fig. 4B)

Chemical composition [wt.%] of sulphides in the granitoid-cutting microvein in the Kamienna Góra quarry (Fig. 4B)

Punkty	S	Pb	Cu	Fe	Suma	Minerał
1	52,75	—	0,27	44,83	97,85	piryt
2	22,65	—	76,77	0,29	99,71	digenit
3	21,70	—	77,14	0,69	99,53	digenit
4	21,47	0,05	77,47	0,59	99,57	digenit
5	35,11		34,97	28,27	98,36	chalkopiryt
6	35,07		35,02	28,36	98,45	chalkopiryt

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności / concentration below detection limit

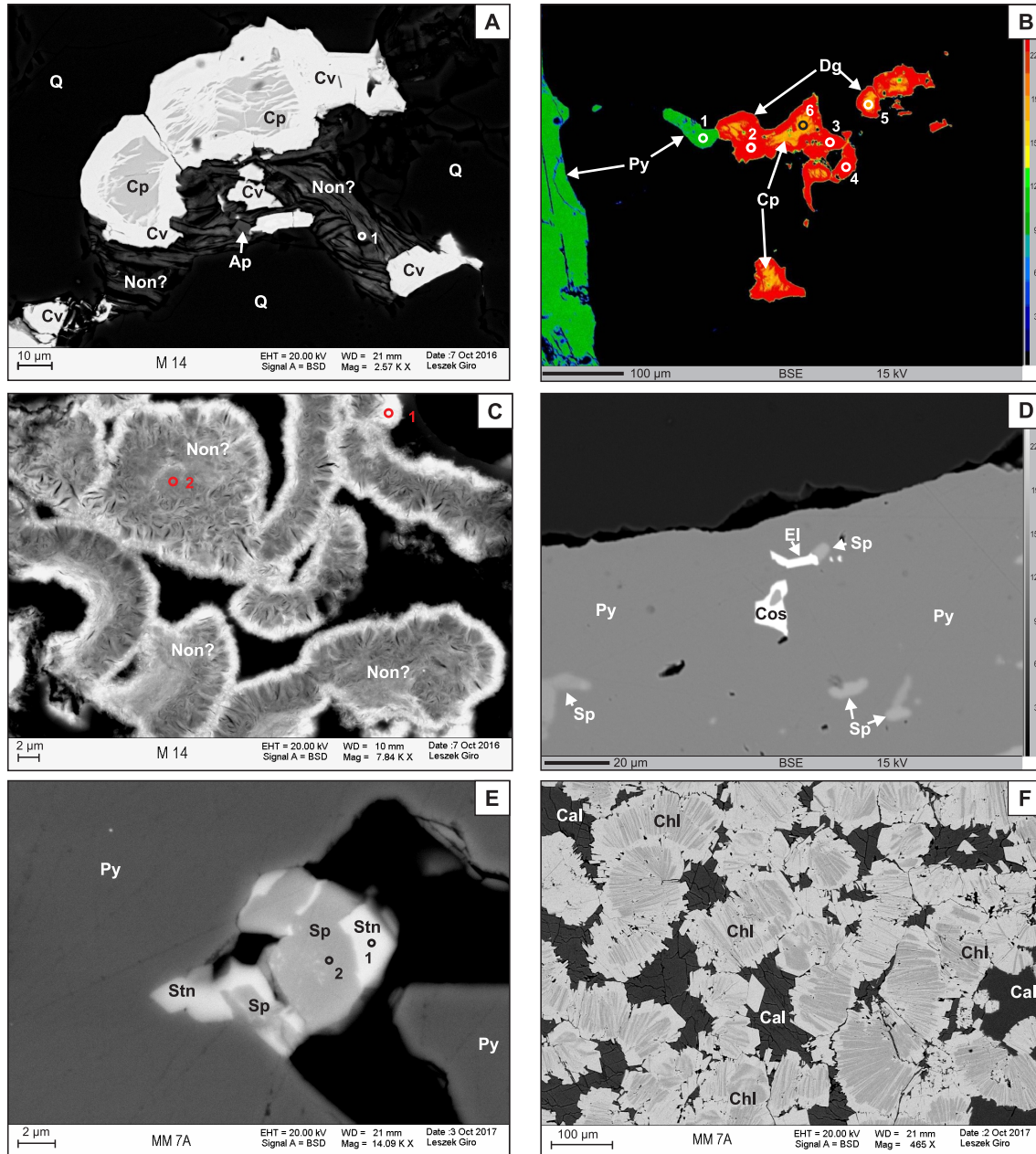


Fig. 4. **A.** Granitoid z kamiieniołomu Kamienna Góra – mikrożyłka z szeroką aureolą metasomatyczną. Chalkopiryt (Cp) zastępowany przez kowelin (Cv) w otoczeniu kwarcu (Q) i minerału ilastego (nontronitu? – Non? – [tab. 7](#)) z pojedynczym kryształem apatytu (Ap). Obraz BSE. **B.** Granitoid z kamiieniołomu Kamienna Góra – mikrożyłka z szeroką aureolą metasomatyczną. Piryt (Py) oraz relikty chalkopiryty (Cp) zastępowanego przez digenit (Dg) (analizy – [tab. 6](#)) (obraz BSE w barwach sztucznych). **C.** Granitoid z kamiieniołomu Kamienna Góra – mikrożyłka z szeroką aureolą metasomatyczną. Nontronit? w zewnętrznej części skupień mineralnych zawiera Bi (obraz BSE) (analizy – [tab. 7](#)). **D.** Pegmatyt z kamiieniołomu Kamienna Góra. Kryształ pirytu (Py) z wrostkami sfalerytu (Sp), oraz minerałów bizmutu (głównie cosalitu – Cos?) i elektrum (El) (obraz BSE w barwach sztucznych). **E.** Pegmatyt z kamiieniołomu Kamienna Góra. Wrostek sfalerytu (Sp) i stanninu (Stn) w pirycie (Py) (analizy – [tab. 8](#)) (obraz BSE). **F.** Pegmatyt z kamiieniołomu Kamienna Góra. Skupienia krystaliczne chlorytu (Chl) w kalcycie (Cal); faza szara – chloryt magnezowy; faza jasnoszara – chloryt żelazowy (obraz BSE)

A. Granitoid from the Kamienna Góra quarry – microveinlet with a wide metasomatic halo. Chalcopyrite (Cp) replaced by covellite (Cv) surrounded by quartz (Q) and a clay mineral (nontronite? – Non? – [Tab. 7](#)) with a single apatite crystal (Ap). BSE image. **B.** Granitoid from the Kamienna Góra quarry – microveinlet with a wide metasomatic halo. Pyrite (Py) and relics of chalcopyrite (Cp) replaced by digenite (Dg) (analyses – [Tab. 6](#)). BSE image in artificial colours. **C.** Granitoid from the Kamienna Góra quarry – microveinlet with a wide metasomatic halo. Nontronite? contains/containing Bi in the outer part of the mineral aggregates (analyses – [Tab. 7](#)). BSE image. **D.** Pegmatite from the Kamienna Góra quarry. Pyrite (Py) crystal with inclusions of sphalerite (Sp), and bismuth minerals (mainly cosalite – Cos?) and elektrum (El). BSE image in artificial colours. **E.** Pegmatite from the Kamienna Góra quarry. Inclusion of sphalerite (Sp) and stannite (Stn) in pyrite (Py) (analyses – [Tab. 8](#)). BSE image. **F.** Pegmatite from the Kamienna Góra quarry. Concentration of crystalline chlorite (Chl) in calcite (Cal); grey phase – magnesium chlorite; light grey phase – iron chlorite. BSE image

pkt 5–6: fig. 4B, tab. 6), jednak od brzegów ziaren jest on dość intensywnie zastępowany przez kowelin (fig. 4A) lub digenit (pkt 2–4: fig. 4B, tab. 6). Niekiedy chalkopiryt ulega całkowitemu zastąpieniu przez te minerały, a częściowo siarczki Cu są wypierane przez goethyt. Wśród minerałów płonnych w aureoli mikrożyłek zaobserwowano: kwarc, plagioklaz, skaień potasowy, apatyt, cyrkon i ksenotym oraz prawdopodobnie nontronit. Cyrkon zwykle tworzy zrosty z ksenotymem. W jednym z cyrkonów ujawniono drobny kryształ uraninitu.

Interesująca jest obecność minerału ilastego o nietypowym pokroju – być może nontronitu (Non?) (pkt 1: fig. 4A, pkt 1, 2: fig. 4C, tab. 7). Charakterystyczna jest jego „robakowata” forma, a w części zewnętrznej zawiera znaczącą ilość Bi (nawet ponad 8%) – jasne otoczki w obrazie BSE (pkt 1: fig. 4C, tab. 7). Nontronit zastępuje zapewne łyszczyki, których nie stwierdzono w czasie badań w mikroobszarze i to prawdopodobnie on nadaje zielonkawą barwę zmetasomatyzowanej skale.

W granitach dość często są widoczne zbliżone do pionu beżowe „żyły” o grubości do 20 cm. W ich centralnej części biegnie zwykle żyłka kwarcowa grubości do 1 cm, a przebarwione strefy są aureolą metasomatycznych przeobrażeń. Główne składniki metasomatyty to ulegający serycytyzacji albit oraz kwarc i muskowitz. W metasomatyty tego typu są widoczne brunatne plamy po zwiertzałym pirycie wielkości do 3 mm. Występuje on w formie idiomorficznych kryształów, zwykle w znacznej części zastąpionych przez goethyt. Niekiedy w pirycie występują wrostki apatytu. W metasomatyty dość często spotyka się również rutil, który podobnie jak w Górce Sobockiej zawiera śladowe ilości niobu (ok. 0,5%). Rutylowi towarzyszą niekiedy takie minerały jak: apatyt, cyrkon i monacyt.

