

## SILNIE KRZEMIONKOWY ZAŻELAZIONY METASOMATYT (BIRBIRYT) ZE STREFY ZWIETRZENIA MASYWU SERPENTYNITOWEGO W ZŁOŻU NIKLU W SZKLARACH NA DOLNYM ŚLĄSKU

### STRONGLY SILICEOUS AND FERRUGINEOUS METASOMATITE (BIRBIRITE) FROM THE WEATHERED ZONE OF THE SERPENTYNITE MASSIF IN THE SZKLARY SAPROLITIC NICKEL DEPOSIT IN LOWER SILESIA

STANISŁAW Z. MIKULSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule opisano silnie krzemionkowy zażelaziony metasomatyt – birbiryty, występujący w dwóch otworach wiertniczych (Bobolice B2 i B5) zlokalizowanych w południowej części saprolitowego złoża niklu Szklary–Wzgórze Siodłowe w rejonie Bobolic na Dolnym Śląsku. Birbiryty występuje w formie 5–6-metrowej miąższości horyzontu (?soczewki) o rozciągłości co najmniej 300 × 100 m. Jest to skała twarda, charakteryzująca się jasnordzawą barwą, dużą porowatością i niskim ciężarem właściwym. W jej składzie dominuje zdecydowanie bezpostaciowa krzemionka, drobnoziarnisty rekrytalizacyjny kwarc (ok. 90 % wag. SiO<sub>2</sub>) oraz uwodnione tlenki i wodorotlenki Fe, głównie w postaci getytu (ok. 4–9 % wag. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Typowe dla birbiryty są również niskie koncentracje MgO (<1 % wag.) oraz śladowe ilości niklu, kobaltu i chromu. Zwietrzelnina saprolitowa utworzyła się w paleogenie, w warunkach klimatu wilgotnego i ciepłego, w wyniku długotrwałych zmian egzogenicznych zserpentynizowanych i spękanych górnodewońskich perydotytów. Birbiryty jest wynikiem migracji pierwiastków (ze zwietrzelniny saprolitowej) spowodowanej wahaniami poziomu zwierciadła wód gruntowych wskutek zmian morfologii terenu wywołanych najmłodszą aktywnością tektoniczną. W birbiryty doszło do wyługowania z saprolitu Mg, Ni, Co, Cr oraz silnego wzbogacenia i rekrytalizacji Si i Fe.

**Słowa kluczowe:** birbiryty, metasomatyt, krzemionka, Ni saprolit, serpentynit, Szklary, Sudety, blok przedsudecki.

**Abstract.** The paper describes strongly siliceous ferruginous metasomatite – birbirite found in two boreholes (Bobolice B2 and B5) located in the southern part of the Szklary–Wzgórze Siodłowe nickel saprolitic deposit in Lower Silesia. Birbirite forms a 5–6 m thick horizon (?lense), ca. 0.03 km<sup>2</sup> in area (its horizontal extent is at least 300 × 100 m). The birbirite is a hard rock with a very characteristic light-rusty colour, strongly porous and of very low specific gravity. Amorphous silica, fine-grained recrystallized quartz (ca. 90 wt % SiO<sub>2</sub>), hydrated oxides and iron hydroxides (mainly goethite – ca. 4–9 wt % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) definitely dominate in the birbirite composition. The birbirite is also characterised by a low MgO content (<1 wt %) and traces of nickel, cobalt and chromium. Birbirite formed as a result of strong leaching out and enrichments of saprolitic wastes (loss of MgO, Ni, Cr and Co and enrichment in amorphous silica and goethite). Saprolitic waste formed previously in the Palaeogene during exogenic changes of serpentinitized and fractured Upper Devonian peridotites in a humid and wet climate, and subsequently changed by local water table fluctuations resulting from a morphological uplift caused by the youngest tectonic activities.

**Key words:** birbirite, metasomatite, silica, Ni saprolite, serpentynite, Szklary, Fore-Sudetic Block.

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;  
e-mail: stanislaw.mikulski@pgi.gov.pl

## WSTĘP

W złożu niklu w Szklarach rudy krzemianowe niklu – typu saprolitowego powstały w wyniku długotrwałego wietrzenia chemicznego serpentynitów w warunkach klimatu ciepłego i wilgotnego (klimat podzwrotnikowy), który panował na przełomie oligocenu–miocenu; Niškiewicz, 1967). Szczegółowe badania dokumentacyjne w rejonie Szklar prowadzono od początku lat sześćdziesiątych do końca lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, co pozwoliło na dokładniejsze rozpoznanie rozmieszczenia zwietrzelin niklonośnych, oszacowanie zasobów niklu oraz opracowanie charakterystyki mineralogiczno-surowcowej (Birecki i in., 1962; Gawrońska, 1963; Preidl, 1965; Preidl, Kluza, 1978; Wirth, Golczak, 1987). Obecnie obszar złożowy w Szklarach jest przedmiotem dwóch koncesji rozpoznawczo-dokumentacyjnych. W trakcie badań materiału rdzeniowego z otworów wiertni-

czych, wykonanych w 2007 r. w ramach współpracy PIG-PIB z „GEPCO Geologia i Ochrona Środowiska” Sp. z o.o. na obszarze złoża Szklary–Wzgórze Siodłowe w Bobolicach, autor natknął się na silnie skrzemionkowane metasomatyty. W archiwalnych wierceniach wykonanych w tym rejonie próbki podobnych skał, z rozpatrywanego interwału, opisywano jako zwietrzelinę niklonośną brunatnordzawą lub jasnordzawą z okruchami silnie skrzemieniałego i zwietrzałego serpentynitu oraz z wkładkami ilastymi i otoczkami krzemionki. Autor wstępnie zaklasyfikował te metasomatyty jako silnie skrzemionkowany saprolit żelazisty, a po badaniach mikroskopowych i geochemicznych jako birbiryty. Nazwa skały pochodzi od nazwy rzeki Birbiri w Etiopii, gdzie po raz pierwszy opisano charakterystyczne silnie egzogenicznie zmienione dunity (Molly, 1959).