Sporadycznie spotyka się żyły kwarcowe innej generacji, grubości kilku do kilkunastu centymetrów, przy czym w grubszych żyłach występują druzo grubokrystalicznego kwarcu. Pustki wypełnia zwykle czerwonobrazowy limonit. W aureoli tego typu żył lokalnie występuje rozproszona mineralizacja kruszcowa w formie idiomorficznych piryków.

Kolejnym rodzajem żyłek rozcinających granity są drobne żyłki epidotowe. Występują rzadko, mają grubość do 2 mm, a epidot jest widoczny również w aureoli żyłki. W epidocie są rozsięte kryształki pirytu wielkości ok. 1 mm i sporadycznie galeny.

Aplity występują w kamieniołomie dość rzadko i tylko w jednym przypadku stwierdzono w nich obecność plamistych skupień pirytu.

Najciekawszą próbką okazał się pegmatyt znaleziony luzem na dnie kamieniołomu (fig. 5), o grubości ok. 20 cm. Zawiera bardzo szeroki zespół minerałów kruszcowych. Dość powszechnie występują tu minerały bizmutu, m.in. bismutynit (Bi_2S_3) tworzący przerosty z galeną. W pirycie stwierdzono drobne poliminerálne wrostki reprezentowane głównie przez cosalit ($\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$), oraz prawdopodobnie tsumoit?, gustavit? ($\text{PbAgBi}_3\text{S}_6$) i Bi rodzimy? W jednym z wrostków w pirycie występuje galena, elektrum (fig. 4D), oraz prawdopodobnie josit? (Bi_4TeS_2) (Lasoń i in., 2018; Markowiak, Lasoń, 2021).

W opisywanym pegmatycie w pirycie, poza wrostkami minerałów bizmutowych z galeną i elektrum, obserwuje się wrostki sfalerytu, któremu często towarzyszy chalkopiryt. Są to wrostki w formie gwiazdek sugerujące pochodzenie z rozpadu roztworów stałych. Piryty tworzy tu również zrosty z chalkopirytem. Na granicy obu faz występuje bismutynit? i sfaleryt. W pirycie pojawiają się niekiedy idiomorficzne wrostki skalenia potasowego, czasami w zroście z albitem. Znacznie rzadziej w pirycie można zaobserwować wrostki stanninu (Cu_2FeSn_4) (pkt 1: fig. 4E, tab. 8), występujące w zroście ze sfalerytem (pkt 2: fig. 4E, tab. 8). Ujawniono również obecność minerałów srebra. Jednym z nich jest argentyt (Ag_2S), który wykrył się w kalcycie w towarzystwie kwarcu i klinozoisytu, na granicy kryształu pirytu lub narasta na kryształy chalkopirytu. Drugim minerałem jest Ag rodzime wielkości ok. 17 μm ze śladową domieszką Te na poziomie 0,13–0,19%.

Z minerałów tytanu pierwotnym minerałem był ilmenit (FeTiO_3). Zachowały się jedynie jego relikty, w zdecydowanej większości został on zastąpiony przez tytanit CaTiSiO_5 i rutil. Spotyka się również tytanit bez przerostów ilmenitu i rutylu, można więc przypuszczać, że jest to faza pierwotna. Listewkowe kryształy tytanitu są poprzerastane muskowitzem, kwarcem i kalcycem. W tytanicie jest widoczna śladowa domieszka Nb, a znaczna część Ti jest zastąpiona przez Al (4,38–5,3% Al). Podobne zawartości Al zaobserwowano w tytanicie występującym w skałach z kamieniołomu w Gęsińcu. Występująca tu domieszka Nb (0,4–0,9%) jest charakterystyczna dla minerałów Ti (ze względu na zbliżony promień jonowy Ti i Nb) – była obserwowana, jak już wyżej

Tabela 7

Skład chemiczny [% wag.] nontronitu? w mikrożyłce rozcinającej granitoid w kamieniołomie Kamienna Góra (fig. 4A, C)

Chemical composition [wt.%] of nontronite? in the granitoid-cutting microvein in the Kamienna Góra quarry (Fig. 4A, C)

Figura	Punkty	Si	Al	Mg	Ca	Fe	K	Cu	Bi	O	Suma	Minerał
4A	1	20,72	8,46	0,45	0,50	18,19	—	4,53	3,74	38,47	95,06	nontronit?
4C	1	19,78	6,99	—	0,50	19,53	0,40	—	8,10	35,73	91,03	nontronit?
	2	24,37	8,38	0,87	0,86	14,26	—	—	1,85	40,57	91,16	nontronit?

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności

“—” – concentration below detection limit

Tabela 8

Skład chemiczny [% wag.] siarczków w pegmatycie z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 4E)
 Chemical composition [wt.%] of sulphides in the pegmatite from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 4E)

Punkty	Si	S	Ca	Cd	Sn	Pb	Zn	Cu	Fe	Hg	Suma	Minerał
1	0,05	31,38	0,05	0,10	21,96	—	1,67	26,42	17,81	—	99,51	stannin
2	0,03	31,88	—	0,43	0,93	0,42	56,22	1,17	7,04	0,89	99,05	sfaleryt

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Mo, Se, Sb, Te, Bi, Al, Ag, As, Ni, Mg, Au, Co, Cl

“—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Mo, Se, Sb, Te, Bi, Al, Ag, As, Ni, Mg, Au, Co, Cl

wspomniano, w rutylu (ok. 0,5%), również w rutylu z Górki Sobockiej (ok. 1%) i na nieco niższym poziomie w ilmenicie z kamieniołomu w Gęsińcu (ok. 0,15%).

Chloryt występuje niekiedy w skupieniach krystalicznych wraz z kalcytem (fig. 4F). Tworzy on „miotłkowe” skupienia, w których starszym jest chloryt żelazowo-magnezowy, a młodszym chloryt żelazowy – strigovit (strzegomit).

Opisane powyżej minerały kruszcowe są pochodzenia hydrotermalnego, podobnie jak nałożona na pegmatyty mineralizacja hydrotermalna w granitach Strzelina (Olszyński, 1972) czy okruszcowanie złotem rodzimym i elektrum w pegmatytach granitów karkonoskich (Kozłowski, 2011). Część pirytu oraz rutyl i część tytanitu powstały z rozpadu starszych minerałów – odpowiednio pirotynu i ilmenitu.

Jednym z najciekawszych skupień mineralnych jest zrost kruszców widoczny na figurach 6A–7B. Występuje on w otoczeniu albitu i chlorytu. Głównym minerałem kruszczowym jest uraninit otoczony niemal w całości obwódką zbudowaną z pirytu z przerosciami sfalerytowymi. Uraninit zawiera znaczną domieszkę Th i niewielką Y oraz Pb pochodzącego z rozpadu promieniotwórczego (pkt 1–7: fig. 6A, tab. 9). Na tej podstawie obliczono wiek uraninitu na 311 ± 12 Ma (tab. 10).

Z uraninitem (fig. 6A, B) tworzą zrost, charakteryzujące się dużą niejednorodnością składu, minerały Ti-Y-U-Nb-Ta-REE (pkt 1–10: fig. 6B, tab. 11) z grupy euksenitu (EGM). Na podstawie analiz (tab. 11) i uzyskanych widm, poza tlenem i ewentualnie wodorem, stwierdzono występowanie następujących pierwiastków: Y, U, Th, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Lu, Sc, Ca oraz Ti, Nb, Ta, Fe.

Najprawdopodobniej jest to mieszanina kilku minerałów – ytrocra-site-(Y) o wzorze $(Y,Th,Ca,U)(Ti,Fe)_2(O,OH)_6$ (<https://www.mindat.org/min-4370.html> [dostęp: 18.11.2023]) i być może (ze względu na wysoką zawartość U) również uranopolycrase $(U,Y)(Ti,Nb)_2O_6$ (<https://www.mindat.org/min-4370.html> [dostęp: 18.11.2023]), w znacznie mniejszym stopniu polikraz-(Y) o wzorze $(Y,Ca,Ce,U,Th)(Ti,Nb,Ta)_2O_6$ (<http://webmineral.com/specimens/gallery.php?st=241&init=P#.X6J5xLiQnih> [dostęp: 18.11.2023]). Minerale grupy euksenitu (EGM) są genetycznie związane z pegmatytami. W tym przypadku charakteryzują się wyraźną przewagą HREE nad LREE.

Na figurach 6C–7B zaprezentowano mapy WDS rozkładu U, Y, Th, Ti, Nb i Ta. Można zauważyć zonalną budowę uraninitu ze zmiennymi zawartościami Y i Th (fig. 6D, E).

Minerały z grupy euksenitu (EGM) poza opisywanym skupieniem występują sporadycznie, w postaci bardzo drobnych wydzielen, w asocjacji z chlorytem i minerałami tytanu.

W opisywanym pegmatycie dość powszechnie występuje pirotyn, niekiedy zastępowany przez piryt. Jest to wysokotemperaturowy pirotyn o wzorze Fe_7S_8 .

Wśród minerałów płonnych w pegmatycie zidentyfikowano: kwarc, plagioklasy, albit, skałen potasowy, muskowitz oraz młodsze minerały: kalcyt, klinozoisyt oraz chloryt żelazowy i żelazowo-magnezowy.

Na uwagę zasługują brunatne zwietrzliny występujące lokalnie w drobnych (do 1 cm) szczelinach granitoidów. Jedna z pobranych próbek – ochra składająca się głównie z wodorotlenków i tlenków żelaza ($32,6\% Fe_2O_3$), charakteryzuje się wysokimi lub podwyższonymi zawartościami takich pierwiastków jak: Au (1,124 ppm), Cu (1343 ppm), Bi (811 ppm), Be (7,81 ppm), Mo (56,71 ppm), Ag (1,75 ppm), Te (25 ppm), As (12 ppm), W (2,4 ppm), U (65 ppm), Ta (20 ppm), P (0,433% P_2O_5). Natomiast druga próbka z ochry wypełniającej druzę kwarcową wyróżnia się podwyższoną zawartością takich pierwiastków jak: Mo (69,1 ppm), As (43 ppm), U (116 ppm) i Be (33,5 ppm). Zestaw podkoncentrowanych pierwiastków może sugerować, że w znacznym stopniu jest to zwietrzlina takich



Fig. 5. Fragment żyły pegmatytowej z kamieniołomu w Kamiennej Górze

Fragment of a pegmatite vein from the Kamienna Góra quarry

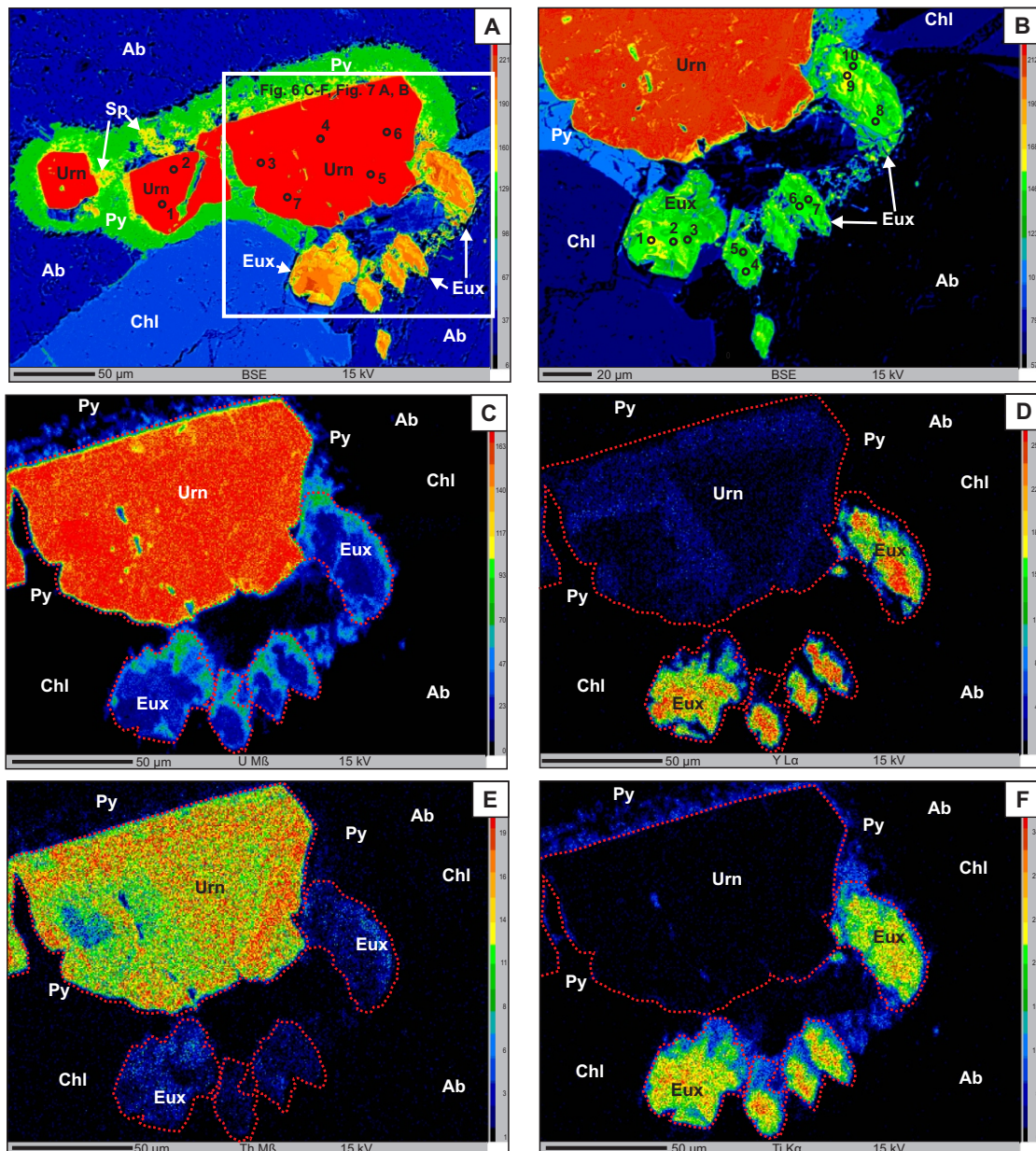


Fig. 6. A. Pegmatyt z kamieniołomu Kamienna Góra. Skupienie uraninitu (Urn) (analizy – [tab. 9](#)) otoczone pirytem (Py) z wrostkami sfalerytu (Sp), w sąsiedztwie skupienie mineralów z grupy euxenitu (Eux). W otoczeniu występuje chloryt (Chl) oraz albit (Ab). Obraz BSE w barwach sztucznych. B. Pegmatyt z kamieniołomu Kamienna Góra. Powiększony fragment z figury A. Kryształ uraninitu (Urn) w zroście z pirytem (Py), w sąsiedztwie skupienie mineralów z grupy euxenitu (Eux) (analizy – [tab. 11](#)). W otoczeniu występuje chloryt (Chl) oraz albit (Ab). Obraz BSE w barwach sztucznych. C. Powiększony fragment z figury A (w ramce). Mapa WDS rozkładu U (linia M β) (obraz BSE w barwach sztucznych). Wyróżnia się uraninit (Urn), mniejsze ilości uranu zawierają minerały z grupy euxenitu. D. Powiększony fragment z figury A. Mapa WDS rozkładu Y (linia L α) (obraz BSE w barwach sztucznych). Widoczne wzbogacenie w itr mineralów z grupy euxenitu, mniej Y zawiera uraninit (Urn) – rozkład jest nierównomierny. E. Powiększony fragment z figury A. Mapa WDS rozkładu Th (linia M α) (obraz BSE w barwach sztucznych). Widoczny jest nierównomierny rozkład Th w uraninitie (Urn), generalnie zbliżony do rozmieszczenia itru, znacznie mniejsze ilości toru zawierają minerały z grupy euxenitu. F. Powiększony fragment z figury A. Mapa WDS rozkładu Ti (linia K α) (obraz BSE w barwach sztucznych). Minerale z grupy euxenitu zawierają znaczne ilości tytanu

A. Pegmatite from the Kamienna Góra quarry. A concentration of uraninite (Urn) (analyses – [Tab. 9](#)) surrounded by pyrite (Py) with inclusions of sphalerite (Sp), in the neighbourhood a concentration of minerals from the euxenite group (Eux). Chlorite (Chl) and albite (Ab) are present in the environment. BSE image in artificial colours. B. Pegmatite from the Kamienna Góra quarry. Enlarged fragment of Fig. A. Uraninite crystal (Urn) in intergrowth with pyrite (Py), concentration of minerals from the euxenite (Eux) group in the vicinity (analyses – [Tab. 11](#)). Chlorite (Chl) and albite (Ab) are present in the environment. BSE image in artificial colours. C. Magnified fragment of Fig. A (in frame). WDS map of the U distribution (M β line), BSE image in artificial colours. Uranite (Urn) is prominent, minerals from the euxenite group contain smaller amounts of uranium. D. Enlarged fragment of Fig. A. WDS map of the Y distribution (L α line), BSE image in artificial colours. Enrichment in yttrium is visible in minerals from the euxenite group, much smaller amounts of Y are found in uraninite (Urn) – the distribution is uneven. E. Enlarged fragment of Fig. A. WDS map of the Th distribution (M α line), BSE image in artificial colours. An uneven distribution of Th in uraninite (Urn) is visible, generally similar to the distribution of yttrium, much smaller amounts of thorium are found in minerals from the euxenite group. F. Enlarged fragment of Fig. A. WDS map of the Ti distribution (K α line), BSE image in artificial colours. Minerals from the euxenite group contain significant amounts of titanium

Tabela 9

Skład chemiczny [% wag.] uraninitu w pegmatycie z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 6A)
 Chemical composition [wt.%] of uraninite in the pegmatite from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 6A)

Punkty	U	Pb	Th	Y	Ca	Si	S	P	Fe	Mn	O	Suma	Minerał
1	73,38	3,42	7,13	0,40	0,14	0,03	—	—	0,09	—	11,40	95,98	uraninit
2	71,80	3,29	6,64	1,31	0,19	0,04	0,03	—	0,05	—	11,35	94,70	uraninit
3	78,10	3,56	2,35	0,24	0,34	0,10	0,02	—	—	—	11,47	96,18	uraninit
4	73,72	3,27	5,70	0,51	0,26	0,14	0,04	—	—	0,06	11,40	95,10	uraninit
5	73,72	3,42	6,01	0,46	0,15	0,08	0,02	—	—	—	11,31	95,17	uraninit
6	74,15	3,36	5,42	0,59	0,26	0,08	0,04	0,01	—	—	11,38	95,27	uraninit
7	74,82	3,46	4,57	0,53	0,27	0,12	0,02	0,01	0,07	—	11,44	95,32	uraninit

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Al, As, K, V, Ce, La, Nd, Ti

“—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Al, As, K, V, Ce, La, Nd, Ti

pegmatytów jak opisany powyżej. Pegmatyty stanowiące materiał wyjściowy dla opisywanych zwietrzelin utworzyły się zapewne głównie w wyższych partiach górotworu ściętych przez erozję, a zwietrzeliny szczelinami przedostały się w głąb górotworu.