## BUDOWA GEOLOGICZNA REJONU BADAŃ

Złożo wietrzeniowe niklu w Szklarach jest zlokalizowane w strefie tektonicznej Niemczy, w obrębie masywu serpentynitowego Szklar (Niškiewicz, 1967; Niškiewicz i in., 1995). Strefa Niemczy sąsiaduje od wschodu ze skałami metamorfiku niemczańskiego-kamienieckiego, a od zachodu z migmatycznymi gnejsami bloku sowiogórskiego (np. Mazur i in., 1995). Dziedzicowa (1987) za południową i wschodnią granicę łupków metamorficznych strefy Niemczy wyznacza masyw serpentynitowo-gabrowy Braszowic–Grochowej i masyw serpentynitowy Szklar. Masywy te wraz z masywem Nowej Rudy wchodzi w skład górnodewońskiej formacji ofiolitowej, otaczającej blok sowiogórski (fig. 1; Majerowicz, 1979; Pin i in., 1988; Majerowicz, Pin, 1994; Dubińska, Gunia, 1997; Dubińska i in., 2004; Kryza, Pin, 2010). Dolne człony kompleksu ofiolitowego – perydotyty i ultramaficzne kumulaty były przedmiotem intensywnej serpentynizacji związanej z górnokarbońskimi intruzjami granitoidów (Majerowicz, 1979). Z poszczególnymi członami formacji ofiolitowej są związane różne mineralizacje kruszcowe (np. Muszer, Speczik, 1997; Olszyński i in., 2001; Naldrett, 2004; Delura, 2012).

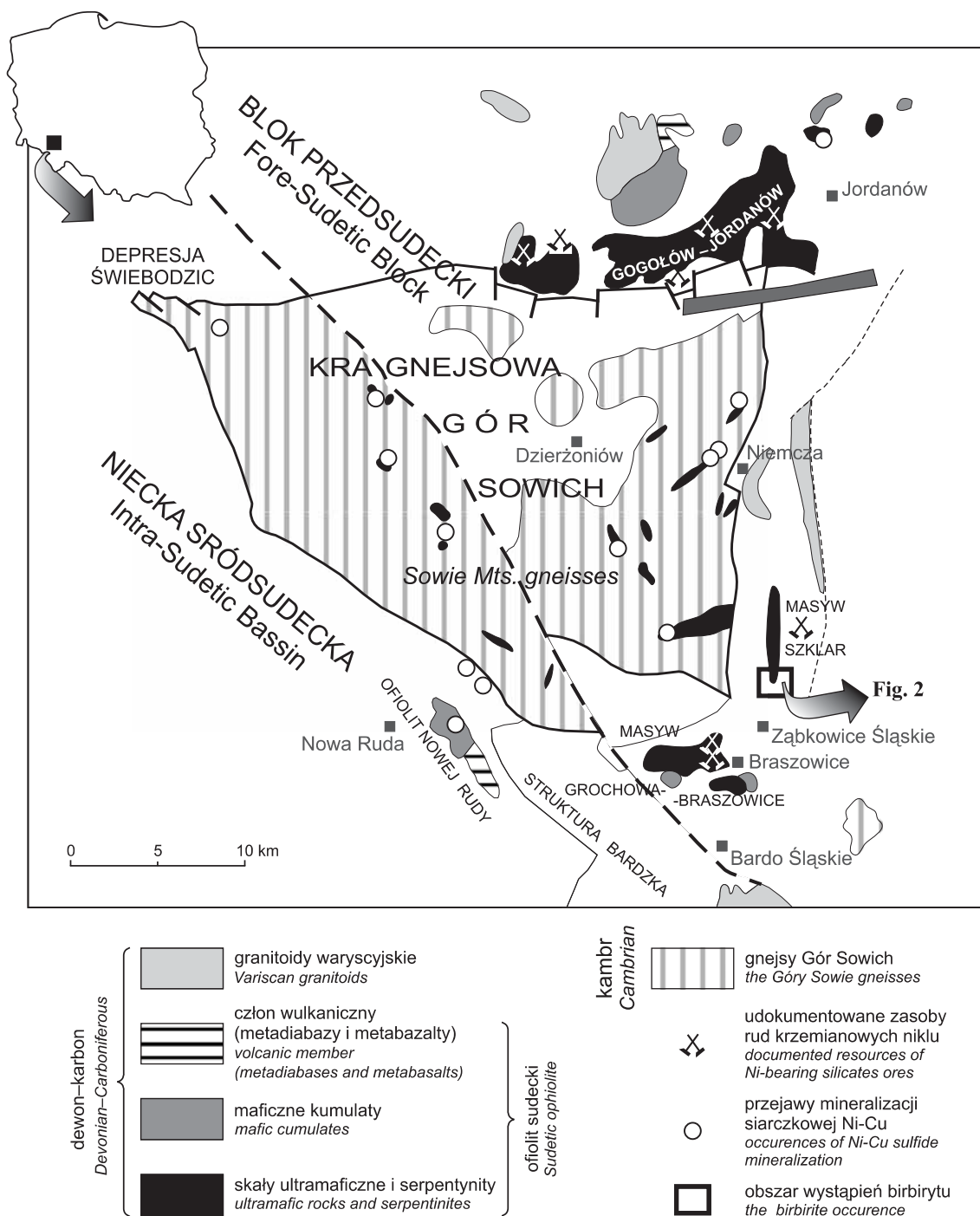
W strefie Niemczy występują również granitoidy niemczańskie, których wiek oznaczono na około 338 mln lat (U/Pb – Oliver i in., 1993) oraz na ok. 322 mln lat (Ar/Ar – Steltenpohl i in., 1993). Cymerman (1987) łączy lewoskrętną strefę ścinania Niemczy ku południowi ze strefą ścinania Złoty–Stok–Trzebieszowice. W tej regionalnej strefie ścinania, w której są rozczłonkowane tektonicznie sekwencje ofiolitowe, przebiega granica pomiędzy terranem moldanubskim i środkowosudeckim (Cymerman, Piasecki, 1994).

Z paleozoicznymi masywami zserpentynizowanych skał zasadowych i ultrazasadowych są związane złoża krzemianowych rud niklu typu saprolitowego (Niškiewicz, 1967; Gajewski, 1966; Mikulski, 2012). Masyw Szklar ma kształt

wydlużonego południkowo etmolitu przecinającego niezgodnie skały osłony (Jamrozik, 1975). Intruzja perydotytów masywu Szklar miała miejsce przed górnym dewonem, a proces ich serpentynizacji nastąpił wskutek intruzji granitoidów waryscyjskich (Finckh, 1923).