W gnejsach występujących na wschodniej ścianie kamieniołomu zaobserwowano żyłkę pegmatytową grubości ok. 3,0–3,5 cm zbudowaną z kwarcu, skalenia potasowego, albitu, w mniejszym stopniu z plagioklazu, oraz muskowitu i biotyty. Ten pegmatyt jest również okruszczony, śladowo występuje tu piryt, chalkopiryt zwykle bez domieszek oraz pirotyt. Badania w mikroobszarze ujawniły współwystępowanie skalenia potasowego ze skaleniem barowym – hialofanem (K, Ba, Na)[AlSi₃O₈], w którym zawartość BaO wynosi 7,58% (pkt 1: fig. 7C, tab. 12). Na figurze 7D przedstawiono mapę WDS rozkładu Ba na obszarze z figury 7C. Hialofan jest minerałem rzadkim i występuje w szczególnych parageniach, m.in. w niektórych pegmatytach (Borkowska, Smulikowski, 1973). W pegmatycie tym stwierdzono także obecność monacytu wielkości ok. 0,3 mm. Charakteryzuje się on niejednorodną budową (pkt 1–5: fig. 7E, tab. 13), przy czym różnice zaznaczają się głównie w zawartości trzech pierwiastków: Y, U i Ce. Monacyt zawiera wrostki ksenotymu, który w formie niewielkich kryształów występuje również w otoczeniu lub narasta na monacycie. W formie drobnych wrostków występuje również uraninit i coffinit (pkt 6 i 7: fig. 7E, tab. 14). Coffinit jest częściowo zhydroksylovanym krzemianem uranu U(SiO₄)_{1-x}(OH)_{4x}, który jest związany z działalnością hydrotermalną niskich temperatur, a więc powstał zapewne jako minerał wtórny po uraninie (Bolewski, 1982). Prawdopodobnie analiza obejmuje również niewielką ilość monacytu i apatyty – stąd domieszka Ce, Ca, P. Uraninit zawiera natomiast domieszki Y, Th, Pb, a także REE.

Wśród gnejsów na wschodniej ścianie kamieniołomu natrafiono również na drobnolaminowany, nieco zwietrzały przerost 10-centymetrowej miąższości. Badania wykazały, że

Tabela 10

Wiek uraninitu z pegmatytu z kamieniołomu w Kamiennej Górze (punkty pomiarowe jak w tabeli 9)

Age of uraninite in pegmatite from the Kamienna Góra granite quarry (measurement points as in Table 9)

Punkt	Wiek (Ma)	Błąd pomiaru (Ma)
1	314	12
2	310	12
3	313	11
4	302	11
5	315	12
6	308	12
7	316	12
Średnia	311	12

skała jest zbudowana głównie z kwarcu z dość dużym udziałem kaolinitu (fig. 7F, 8A, B), biotyty ulegającego chlorytyzacji oraz najprawdopodobniej klinozoisytu – Ca₂Al₃[Si₂O₇][SiO₄]O(OH). Zoisyt jest minerałem skał metamorficznych powstałych w niskich temperaturach pod dużym ciśnieniem (rombowy), a klinozoisyt minerałem wtórnym, o tym samym składzie (jednoskośny), związanym z przeobrażeniami hydrotermalnymi (Bolewski, 1982). W opracowaniu, ze względu na brak możliwości ich rozróżnienia, będzie on opisywany jako klinozoisyt (Kzo), gdyż najprawdopodobniej powstał jako minerał epigenetyczny (hydrotermalny) (pkt 2: fig. 7F, tab. 15 oraz fig. 8A, B). Klinozoisyt jest charakterystyczny dla parageniz z siarczkami. W Strzelinie klinozoisyt był notowany m.in. w towarzystwie pirotytu i pirytu w żyłach kwarcowo-prehnitowych (Janeczek, 1985). W tym przypadku również występuje minerał o składzie zbliżonym do prehnitu (Prh?) – (Ca,Mg,Fe)₂Al₂[Si₃O₁₀][OH₂] (pkt 1: fig. 7F, tab. 15 oraz fig. 8B). W opisywanym drobnolaminowanym

Tabela 11

Zawartości pierwiastków [% wag.] w minerałach z grupy euksenitu (EGM) z pegmatytu z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 6B)

Contents of elements [wt.%] in a mineral from the euxenite group (EGM) in pegmatite from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 6B)

Punkty	Ta	Nb	Y	Ti	U	Th	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Fe	Mn	Ca	Na	K	Pb	Si	Al	F	S	P	O	Suma
1	16,28	8,58	13,24	13,37	10,40	0,73	0,249	0,397	0,617	0,171	1,688	0,279	1,201	2,204	0,402	1,23	0,06	0,18	—	0,03	0,40	0,13	—	—	—	—	22,98	94,80
2	11,00	12,29	13,04	14,48	13,57	1,39	—	0,252	0,500	0,091	1,216	0,294	0,810	1,774	0,392	0,94	0,09	0,50	—	0,05	0,54	0,11	—	—	0,02	0,02	24,42	97,79
3	8,99	13,37	11,41	14,82	15,65	1,16	—	0,196	0,543	0,162	1,437	0,214	0,956	1,916	0,536	1,19	0,18	0,68	—	0,06	0,58	0,15	—	0,44	—	—	24,78	99,41
4	10,94	12,83	15,19	14,05	9,82	0,15	—	0,203	0,505	0,185	1,766	0,393	1,323	2,504	0,458	1,27	0,05	0,16	—	0,04	0,34	0,09	—	—	—	0,02	24,43	96,72
5	7,66	8,76	13,58	17,62	13,06	0,33	—	0,160	0,380	0,130	1,610	0,213	1,353	2,566	0,441	1,18	0,32	1,72	—	0,05	0,33	0,17	—	1,28	0,03	0,02	25,06	98,02
6	8,29	12,64	15,24	15,23	10,49	0,44	—	0,209	0,548	0,188	1,761	0,413	1,436	2,618	0,496	0,84	—	0,09	—	0,04	0,38	0,09	—	—	0,03	0,02	24,60	96,09
7	6,36	9,04	4,78	11,36	28,71	0,46	—	0,103	0,311	0,125	0,918	—	0,673	1,054	—	0,45	0,13	0,95	0,04	0,24	0,25	3,96	0,25	0,18	0,04	0,03	24,01	94,42
8	6,98	14,56	16,53	15,17	6,53	0,36	0,165	0,231	0,551	0,179	1,891	0,324	1,563	2,710	0,418	0,43	0,06	0,21	—	0,03	0,24	0,07	—	—	0,02	0,03	24,86	94,11
9	18,28	9,99	12,54	12,17	9,52	0,72	0,262	0,411	0,665	0,145	1,703	0,355	1,324	2,350	0,281	0,90	0,13	0,54	—	0,04	0,38	0,12	—	—	—	0,02	23,04	95,89
10	15,30	9,67	12,34	13,72	12,44	0,87	0,278	0,331	0,680	0,143	1,653	0,340	1,273	2,230	0,296	0,57	0,07	0,30	—	0,06	0,39	0,52	—	0,56	0,02	—	23,84	97,88

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Ce, Eu, Cl / concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Ce, Eu, Cl

Tabela 12

Skład chemiczny [% wag.] skalenia barowego z pegmatytu rozcinającego gnejsy w kamieniołomie Kamienna Góra (fig. 7C)

Chemical composition [wt.%] of barium-feldspar from pegmatite cutting the gneisses in the Kamienna Góra quarry (Fig. 7C)

Punkt	Si	Al	K	Ba	Na	O	Suma	Minerał
1	26,96	10,65	10,45	6,79	0,63	43,42	98,90	hialofan

Tabela 13

Skład chemiczny [% wag.] monacytu z pegmatytu rozcinającego gnejsy w kamieniołomie Kamienna Góra (fig. 7E)

Chemical composition [wt.%] of monazite from pegmatite cutting the gneisses in the Kamienna Góra quarry (Fig. 7E)

Punkty	U	Th	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	P	Ca	Pb	O	Suma	Minerał
1	0,03	3,17	0,59	12,85	26,80	2,53	10,27	1,48	—	1,17	0,21	12,75	0,24	—	26,83	99,13	monacyt
2	0,03	3,21	0,44	13,51	27,12	2,59	9,42	1,36	0,32	0,97	0,17	12,73	0,26	—	26,80	98,94	monacyt
3	0,56	4,33	0,91	13,66	25,83	2,19	9,06	1,16	—	0,86	0,29	13,01	0,80	0,08	27,15	99,88	monacyt
4	1,32	3,01	3,01	10,89	23,57	2,31	9,48	1,48	—	1,63	0,81	13,25	0,79	0,08	27,41	99,06	monacyt
5	1,95	3,18	2,50	11,82	23,52	2,39	9,32	1,45	—	1,19	0,60	13,31	0,97	0,09	27,58	100,06	monacyt