Na podstawie analizy licznych złożowych otworów wiertniczych Niškiewicz (1967) stwierdził występowanie w osłonie serpentynitów skał metamorficzno-mylonitycznych, a wśród nich gnejsów, amfibolitów, mylonitów i kataklazytów oraz granitoidów, które stanowią element młodszy od masywu ultrazasadowego serpentynitów. Amfibolity tworzą wąską strefę oddzielającą serpentynity od gnejsów i łupków krystalicznych. Dziedzicowa (1979) stwierdziła, że na diagramie  $Fe_2O_3$ – $MgO$ – $CaO$  punkty projekcyjne analiz chemicznych serpentynitów ze Szklar koncentrują się w polu dunitów-harzburgitów metamorficznych oraz kumulatów ultramaficznych, wchodzących w skład formacji ofiolitowej otaczającej blok sowiogórski. Niškiewicz (1967) wydzielił dwie odmiany petrograficzne serpentynitów ze Szklar, różniące się stopniem zserpentynizowania perydotytów i zmiennym udziałem minerałów grupy serpentynu oraz oliwinów. Główną odmianą, budującą masyw Szklar, jest odmiana oliwinowa serpentynitów. W obrębie masywu Szklar występują enklawy amfibolitów, rodingitów, intruzyjne kwaśne skały magmowe, żyły apłitowe, pegmatytowe i lamprofirowe (Maciejewski, 1968; Gunia, 1992, 2000).

W kenozoiku (oligocen–miocen), na obszarze bloku przedsudeckiego, miały miejsce procesy denudacyjne, które doprowadziły do powstania powierzchni zrównań o wysokości 300 m n.p.m. (Walczak, 1972). Rozwinęły się pokrywy zwietrzelinowe typu kaolinitów na gnejsach, granitoidach i łupkach metamorficznych oraz laterytów na serpentynitach (Niškiewicz, 1967). Sposób wykształcenia zwietrzelin na serpentynitach w rejonie Szklar wskazuje jednak, że nie są to ty-



**Fig. 1. Lokalizacja masywów serpentynitowych wokół kry gnejsowej Gór Sowich wraz z udokumentowanymi w ich zwietrzelinach zasobami rud krzemianowych niklu (wg Mikulskiego, 2012) oraz birbirytem w południowej części złoża niklu w Szklarach**

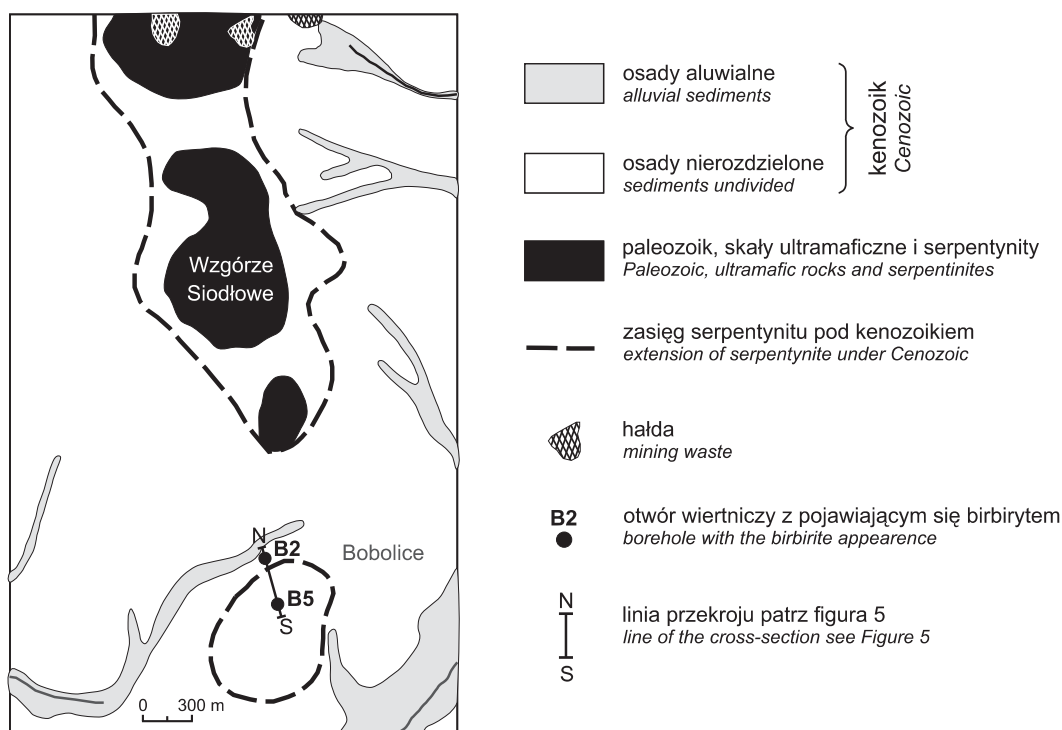
Location of the serpentinite massifs around the Sowie Mts. gneisses and the documented hydrated nickel silicate ore resources in serpentinite wastes (after Mikulski, 2012) as well as the birbiryte occurrence in the southern part of the nickel deposit in Szklary

powe profile laterytów niklonośnych lecz krzemianowe rudy niklu typu saprolitowego (Mikulski, 2012). Ruda niklu typu saprolitowego występuje w zwietrzelinie skał serpentynitowych w formie gniazd, kieszeni, żył i soczewek, rozmieszczonych nieregularnie wzdłuż stref spękań i uskoków w masywie. Stopień wzbogacenia zwietrzeliny w minerały niklono-

śne jest bardzo zmienny i na ogół uzależniony od miąższości strefy zwietrzenia (40–100 m). Ruda niklu zawiera zmienne koncentracje metalu w zakresie od 0,7 do kilku procent niklu w zwietrzelinie. Bogate rudy występują głównie w przyspągowych partiach złoża, tam gdzie miąższość zwietrzeliny jest największa. Niškiewicz (1967) ze względu na rodzaj

skały wyjściowej oraz stopień zwietrzenia wyróżnił 3 typy zwietrzelin serpentynitów: zwietrzałe serpentynity lite, zwietrzałe serpentynity z bloczkami i zwietrzliny serpentynitowe ziemiste. Zwietrzliny te zązębiają się ze sobą. Główna masa niklu jest związana ze zwietrzeliną serpentynitową ziemistą o barwach rdzawożółtej, rdzawoczerwonej i szarozielonej (*op. cit.*). W zwietrzelinie ziemistej brak jest skupisk i żył magnezytowych i krzemionkowo-magnezytowych, jedynie miejscami są obecne żyły opalowo-chalcedonowe oraz nieregularne bryły skrzemieniałego serpentynitu (Niśkiewicz, 1967). Zwietrzlina serpentynitowa z bloczkami jest spotykana w stropie świeżych serpentynitów. Charakteryzuje się ona barwą rdzawożółtą oraz zawartością niklu na poziomie podobnym do koncentracji niklu w zwietrzałym serpentynicie tj. 0,18–0,24 %. Mineralami rudnymi są uwodnione krzemiany niklowo-magnezowe, takie jak pimelit (17–31% NiO) oraz

minerały ilaste, takie jak montmorylonit niklowy, sepiolit i wermikulit, które zawierają do kilku procent tlenku niklu (Ostrowicki, 1965). Dubińska (1995) zwróciła dodatkowo uwagę na zróżnicowaną litologię wietrzącego masywu i mozaikową budowę zwietrzelin skał ultrazasadowych i skał je przecinających. W schematycznym modelu zwietrzliny ze Szklar autorka ta wydzieliła: strefę dezintegracji, strefę saprolitową, strefę ochr oraz brak strefy pizolitów żelazistych oraz kirasy żelazistej, czyli najwyższych 2 poziomów pełnego profilu wietrzeniowego skał ultrazasadowych. W obrębie masywu Szklar pod niklonośną zwietrzeliną występuje także magnezyt. Wypełnia on żyły i szczeliny, tworząc nieregularną siatkę przecinającą pod różnymi kątami zwietrzały serpentynit. Birbiryt rozpoznano powyżej miejsc występowania magnezytów.