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Sr, Si, Al, Fe, As, S, K / concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Sr, Si, Al, Fe, As, S, K

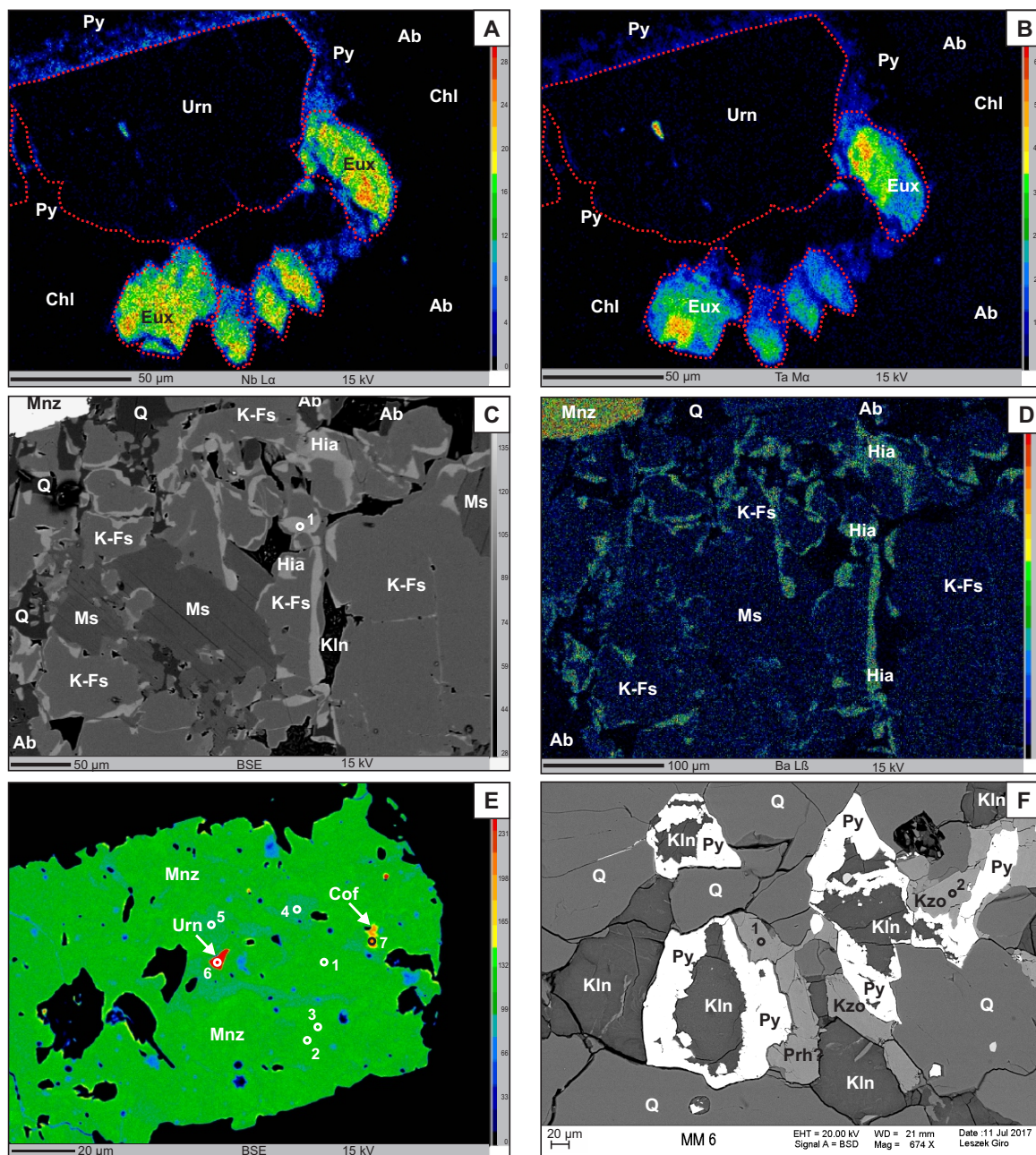


Fig. 7. **A.** Powiększony fragment z [figury 6A](#). Mapa WDS rozkładu Nb (linia $L\alpha$) (obraz BSE w barwach sztucznych). Znaczące ilości niobu zawierają minerały z grupy euksenitu. **B.** Powiększony fragment z [figury 6A](#). Mapa WDS rozkładu Ta (linia $M\alpha$) (obraz BSE w barwach sztucznych). Znaczące ilości tantalu, podobnie jak niobu, zawierają minerały z grupy euksenitu. **C.** Drobną żyłą pegmatytową w gnejsach z kamieniołomu Kamienna Góra. Skała zbudowana jest z kwarcu (Q), albitu (Ab), skalenia potasowego (K-Fs) lokalnie zawierającego domieszkę Ba (hialofan – Hia) (analiza – [tab. 12](#)) (obraz BSE) i muskowitu (Ms). W lewym górnym rogu występuje monacyt (Mnz). Miejscami przestrzenie międzyziarnowe wypełnia kaolin (Kln). **D.** Drobną żyłą pegmatytową w gnejsach jak na figurze C. Mapa WDS rozkładu Ba (linia $L\beta$) (obraz BSE w barwach sztucznych). Wyróżnia się jaśniejszy hialofan (objaśnienia skrótów – [fig. C](#)). **E.** Drobną żyłą pegmatytową w gnejsach z kamieniołomu Kamienna Góra. Kryształ monacytu (Mnz) z wrostkiem uraninitu (Urn) i coffinitu (Cof) (obraz BSE w barwach sztucznych). Wyraźnie widoczna niejednorodna budowa monacytu, wynikająca ze zmienności zawartości Y i REE (analizy – [tab. 13, 14](#)). **F.** Skała metamorficzna – metaszarogłaz? z kamieniołomu Kamienna Góra. Kryształy pirytu (Py) zwykle w części centralnej zastępowanego przez kaolinit (Kln), w otoczeniu występuje kwarc (Q), kaolinit, klinkoizyit (Kzo) oraz prawdopodobnie prehnit? (Prh) (analizy – [tab. 15](#)) (obraz BSE)

A. Enlarged fragment of [Fig. 6A](#). WDS map of the Nb distribution ($L\alpha$ line), BSE image in artificial colours. Minerals from the euxenite group contain significant amounts of niobium. **B.** Enlarged fragment of [Fig. 6A](#). WDS map of the Ta distribution ($M\alpha$ line) (BSE image in artificial colours). Minerals from the euxenite group contain significant amounts of tantalum and niobium. **C.** A fine pegmatite vein in gneiss from the Kamienna Góra quarry. The rock is composed of quartz (Q), albite (Ab), and potassium feldspar (K-Fs) locally containing an admixture of Ba (hyalophane – Hia) (BSE image) (analysis – [Tab. 12](#)) and muscovite (Ms). In the upper left corner, there is a monazite (Mnz). In places, intergranular spaces are filled with kaolin (Kln). **D.** Fine pegmatite vein in gneiss, as in [Fig. C](#). WDS map of the Ba distribution ($L\beta$ line) (BSE image in artificial colours). Hyalophane stands out brighter. Explanation of abbreviations as in [Fig. C](#). **E.** A fine pegmatite vein in gneiss from the Kamienna Góra quarry. Monazite crystal (Mnz) with inclusions of uraninite (Urn) and coffinite (Cof) (BSE image in artificial colours). The heterogeneous structure of monazite is clearly visible, resulting from the variability of Y and REE contents (analyses – [Tab. 13](#) and [14](#)). **F.** Metamorphic rock – meta-greywacke? from the Kamienna Góra quarry. Pyrite (Py) crystals, in the central part usually replaced by kaolinite (Kln), surrounded by quartz (Q), kaolinite, clinozoisite (Kzo) and probably prehnite? (Prh) (analyses – [Tab. 15](#))

Tabela 14

Skład chemiczny [% wag.] minerałów uranu z pegmatytu rozcinającego gnejsy w kamieniołomie Kamienna Góra (fig. 7E)

Chemical composition [wt.%] of uranium minerals from pegmatite cutting the gneisses in the Kamienna Góra quarry (Fig. 7E)

Punkty	Si	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Th	U	Pb	P	Sr	Fe	S	K	Ca	O	Suma	Minerał
6	0,13	4,83	0,33	0,63	—	0,57	0,30	0,53	1,04	1,71	8,11	65,21	2,51	0,10	—	0,16	0,10	0,19	0,07	12,60	99,10	uraninit
7	5,48	0,32	1,93	3,77	0,34	1,61	—	—	0,35	0,11	0,29	50,19	0,29	2,92	0,09	—	0,05	3,02	19,59	90,53	coffinit	

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: As, Al, Tm
 „—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: As, Al, Tm

Tabela 15

Skład chemiczny [% wag.] klinozoisytu (zoisytu?) oraz prehnitu? z metaszarogłazu? z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 7F)

Chemical composition [wt.%] of clinzoisite (zoisite?) and prehnite? in the meta-greywacke? from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 7F)

Punkty	Al	Si	Ca	Mg	Fe	O	Suma	Minerał
1	14,34	18,31	16,91	1,58	2,38	42,27	95,79	prehnit?
2	16,88	18,30	17,16	—	3,94	43,97	100,25	klinozoisyt

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Na, Ti, Mn
 „—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Na, Ti, Mn

przerostach gnejsów obserwowano również tytanit (fig. 8C), sporadycznie z relikami ilmenitu.

Skala ta charakteryzuje się dosyć obfitym okruszcowaniem – do 5% objętości. Dominuje tu piryty i mielnikowit-piryty – na zdjęciach z mikroskopy wszystkie są opisywane jako piryty (Py) – fig. 7E, 8A. Często piryty w części centralnej są zastępowane przez kaolinit (fig. 7F), natomiast mielnikowit-piryty ma zwykle budowę „słoiastą” (np. fig. 8A). Rzadko w formie wrostków w pirytyce występuje pirotyn. Drugim najczęściej spotykanym minerałem jest kowelin (pkt 3: fig. 8C, tab. 16), który tworzy pseudomorfozy prawdopodobnie po carrolicie $Cu(Co,Ni)_2S_4$. Z reguły zawiera niewielką domieszkę Fe, czasami również Co i Ni. Niekiedy są widoczne krystaliczne formy zawierające włókniste kryształy kowelinu przerastającego się z carrolitem, a w zewnętrznej części pseudomorfozy z greenockitem CdS . Rzadko greenockit występuje w formie samodzielnych kryształów, przeważnie w formie przerostów z kowelinem (pkt 1, 2: fig. 8C, tab. 16), przy czym w tego typu pseudomorfozach jego udział może przekraczać 50% objętości (fig. 8C). W skale nie występują siarczki cynku, z którymi geochemicznie najsilniej jest związany kadm. Warto podkreślić, że greenockit nie został zaobserwowany w żadnej innej próbce w całym regionie. Poza carrolitem (fig. 8B) spotyka się fletcherit – minerał o podobnym składzie, ale z przewagą Ni nad Co. Śladowo występują takie minerały jak: tennantyt (drobny wrostek w mielnikowicie-pirytyce), bravoit i Co-bravoit. Kolejnym interesującym minerałem jest rabdofan? $(Ce,La,Nd)PO_4 \cdot H_2O$ narastający na pirytyce (pkt 1–3: fig. 8D, tab. 17). Poza wymienionymi we wzorze, zawiera on znaczące ilości innych pierwiastków ziem rzadkich, a także U i Ca. Spotyka się tu również apatyt, który jest zastępowany przez monacyt i częściowo przez piryty. Prawdopodobnie rabdofan i monacyt powstały w wyniku niskotemperaturowych procesów hydrotermalnych kosztem allanitu (Krenn, Finger, 2007).

Tabela 16

Skład chemiczny [% wag.] siarczków z metaszarogłazu? z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 8C)

Chemical composition [wt.%] of sulphides in the meta-greywacke? from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 8C)

Punkty	S	Cu	Cd	Fe	Si	Al	Ca	Suma	Minerał
1	22,43	1,93	74,86	0,11	—	—	—	99,32	greenockit
2	22,49	2,00	74,48	0,10	—	—	0,03	99,10	greenockit
3	33,46	61,66	2,95	1,62	0,05	0,03	0,02	99,78	kowelin

„—” – zawartość poniżej poziomu wykrywalności. Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Sb, Se, Ag, Hg, Te, Bi, Zn, As, Ni, Mg, Au, Mo, Pb, Co, Cl

„—” – concentration below detection limit. The detection level do not exceed: Sb, Se, Ag, Hg, Te, Bi, Zn, As, Ni, Mg, Au, Mo, Pb, Co, Cl

Skład chemiczny [% wag.] fosforanu z metaszarogłazu? z kamieniołomu Kamienna Góra (fig. 8D)

Chemical composition [wt.%] of phosphate in the meta-greywacke? from the Kamienna Góra granite quarry (Fig. 8D)

Punkty	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	U	P	S	K	Ca	Sr	Si	Al	Fe	O	Suma	Minerał
1	3,69	9,80	18,52	1,89	7,69	1,00	0,52	1,17	0,63	5,05	12,59	1,10	0,06	4,65	0,26	0,04	0,05	0,25	26,98	95,93	rabdofan?
2	3,25	9,90	16,69	1,72	7,06	0,93	0,43	0,91	0,54	4,48	11,66	0,96	0,07	4,38	0,21	0,55	0,98	0,49	26,45	91,64	rabdofan?
3	3,57	10,19	18,17	1,99	7,94	1,09	0,44	1,12	0,61	4,64	12,93	1,03	0,06	4,52	0,25	0,11	0,09	0,24	27,46	96,45	rabdofan?

Poziomu wykrywalności nie przekroczyły: Th, As, Pb / The detection level do not exceed: Th, As, Pb

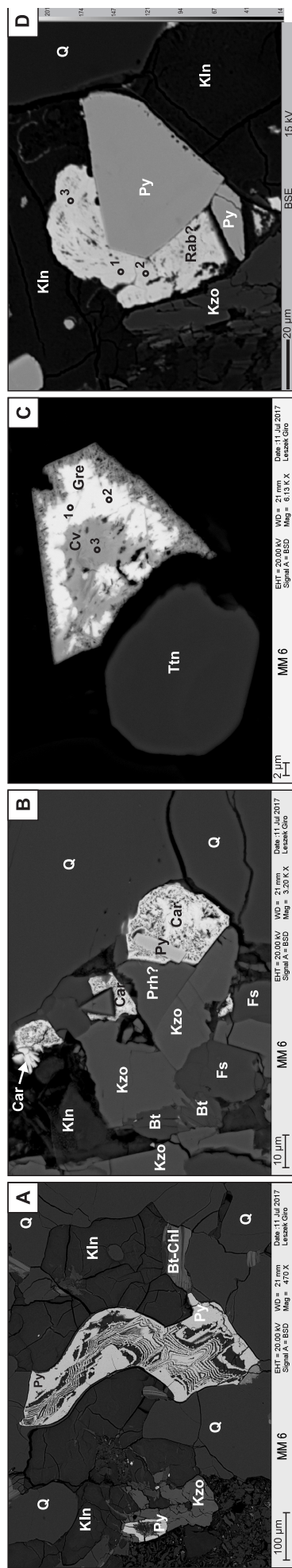


Fig. 8. A. Skała metamorficzna – metaszarogłaz? z kamieniołomu Kamienna Góra. Kryształ mielnikowit-pyrytu (Py) o „stoistej” budowie, w otoczeniu występuje kwarc (Q), kaolinit (Kln), klinozoisyt (Kzo) oraz biotyt zastępowany przez chloryt (Bt-Chl) (obraz BSE). B. Skała metamorficzna – metaszarogłaz? z kamieniołomu Kamienna Góra. Kryształy carrollitu (Car) z wrostkiem pyrytu (Py), w otoczeniu występuje kwarc (Q), kaolinit (Kln), klinozoisyt (Kzo), plagioklaz (Fs), biotyt (Bt) oraz prawdopodobnie prehnit? (Prh) (obraz BSE). C. Skała metamorficzna – metaszarogłaz? z kamieniołomu Kamienna Góra. Kryształ greenockitu (Gre) z przerosniami przeważnie włóknistego kowelinu (Cv) (analizy – tab. 16), w towarzystwie ziarna tytanitu (Ttn) (obraz BSE). D. Skała metamorficzna – metaszarogłaz? z kamieniołomu Kamienna. Kryształ pyrytu (Py) z narastającym na nim rabdofanem? (Rab) (analizy – tab. 17), w otoczeniu występuje kwarc (Q), kaolinit (Kln) i klinozoisyt (Kzo) (obraz BSE)

A. Metamorphic rock – meta-greywacke? from the Kamienna Góra quarry. A melnikowite-pyrite (Py) crystal with a grainy structure, surrounded by quartz (Q), kaolinite (Kln), clinozoisite (Kzo) and biotite replaced by chlorite (Bt-Chl). BSE image. B. Metamorphic rock – meta-greywacke? from the Kamienna Góra quarry. Carrollite (Car) crystals with a pyrite inclusion (Py), surrounded by quartz (Q), kaolinite (Kln), clinozoisite (Kzo), plagioclase (Fs), biotite (Bt) and probably prehnite? (Prh). BSE image. C. Metamorphic rock – meta-greywacke? from the Kamienna Góra quarry. Greenockite (Gre) crystal with intergrowths of predominantly fibrous covellite (Cv) (analyses – Tab. 16), accompanied by a titanite grain (Ttn). BSE image. D. Metamorphic rock – meta-greywacke? from the Kamienna Góra quarry. Pyrite crystal (Py) with rhabdophane? (Rab) growing on it (analyses – Tab. 17), quartz (Q), kaolinite (Kln) and clinozoisite (Kzo) occur in the environment. BSE image

Nadziejów

W starym kamieniołomie w Nadziejowie stwierdzono, w występującym tam gnejsie, dość bogate impregnacyjne okruszcowanie ilmenitem (listewki do 3 mm długości) oraz śladowe pirytem, markasytem i chalkopirytem.

Sławniowice

W Sławniowicach, w wapieniach krystalicznych okruszcowanie jest lokalnie dość intensywne, w formie impregnacji. Wśród kruszców dominują pirotyn i piryty, śladowo występuje chalkopiryty. Wśród minerałów płonnych, poza kalcytem, zaobserwowano biotyt, muskowitz i grafit. W łupkach metamorficznych natrafiono na żyłkę kwarcową z pseudomorfozami goethytowymi po piryty.