**Fig. 2. Lokalizacja otworów wiertniczych Bobolice B2 i B5, w których stwierdzono występowanie metasomatytu krzemionkowo-żelazistego (birbirytu). Rejon Bobolice w południowej części udokumentowanego złoża niklu Szklary–Wzgórze Siodłowe. Podkład geologiczny wg Badury, Dziemiańczuk, (1981)**

Location of Bobolice B2 and B5 boreholes with ferruginous silicate metasomatite (birbire) encountered.  
The Bobolice region in the southern part of the documented Szklary–Wzgórze Siodłowe nickel deposit.  
Geological base map after Badura, Dziemiańczuk, (1981)

## METODY BADAŃ

W Centralnym Laboratorium Chemicznym w PIG-PIB w Warszawie wykonano oznaczenia birbirytu za pomocą metod XRF z wykorzystaniem spektrometru Philips PW2400 w próbkach stapianych dla związków chemicznych: SiO<sub>2</sub>,

MgO, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oraz strat prażenia i wilgotności (LOI), a w próbkach proszkowych prasowanych dla następujących pierwiastków Ni, Co, Cr, Cu i V. Uzyskana granica oznaczalności dla niklu wyniosła od 3 do 3000 ppm (Ni)

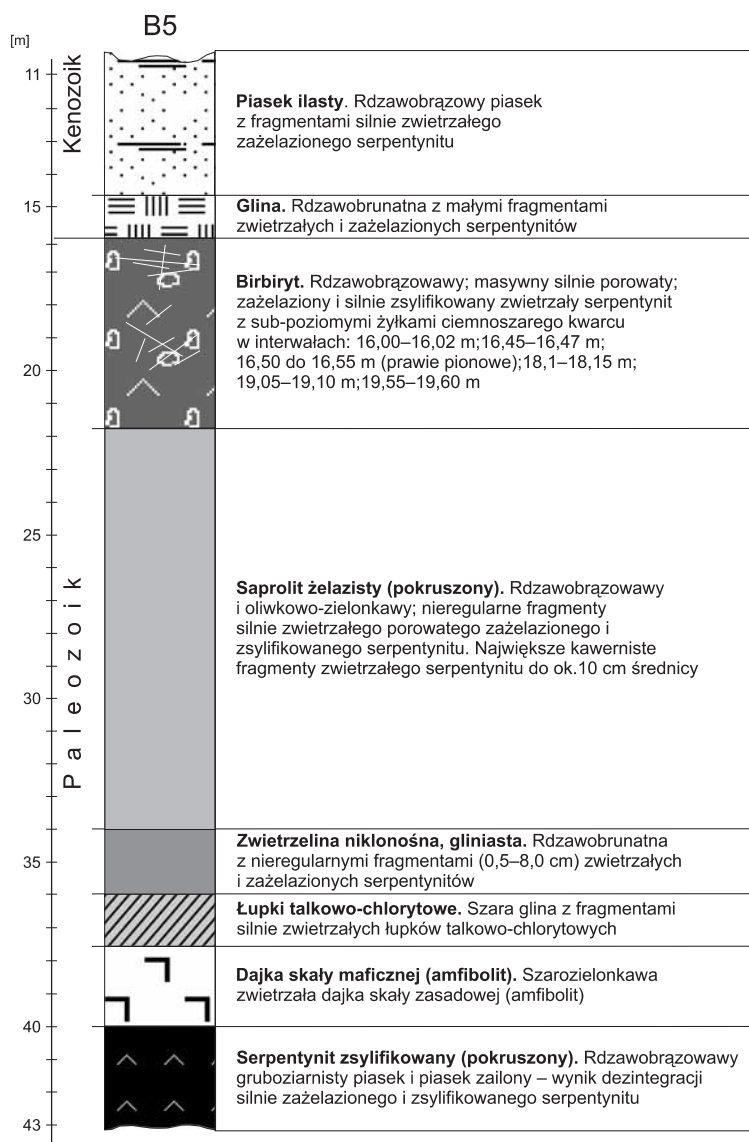


Fig. 3. Fragment profilu otworu wiertniczego Bobolice B5 z birbirytem w interwale 16–22 m

Part of the Bobolice B5 section with the birbiryte occurrence at a depth of ca. 16 to 22 m

oraz dla kobaltu od 3 do 150 ppm metodą akredytowaną, a powyżej tej zawartości oznaczenie było półilościowe metodą bez wzorcową XRF w próbkach proszkowych prasowanych (średnica ziarna 0,063 mm). Badania mikroskopowe

w świetle odbitym przeprowadzono na mikroskopie polaryzacyjnym firmy NIKON ECLIPSE LV100 POL produkcji japońskiej, a zdjęcia wykonano z zastosowaniem kamery NICON oraz licencyjnego oprogramowania NIS-ELEMENTS.

### WYSTĘPOWANIE BIRBIRYTU W ZWIETRZELINIE SERPENTYNITOWEJ W OTWORACH WIERTNICZYCH BOBOLICE B2 I B5

W dwóch otworach poszukiwawczych (Bobolice B2 i B5; fig. 2), odwierconych w 2007 r. na obszarze złoża Szklary–Wzgórze Siodłowe w Bobolicach, stwierdzono na głębokości 15,5–20,0 m (B2) i 15,7–22,0 m (B5; fig. 3) charakterystyczne, silnie skrzemionkowane skały koloru jasnordzawego i rdzawobrazowego. Są one silnie porowate, lekkie

oraz pocięte przez żyłki chalcedonu i rzadsze mikrożyłki manganowe (fig. 4A–B). Skały te określono jako birbiryty. Występują one najprawdopodobniej w formie silnie porowatego horyzontu (?soczewki) o miąższości ok. 5–6 m i rozciągłości ok. 300 m – w kierunku południkowym i 100 m – w kierunku równoleżnikowym. Najbardziej reprezentatyw-

ne miejsce występowania birbirytu stwierdzono w otworze wiertniczym B5, w interwale 16–22 m.