Badania wykonane przez Wojtynę (2013) pozwoliły opisać szerszy zespół minerałów kruszczowych tego stanowiska: piryty, pirotyn, chalkopiryty, sfaleryty, ilmenit, rutyl, tytanit, tlenki i wodorotlenki Fe (goethyt, hematyt), bismutoferryt oraz tlenek Mn-Ba (hollandyt?).

CHARAKTERYSTYKA MINERALIZACJI KRUSZCOWEJ REJONU PACZKOWA

Doboszowice

W kamieniołomie w Doboszowicach występują ortognejsy dwułuszczykowe, określane jako gnejsy z Doboszowic. W drobnokrystalicznych, jasnoszarych gnejsach sporadycznie można spotkać mikrożyłki pirotynowe, wokół których obserwuje się impregnację pirotynem. W skale występuje również rozproszony ilmenit.

Pomianów Górny (Mrokocin)

W gnejsach, w nieczynnym kamieniołomie w Pomianowie Górnym, stwierdzono jedynie ubogie okruszcowanie składające się wyłącznie z piryty z pojedynczymi wrostkami pirotynu i chalkopiryty, występujące głównie w mikrożyłkach lub w formie słabych impregnacji. Ponadto zaobserwowano rutyl i leukoksen, obydwa wtórne po ilmenicie. W czasie, gdy w kamieniołomie tym trwała eksploatacja gnejsów, można tu było obserwować występowanie szerokiego zespołu minerałów kruszczowych: arsenopiryty, löllingit, piryty, bizmut rodzimy, bismutynit, siarkosole Bi i Pb, chalkopiryty, pirotyn i sfaleryty (Olszyński, 1997). Te minerały występowały w formie gniazdowych skupień o średnicy do 20 mm, przy czym gnejsy w otoczeniu kruszców nie wykazywały wyraźniejszych zmian w porównaniu z gnejsami płonnymi. Takie skupienia charakteryzują się budową strefową – w ich centrach znajdują się ziarna löllingitu, wokół niego występuje arsenopiryty, a na zewnątrz w formie otoczki – piryty. W piryty niekiedy są obecne drobne wrostki złota rodzimego (*ibidem*).

Maciejowice

W Maciejowicach śladowe okruszcowanie stwierdzono jedynie w nietypowej skale metamorficznej tworzącej przerosty wśród gnejsów, a zbudowanej przede wszystkim z magnesioriebeckitu (amfibol z szeregu glaukofanu i riebeckitu) i omfacytu (piroksen) oraz kwarcu, plagioklastu, piropu, chlorytu i minerałów z szeregu dolomit-sydyryt. Występuje w niej pirotyn oraz wtórny po pirotynie piryty i mielnikowit-piryty, śladowo pojawia się chalkopiryty. Z kolei piryty jest zastępowany przez sydyryt.

W jednym z pegmatytów natrafiono na listewkowe kryształy andaluzytu o długości do 3 cm.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Zespoły mineralne napotkane w skałach strefy Strzelin-Żułowa, włączając dane literaturowe, zestawiono w tabeli 1.

Najpowszechniej spotykanym zespołem mineralnym jest zespół o składzie piryty, pirotyn, chalkopiryty, sfaleryty i to niezależnie od rodzaju skały goszczącej, zarówno w granitoidach, jak i we wszystkich rodzajach skał osłony metamorficznej. Niezwykle rzadko dochodzi do większych koncentracji tych minerałów, przy czym minerały użyteczne w tym zespole (chalkopiryty, sfaleryty) występują podrzędnie.

Na badanym obszarze brak stref intensywnych przeobrażeń metasomatycznych, w tym grejzenizacji. Do niewielkiego wzbogacenia w molibdenit doszło jedynie w aplitach i pegmatytach Strzelina (pole Strzelin I). Obecnie śladowe okruszcowanie molibdenitem i scheelitem stwierdzono wyłącznie w Gęsińcu, a stanninem – w pegmatycie z kamieniołomu w Kamiennej Górze.

Występowanie elektrum w pegmatycie z Kamiennej Góry może sugerować, że granitoidy tego rejonu były objęte mineralizacją złotem. Pośrednio może to potwierdzać zawartość złota wynosząca 1,1 ppm w ochrze wypełniającej jedną ze szczelin w granitach z Kamiennej Góry (z podwyższoną zawartością wielu pierwiastków mogących świadczyć o pochodzeniu tej ochry w znacznym stopniu z wietrzenia pegmatytu), jak i obecność złota niemal we wszystkich szlichach uzyskanych z aluwiiów na obszarze od Wzgórz Strzeleckich przez rejon Piotrowic Polskich po okolice Kamiennej Góry (Markowiak, Lasoń, 2021).

W kilku odsłonięciach stwierdzono przejawy mineralizacji zawierającej pierwiastki ziem rzadkich. Najbogatsze koncentracje tych pierwiastków zaobserwowano w iłach, wypełniających szczeliny tektoniczne w Doboszowicach (Lasoń, Markowiak, 2019), w których średnia arytmetyczna sumy

zawartości REE w 7 próbkach wynosi 919 ppm, a wraz z sumą Sc + Y średnia zawartości wynosi 1088 ppm. Maksymalna zawartość REE w 1 z próbek wynosi 1571 ppm oraz 319 ppm Sc + Y (w sumie 1890 ppm).

Należy również zwrócić uwagę na kamieniołom w Gęsińcu, w którym natrafiono na próbkę granitoidu z dość licznymi euhedralnymi kryształami allanitu zastępowanego przez fluorowęglany ziem rzadkich (*ibidem*).

Mimo stwierdzenia obecności licznych minerałów pierwiastków U i Th, a nawet ujawnienia w metasomatyce z Górki Sobockiej zawartości U wynoszącej 393 ppm, w tym rejonie nie można się spodziewać większych koncentracji pierwiastków promieniotwórczych, co potwierdzają wyniki badań potencjału radonowego prowadzonych w tym rejonie (Wołkowicz, 2007).

Przyjmując hipotezę, że obserwowane współcześnie bardzo ubogie okruszczowanie związane z intruzjami skał

magmowych jest wynikiem erozyjnego zniszczenia bogatszych w kruszce stref apikalnych tych intruzji, można założyć, że składniki odporne na wietrzenie (np. wolframit, kasyteryt, ksenotym, monacyt, allanit, magnetyt, złoto) mogły utworzyć wtórne koncentracje w młodszych osadach klastycznych np. w permie lub triasie dolnym. Tego typu osady występują na wschód od strefy Strzelin–Żulowa i we wszystkich wierceniach powinny być zbadane geochemicznie. Ponadto osady neogenu, kredy, triasu i permu zalegają tam na różnych ogniwach paleozoiku (karbonu i dewonu) oraz proterozoiku, co oznacza, że zrzucony blok na wschód od Strzelina podlegał stosunkowo słabej erozji i teoretycznie może kryć apikalne, okruszczowane fragmenty intruzji magmowych (na wysokości Ziębic paleozoiczne lub prekambryjskie podłoże jest położone na głębokości ok. 500–600 m).

WNIOSKI

1. Najpowszechniej spotykanym zespołem mineralnym w całym regionie jest zespół o składzie: piryt, pirotyn, chalkopiryt, sfaleryt, przy czym dwa ostatnie występują podrzędnie.
2. Brak tutaj stref intensywnych przeobrażeń metasomatyicznych. Do niewielkiego wzbogacenia w molibdenit doszło jedynie w aplitach i pegmatytach Strzelina. W związku z tym nie można się spodziewać w omawianym regionie istotnych pod kątem gospodarczym koncentracji takich pierwiastków jak: Mo, W, Sn, powiązanych z intruzjami skał magmowych.
3. Stwierdzono obecność złota niemal we wszystkich badanych potokach z obszaru od Wzgórz Strzeleńskich przez rejon Piotrowic Polskich po okolice Kamiennej Góry, co sugeruje, że granitoidy z tego rejonu w zerodowanych partiach były objęte mineralizacją złotem.
4. Najbogatsze koncentracje pierwiastków ziem rzadkich zaobserwowano w łałach wypełniających szczeliny tektoniczne w kamieniołomie gnejsów w Doboszowicach. W kamieniołomie w Gęsińcu natrafiono natomiast na próbkę granitoidu z dość licznymi euhedralnymi kryształami allanitu zastępowanego przez fluorowęglany ziem rzadkich. Przejawy tego typu mineralizacji wymagają dalszych badań.

Podziękowania. Autor kieruje podziękowania do prof. dr. hab. S.Z. Mikulskiego (PIG-PIB) oraz do prof. dr. hab. inż. A. Piestrzyńskiego (AGH Kraków) za wnikliwą recenzję pracy. Autor dziękuje również dr. G. Zielińskiemu i L. Giro z Laboratorium Analiz w Mikroobszarze PIG-PIB w Warszawie za wykonanie badań z użyciem mikroskopy elektronowej CAMECA SX 100 oraz skaningowego mikroskopu elektronowego LEO 1430.

LITERATURA

- BEHR J., 1921 – Erläuterungen zur Geologische Karte von Preussen. Blatt Strehlen. Berlin.
- BOLEWSKI A., 1982 – Mineralogia szczegółowa. Wydaw. Geol., Warszawa.
- BOREK Z., GISZCZYŃSKI K., 1987 – Kompleksowa dokumentacja geologiczna złóż granitoidów w Strzeleńskim Okręgu Eksploatacji Surowców Skalnych. Przeds. Geol. Wrocław. Arch. Przeds. Geol., Wrocław.
- BORKOWSKA M., SMULIKOWSKI K., 1973 – Minerale skałotwórcze. Wydaw. Geol., Warszawa.
- CYMERMAN Z., 2010 – Mapa tektoniczna Sudetów i bloku przedsudeckiego 1: 200 000. PIG-PIB, Warszawa.
- DZIEMIAŃCZUK K., WOJNAR B., 1984 – Mineralizacja tytanomagnetytowa i ilmenitowo-hematytowa w rozwoju metamorficzno-strukturalnym kompleksu łupkowo-kwarcytowego południowej części Masywu Strzelina. *Geologia Sudetica*, **18**, 2: 79–105.
- JANECZEK J., 1985 – Typomorficzne minerały pegmatytów masywu granitoidowego Strzegom-Sobótka. *Geologia Sudetica*, **20**, 2: 1–68.
- KOWALSKI W., 1967 – Geochemia potasu, sodu, wapnia, rubidiu, ołowiu, baru i strontu w granitoidach sudeckich i ich pegmatytach. *Arch. Miner.*, **27**, 1: 71–74.
- KOZŁOWSKI A., 2011 – Native gold in the intragranitic pegmatites of the Karkonosze. *AM Monograph*, **2**: 9–25.
- KOZŁOWSKI A., METZ P., 2003 – Post-magmatic mineralisation in the granitoids of the Strzelin massif, SW Poland – a fluid inclusion study. *Mineralogical Society of Poland – Special Papers*, **22**: 102–104.

- KRENN E., FINGER F., 2007 – Formation of monazite and rhabdophane at the expense of allanite during Alpine low temperature retrogression of metapelitic basement rocks from Crete, Greece: Microprobe data and geochronological implications. *Lithos*, **95**, 1/2: 130–147.
- LASOŃ K., MARKOWIAK M., 2019 – Pierwiastki ziem rzadkich w wybranych skałach obszaru Strzelin–Głucholazy. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **477**: 55–68.
- LASOŃ K., MARKOWIAK M., HABRYN R., BAZARNIK J., 2018 – Perspektywy wystąpień rud metali Mo, Cu, W, Au i in. w waryscyjskiej strefie kolizyjnej Brunovistulicum z Masywem Czeskim na tle mineralizacji przesuwowej strefy uskoku Kraków–Lubliniec. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa*.
- LAURENT A., JANOUŠEK V., MAGNA T., SCHULMANN K., MÍKOVÁ J., 2014 — Petrogenesis and geochronology of a post-orogenic calc-alkaline magmatic association: the Žulová Pluton, Bohemian Massif. *Journal of Geosciences*, **59**: 415–440.
- LEICHMANN J., ŠVANCARA J., ZACHOVALOVÁ K., 2003 – Silesian batholith – an important subsurface phenomenon in the eastern silesicum. *Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne*, **23**: 113–193.
- MARKOWIAK M., LASOŃ K., 2021 – Złoto w potokach i pegmatycie z rejonu Strzelina. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **478**: 49–66.
- MASTALERZ M., NIŚKIEWICZ J., 1985 – Mineralizacja rudna w Strzelińskim Okręgu Eksploatacji Surowców Skalnych. *W: Kompleksowa dokumentacja geologiczna złóż granitoidów w Strzelińskim Okręgu Eksploatacji Surowców Skalnych. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Dolnośląski we Wrocławiu, 1987*.
- OBERC J., 1966 – Geologia krystaliniku Wzgórz Strzelińskich. *Studia Geologica Polonica*, **20**: 1–187.
- OBERC J., OBERC-DZIEDZIC T., KLIMAS-AUGUST K., 1986 – Charakterystyka petrograficzna i tektonika granitów i gnejsów Strzelińskiego Okręgu Eksploatacji Surowców Skalnych. *W: Kompleksowa dokumentacja geologiczna złóż granitoidów w Strzelińskim Okręgu Eksploatacji Surowców Skalnych. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Oddział Dolnośląski we Wrocławiu, 1987*.
- OBERC-DZIEDZIC T., 1991 – Pozycja geologiczna granitoidów strzelińskich. *Acta Universitatis Wratislaviensis 1375, Prace Geologiczno-Mineralogiczne*, **29**: 295–324.
- OBERC-DZIEDZIC T., PIN Ch., DUTHOU J.L., COUTURIE J.P., 1996 – Age and origin of the Strzelin granitoids (Fore-Sudetic Block, Poland): $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ data. *Neues Jahrbuch Mineralogie, Abhandlungen*, **171**: 187–198.
- OBERC-DZIEDZIC T., KRYZA R., PIN Ch., MADEJ S., 2013 – Variscan granitoid plutonism in the Strzelin Massif (SW Poland): petrology and age of the composite Strzelin granite intrusion. *Geological Quarterly*, **57**, 2: 269–288.
- OLSZYŃSKI W., 1972 – Pomagmowa mineralizacja kruszcowa w granitoidach Strzelina. *Acta Geologica Polonica*, **22**, 1: 109–128.
- OLSZYŃSKI W., 1973 – Mineralizacja kruszcowa w skałach osłony granitoidów strzelińskich. *Acta Geologica Polonica*, **23**, 3: 577–586.
- OLSZYŃSKI W., 1997 – Złotońska mineralizacja kruszcowa w metamorfiku Doboszowic (Blok Przedśudecki). *W: Meta-le szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych. Geneza, występowanie, perspektywy. Konferencja Naukowa, Jarnołtówek, 19–21 czerwiec 1997: 69–73. ING UW, Wrocław*.
- RÖSLER H. J., LANGE H., 1979 – Geochemische Tabellen, VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- SCHUMACHER E., 1878 – Die Gebirgsgruppe des Rummelsberges bei Strehlen. *Ztsch. Deutsch. Geol. Gesell. Jg.*, **30**: 427–520.
- STĘPISIEWICZ M., 1977 – Fizykochemiczne warunki powstawania minerałów pomagmowych w granitoidach strzelińskich. *Arch. Miner.*, **33**: 61–71.
- TRAUBE H., 1888 – Minerale Schlesiens. Breslau.
- WOJTYNA P., 2013 – Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna skał złoża marmurów w Sławniowicach na Dolnym Śląsku [rozp. doktor.]. AGH, Kraków.
- WOŁKOWICZ S., 2007 – Potencjał radonowy Sudetów i wybranych jednostek bloku przedśudeckiego. *W: Potencjał radonowy Sudetów wraz z wyznaczeniem obszarów występowania potencjalnie leczniczych wód radonowych (red. S. Wołkowicz). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa*.

Strony internetowe:

- <http://webmineral.com/specimens/gallery.php?st=241&init=P#.X6J5xLiQnih> [dostęp: 18.11.2023].
- <https://www.mindat.org/min-4370.html> [dostęp: 18.11.2023].

MANIFESTATIONS OF ORE MINERALIZATION IN THE ROCKS OF THE STRZELIN–GŁUCHOŁAZY AREA

Abstract. Based on microscopic investigations and detailed electron microprobe studies of rock samples from three regions of the Moravian-Silesian tectonic zone: Wzgórze Strzelińskie, Paczków region, and Głucholazy region, the characteristics of ore mineralization in the Strzelin–Głucholazy area are presented. The presence of a wide range of ore minerals was found, including many previously unrecognized in the study area: pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalerite, melnikovite, melnikovite-pyrite, marcasite, covellite, digenite, galena, greenockite, carrolite-fletscherite, bravoite, Co-bravoite, molybdenite, scheelite, tennantite, euxenite (EGM) similar to yttracrasite-(Y), electrum, native bismuth, bismuthinite, cosalite, joseite, tsumoite, gustavite, stannite, argentite, native silver, ilmenite, rutile, titanite, goethite and a number of minerals of radioactive elements – uraninite, thorite, coffinite, as well as minerals containing radioactive elements (including the above-mentioned minerals of the euxenite group, rhabdophane, uranopolycrase and possibly thorbastnäsitite co-occurring with parisite). The most common mineral assemblages are: pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite and sphalerite, occurring both in granitoids and in all types of rocks of the metamorphic cover. Higher concentration of these minerals is extremely rare, and pyrite and pyrrhotite are dominant. The manifestations of mineralization with rare earth elements require further research.

Key words: gold, REE mineralization, ore mineralization, Moravian-Silesian tectonic zone, Strzelin, Głucholazy.

SUMMARY

In the area of Strzelin–Głucholazy, a prospecting for ore mineralization was carried out in three regions of the Moravian-Silesian tectonic zone: Wzgórze Strzelińskie, Paczków region, and Głucholazy region. The ore mineralization is associated with Variscan granitoid intrusions. The most common mineral assemblages are: pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite and sphalerite, occurring both in granitoids and in all types of rocks of the metamorphic cover. Higher concentration of these minerals is extremely rare, and pyrite and pyrrhotite are dominant. Detailed research allowed identification of many interesting minerals, including rare earth

minerals, and gold. In terms of epigenetic mineralization, the rocks from the Gęsiniec and Kamienna Góra quarries turned out to be the most interesting. The very poor mineralization, which is observed today, associated with igneous rock intrusions, may be due to the erosive destruction of the apical zones of these intrusions. If so, it can be assumed that weathering-resistant components (*e.g.* wolframite, cassiterite, xenotime, monazite, allanite, magnetite, gold) could have formed secondary concentrations in younger clastic sediments occurring in the vicinity of the studied intrusions, *e.g.* in the Permian or Lower Triassic sediments.