Schematyczny profil litologiczny otworu B5, który osiągnął głębokość 85,4 m, jest następujący (fig. 3):

- w interwale od 0 do 16 m występują skały czwartorzędowe, reprezentowane kolejno przez glebę gliniastą; przeławiczenia glin o barwie brunatnej, żółtobrazowej i rdzawobrunatnej z piaskami drobnoziarnistymi o barwie żółtej i piaskami zailonnymi o rdzawobrazowej barwie.
- Poniżej głębokości 16 m do ok. 22 m występuje silnie zsylikowany, zażelazony metasomatyt (birbiryt) o charakterystycznej rdzawobrazowej barwie, porowaty z żyłkami kwarcu i chalcedonu w spękaniach.
- Poniżej zwietrzelnina nikłonośna jest reprezentowana przez pokruszony, bloczkowaty, kawernisty i silnie zwietrzały rdzawobrazowy serpentynit, który zawiera żyłki krzemianów niklu.
- Na głębokości 30–34 m serpentynit jest rdzawy oraz oliwkowozielonkowy z żyłkami krzemianów Ni. Ku spagowi odcinka, na głębokości 34–36 m, zwietrzelnina nikłonośna jest gliniasta rdzawobrunatna.
- W interwale od 36 do 54 m serpentynit jest jasnordzawobrazowy z wkładkami łupków chlorytowych (36,0–37,7; 46,3–48,0; 49,6–50,0 i 50,8–51,0 m) i amfibolitu (37,7–40,0 m).
- Serpentynit poniżej głębokości 60 m jest ciemnoszarzielonkowy z wyraźną teksturą kierunkową i licznymi żyłkami krzemionki i kwarcu. W interwale od 68 do 78 m stwierdzono strefę serpentynitu bardziej zażelazonego, o barwie od ciemnoszarej do rdzawobrazowej. Poniżej głębokości 78 m do spągu profilu (82,3 m) serpentynit jest bardziej masywny o ciemnoszarzielonej barwie.

W nadkładzie zwietrzelniny nikłonośnej, reprezentowanym przez piaski i gliny, średnia koncentracja niklu wyniosła ok. 0,1%, a w podłożu, gdzie dominują zwietrzałe serpentynity o barwie rdzawobrazowej i ciemnoszarej oraz łupki chlorytowe, średnia arytmetyczna niklu jest prawie trzykrotnie wyższa. W interwale, w którym występuje birbiryt, koncentracje Ni, Cr i Co są zdecydo-

wanie najniższe w całym profilu zwietrzelin serpentynitowych (tj. <0,0X%).

Makroskopowo, w składzie birbirytu dominuje bezpostaciowa krzemionka oraz agregaty i żyłki uwodnionych tlenków i wodorotlenków Fe oraz, w interwałach co ok. 0,5–1,0 m, kilkucentymetrowej grubości ciemnoszaro-białe żyłki chalcedonu i drobnokrystalicznego kwarcu. Krzemionka tworzy cienkie struktury kolomorfczne. W obrazie mikroskopowym z kruszców są obecne liczne uwodnione tlenki i wodorotlenki Fe (fig. 4C), resztkowa obecność magnetytu, Cr-magnetytu i chromitu (fig. 4D–E), które są silnie zastępowane przez hematyt i getyt (fig. 4C) oraz resztki siarczków (pirotyn, piryty, chalkopiryty; fig. 4F–G).

W jednej z próbek w chalcedonie stwierdzono pojedyncze ziarno złota (ok. 10  $\mu\text{m}$  średnicy, fig. 4H). Występowanie złota w paragenezie z bezpostaciową krzemionką – chalcedonem i opalem, było notowane ze stref zwietrzelinowych złotonosnych rud siarczkowych występujących w Górach Kaczawskich (Mikulski, 2007). Lokalnie koncentracje złota w chalcedonie, np. w Radomicach, zawierały do kilku ppm (Mikulski, 2011). W Bobolicach koncentracje złota w pojedynczych próbkach birbirytu są zaledwie na poziomie kilku ppb. W zasadzie są to zawartości zbliżone do koncentracji złota opisywanych ze zwietrzelin serpentynitowych z rejonu Szklar, tj. <1 do 3 ppb (Michalik i in., 1997).

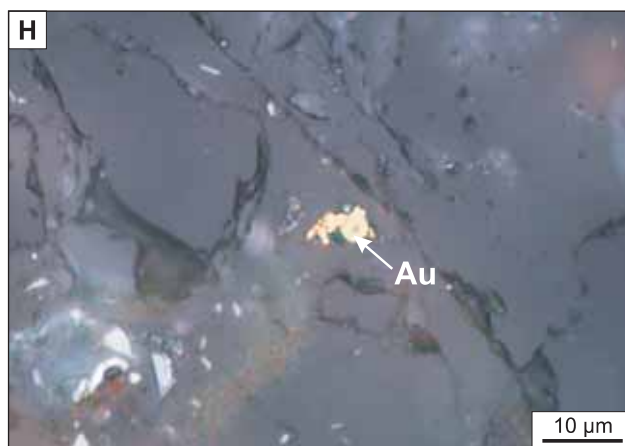
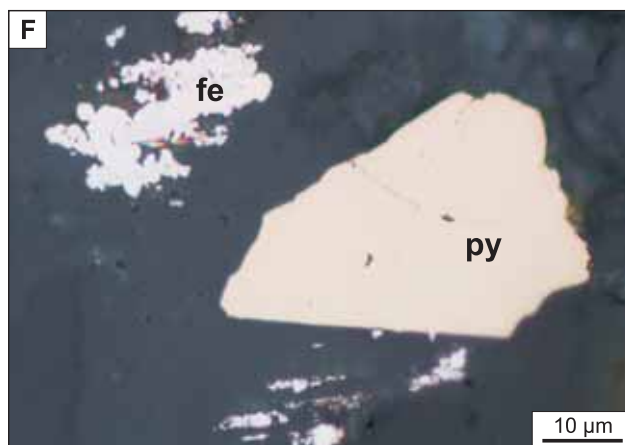
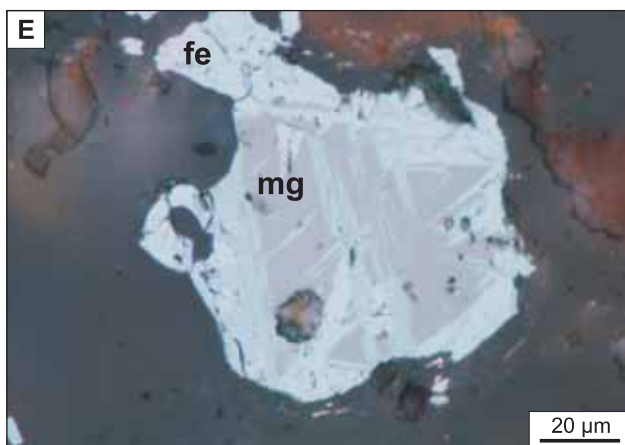
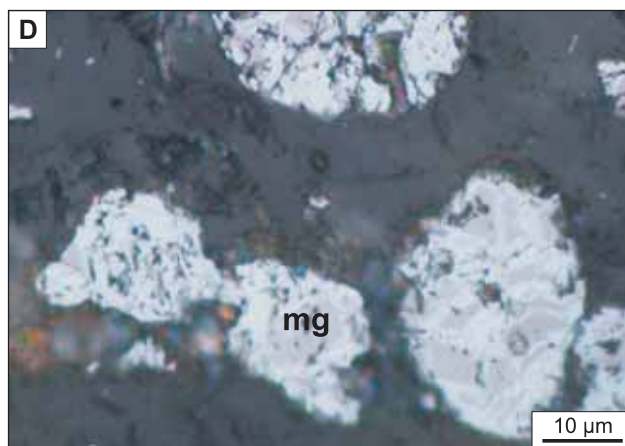
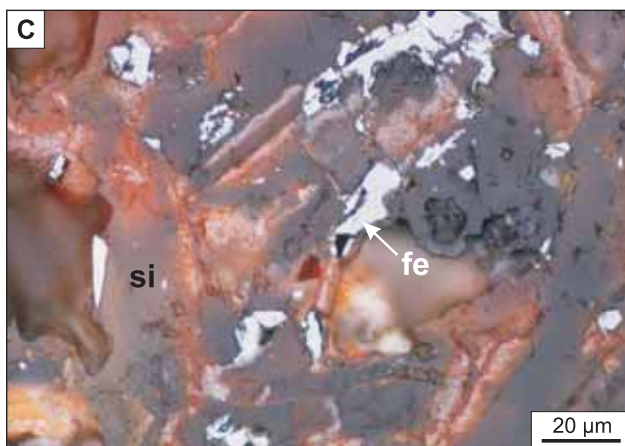
Obecność resztkowych spineli Fe i Cr jest zgodna z obserwacjami kruszców występującymi w zwietrzelinach serpentynitowych i serpentynitach z wierceń z rejonu Wzgórza Siodłowe (Sadłowska, 2014). W PIG-PIB został zbadany również skład chemiczny birbirytu za pomocą metod spektrometrii rentgenowskiej (XRF). Metasomatyt ten wykazuje następujące zawartości podstawowych tlenków:  $\text{SiO}_2$  – ok. 89–94% wag.,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – ok. 2,8–9,0% wag.,  $\text{MgO}$  – <2 % wag.,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,2–0,5% wag.,  $\text{MnO}$  – ślady oraz straty prażenia i wilgotność (LOI) – 1–2% wag. (tab. 1). Porównując te zawartości z danymi zaprezentowanymi przez Molly'ego (1959) widać dużą zbieżność koncentracji podstawowych tlenków (tab. 1). Birbiryty z Etiopii charak-

**Fig. 4. Fotografie w skali makro i mikro birbirytu z obszaru złoża saprolitowego niklu Szklary–Wzgórze Siodłowe. Otwór wiertniczy Bobolice B5, głębokość ok. 16,4 m**

**A–B** – typowy obraz silnie skrzemionkowanego i zażelazonego metasomatytu – birbirytu z wiercenia B5; **C** – krzemionka (si) oraz uwodnione tlenki i wodorotlenki żelaza (fe) w obrazie mikroskopowym w birbiryty z obszaru Szklar; **D–E** – proces oksydacji spineli Fe i/lub Cr (magnetyt – mg, Cr-magnetyt i chromit) powoduje ich zastępowanie przez hematyt i uwodnione tlenki i wodorotlenki Fe (getyt), (fe). Obraz mikroskopowy, II; Birbiryt. Złoże Szklary–Wzgórze Siodłowe; **F–G** – Resztkowe wystąpienia siarczków – piryty (py) i chalkopiryty (cp) wraz z agregatami getytu (fe) w birbiryty; **H** – Złoto (Au) oraz uwodnione tlenki i wodorotlenki Fe (szare) w obrazie mikroskopowym w birbiryty z obszaru Szklar

Macro- and micro-photographs of birbiryte from the Szklary–Wzgórze Siodłowe saprolitic deposit. Bobolice B5 borehole; depth ca. 16.4 m

**A–B** – typical view of strongly silicified and ferruginous metasomatite – birbiryte from the B5 borehole; **C** – Silica (si) and hydrated Fe-oxides and hydroxides (fe) in the microscopic view of birbiryte from the Szklary area; **D–E** – oxidation process of Fe-, and/or Cr-spinels (magnetite – mg, Cr-magnetite, and chromite) caused their replacement by hematite and hydrated Fe-oxides and hydroxides (goethite), (fe). Microscopic image, II; Birbiryte. The Szklary–Wzgórze Siodłowe deposit; **F–G** – Remnants of sulphides – pyrite (py), chalcopyrite (cp) and goethite aggregates (fe) in birbiryte; **H** – Gold (Au) and hydrated Fe-oxides and hydroxides (grey) in the microscopic image of birbiryte from the Szklary area



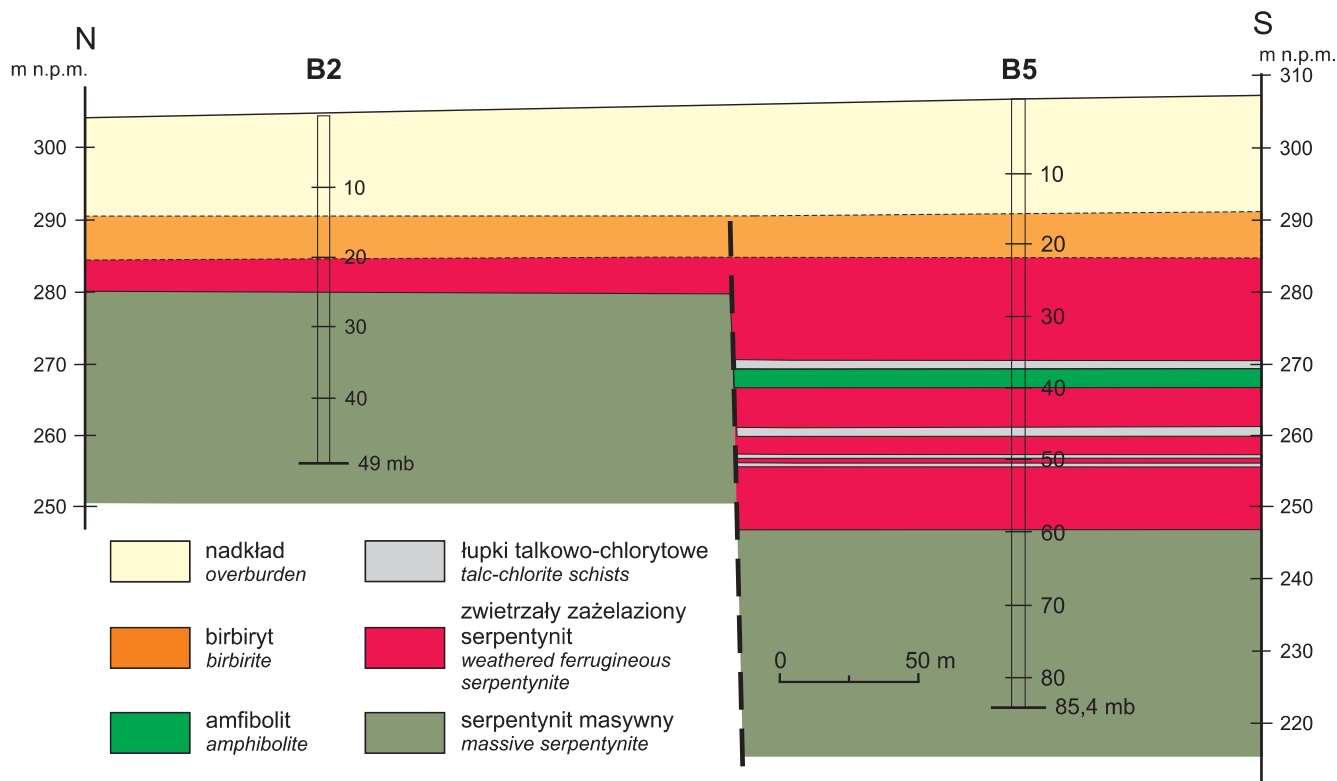


Fig. 5. Schematyczny przekrój pomiędzy otworami wiertniczymi B2 i B5, w których stwierdzono poziom z birbirytem

The schematic cross-section between the B2 and B5 boreholes, in which the birbiryte horizon was recognized

teryzują się podobną, wysoką zawartością wtórnej krzemionki ( $\text{SiO}_2$  – ok. 88%) w postaci chalcedonu i drobno-kryształicznego kwarcu, obecnością wtórnego żelaza w postaci agregatów limonitu ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – ok. 9% wag.), resztkową

koncentracją chromu ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – ok. 0,9% wag.), magnezu ( $\text{MgO}$  – ok. 0,3% wag.) oraz niskimi koncentracjami  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{CaO}$  (<0,2% wag.) i śladowymi zawartościami platynowców (ok. 5 ppb).

## PODSUMOWANIE

W obrębie złoża wietrzeniowego niklu typu saprolitowego Szklary–Wzgórze Siodłowe w Bobolicach stwierdzono w dwóch otworach wiertniczych (Bobolice B2 i B5), na głębokości ok. 16–22 m, silnie skrzemionkowany i żażelaziony metasomatyt – birbiryte. Skąła ta występuje najprawdopodobniej w formie mniej lub bardziej regularnego horyzontu (soczewki?) o strukturze gąbczastej i rozmiarach co najmniej  $300 \times 100$  m w profilu zwietrzelin serpentynitowych rozwiniętych na silnie zserpentyzowanych górnodońskich perydotytach (fig. 5). Birbiryte ma charakterystyczną barwę, jest twardy, silnie porowaty i ma niski ciężar właściwy. Wykazuje wzbogacenie w bezpostaciową krzemionkę (chalcedon, opal), drobnoziarnisty rekrystalizacyjny kwarc oraz uwodnione wodortlenki i tlenki Fe (głównie getyt) w stosunku do zwietrzliny saprolitowej. Ponadto, podobnie jak w zwietrzelinie saprolitowej, może zawierać resztkową mineralizację spinelową

(Fe i Cr) i znacznie niższe koncentracje niklu (< 0,2% wag.), chromu czy kobaltu.

Długotrwałe intensywne wietrzenie supergeniczne w paleogenie oraz późniejsze wahania poziomu zwierciadła wód gruntowych powodowały zmienne warunki pH-Eh, które były odpowiedzialne za migrację i redystrybucję pierwiastków takich jak Mg, Fe, Si, Ni, Cr, Ca, Al i Mn zawartych pierwotnie głównie w oliwinach czy minerałach serpentynu i powstałych wskutek serpentynizacji perydotytów. Niektóre z powyższych pierwiastków uległy lokalnie wtórnemu wzbogaceniu (np. Si, Ni, Co, Fe oraz Cr) tworząc gniazda, soczewki, żyłki czy horyzonty w zwietrzelinach serpentynitowych zalegających pierwotnie *in situ* o charakterze typowych saprolitów zawierających rudy niklu z dominacją uwodnionych krzemianów niklu. Jednak w wyniku zmian morfologii terenu, wywołanych lokalną aktywnością tektoniczną, niektóre



Tabela 1

**Porównanie składu chemicznego birbiryty z Etiopii  
(wg Molly, 1959) i birbiryty ze Szklar (Wzgórze Siodłowe)**

The comparison of the chemical composition of birbirite from Ethiopia  
(after Molly, 1959) with birbirite from Szklary (Wzgórze Siodłowe)

Związek lub pierwiastek chemiczny	Birbiryty z Etiopii (wg Molly, 1959)	Birbiryty ze Szklar (Wzgórze Siodłowe)
	[% wag.]	[% wag.]
SiO <sub>2</sub>	ok. 88	89–94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ok. 9	3–9
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ok. 0,9	ok. 0,9
MgO	0,3	0,5–1,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,2	0,2–0,5
CaO	<0,2	<0,2
MnO	ślady	ślady
Platyna	ok. 5 ppb	<5 ppb
LOI	1–2	1–2

partie masywów serpentynitowych z przykrywającymi je zwietrzelinami ulegały wyniesieniu a inne obniżeniu. Spowodowało to lokalną zmianę poziomu zwierciadła wód gruntowych i kolejny rozwój procesów ługowania i precypitacji pierwiastków z górnych partii saprolitu, głównie wzdłuż dawnych spękań w zwietrzałym masywie serpentynitowym.

Proces rozkładu oliwinów czy minerałów serpentynu, głównych składników zserpentynityzowanych perydotytów, oraz powstanie wolnej krzemionki, kwarcu czy getytu można zapisać następująco:  $(\text{Fe,Mg})_2\text{SiO}_4$  (oliwin) +  $5\text{H}^+$  →  $2\text{FeOOH}$  (getyt) +  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (kwas krzemianowy) +  $\text{Mg}^{+2}$  oraz rozkład serpentynu  $(\text{Mg,Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  +  $3\text{H}^+$  →  $2\text{FeOOH}$  (getyt) +  $2\text{SiO}_2$  (kwarc) +  $3\text{H}_2\text{O}$  (np. Freyssinet i in. 2005;

Butt i Cluzel, 2013). W birbirytach z obszaru złoża Szklary–Wzgórze Siodłowe w Bobolicach nastąpiło silne wzbogacenie zwietrzliny w krzemionkę i żelazo oraz jej wylugowanie z magnezu, niklu, chromu i kobaltu. Poniżej tego poziomu nastąpiło również wzbogacenie w nikiel zwietrzliny serpentynitowej, głównie w strefach spękań oraz reprecypitacja Mg w postaci magnezytu w formie żył i gniazd zalegających również w spękanym masywie serpentynitowym.

**Podziękowania.** Autor serdecznie dziękuje firmie „GEPKO” Geologia i Ochrona Środowiska Sp. z o.o. za możliwość prezentacji wyników, uzyskanych w ramach współpracy z PIG-PIB.

## LITERATURA

- BADURA J., DZIEMIAŃCZUK E., 1981 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów 1:25 000, ark. Żąbkowice Śląskie. Wyd. Geol., Warszawa.
- BIRECKI T., BOJARSKI R., GAWROŃSKA Z., 1962 — Dokumentacja geologiczna złoża rud niklu „Szklary” obszar Szklana Góra w kat. B+C1. Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne Surowców Hutniczych „ProGeo” Sp. z o.o. Kraków.
- BUTT C.R.M., CLUZEL D., 2013 — Nickel Laterite Ore Deposits: weathered serpentinites. *Elements*, **9**, 2:123–128.
- CYMERMAN Z., 1987 — Związek ofiolitu Ślęży z waryscyjską strukturą metamorfiku sowiogórskiego. *Prz. Geol.*, **35**, 10: 304–312.
- CYMERMAN Z., PIASECKI M., 1994 — The terrane concept in the Sudetes, Bohemian Massif. *Kwart. Geol.*, **38**, 2: 191–210.
- DELURA K., 2012 — Chromites from the Sudetic ophiolite: origin and alteration. *W: AM Monograph no. 4. Committee of Mineralogical Sciences of the Polish Academy of Sciences (red. A. Kozłowski). Komitet Nauk Mineralogicznych PAN, Wyd. Geol. UW, Warszawa.*
- DUBIŃSKA E., 1995 — Zróżnicowanie materiału wyjściowego zwietrzliny a rozwój laterytowych rud niklu. *W: Przew. 66 Zjazdu Pol. Tow. Geol.: 207–212. Wyd. Geol., Warszawa.*
- DUBIŃSKA E., GUNIA P., 1997 — The Sudetic ophiolite: current view on its geodynamic model. *Geol. Quart.*, **41**, 1: 1–20.
- DUBIŃSKA E., BYLINA P., KOZŁOWSKI A., DÖRR W., NEJBERT K., SCHASTOK J., KULICKI C., 2004 — U-Pb dating of serpentinitization: hydrothermal zircon from a metasomatic rodingite shell (Sudetic ophiolite, SW Poland). *Chem. Geol.*, **203**: 183–203.

- DZIEDZICOWA H., 1979 — Problem genezy magm i ich związek z ultrabazytami strefy Niemczy. Proponowany model reżimu geotektonicznego. *W: Mat. Konf. Teren. Nowa Ruda 8–9.09.1979* (red. T. Gunia): 107–119. Wrocław.
- DZIEDZICOWA H., 1987 — Rozwój strukturalny i metamorfizmu we wschodnim obrzeżeniu gnejsów Gór Sowich. *Acta Univ. Wratisl.*, 1113, *Pr. Geol. Mineral.*, **17**: 57–79.
- FINCKHL., 1923 — Die Stellung der Gabbros und serpentinite Niederschlesiens und ihre Beziehungen zu den Gneisen und den Graniten. *Jb. Preuss. Geol. Landesanst.*, **42**., Berlin.
- FREYSSINET P., BUTT C.R.M., MORRIS R.C., PIANTONE P., 2005 — Ore-forming processes related to lateritic weathering. *W: Economic Geology 100<sup>th</sup> Anniversary Volume* (red. J.W. Hedenquist i in.): 231–241. Economic Geology Publishing Company New Haven, Connecticut.
- GAJEWSKI Z., 1966 — Masyw serpentynitowy Grochowa–Braszowice oraz jego znaczenie surowcowe. *Biul. Inst. Geol.*, **280**: 49–78.
- GAWROŃSKA Z., 1963 — Dokumentacja geologiczna złoża rud niklu w Szklarach – obszar Siodłowe Wzgórze. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- GUNIA P., 1992 — Petrologia skał ultrazasadowych z masywu Braszowice – Brzeźnicy (blok przedsudecki). *Geol. Sudet.*, **26**: 119–170.
- GUNIA P., 2000 — The petrology and geochemistry of mantle-derived basic and ultrabasic rocks from Szklary massif in the Fore-Sudetic Block (SW Poland). *Geol. Sudet.*, **33**: 71–83.
- JAMROZIK L., 1975 — Tektonika wewnętrzna masywu serpentynitowego Szklar. *W: Przew. 47. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*, Świdnica. Wyd. Geol., Warszawa.
- KRYZA R., PIN C., 2010 — The Central-Sudetic ophiolites (SW Poland): petrogenetic issues, geochronology and paleotectonic implications. *Gondwana Research*, **17**: 292–305.
- MACIEJEWSKI S., 1968 — Ultrazasadowe i zasadowe skały plutoniczne w sąsiedztwie gnejsów sowiogórskich. Budowa geologiczna Polski. T. 1. Wyd. Geol., Warszawa.
- MAJEROWICZ A., 1979 — Grupa górską Ślęży a współczesne problemy petrologiczne ofiolitów. *W: Materiały konferencji terenowej Nowa Ruda, 8–9.09.79*: 9–34. Wyd. UW, Wrocław.
- MAJEROWICZ A., PIN CH. 1994 — The main petrological problem of the Mt. Ślęża ophiolite complex, Sudetes (Poland). *Zbl. Geol., Paleont.*, **2**, 9/10: 989–1018.
- MAZUR, S., PUZIEWICZ, J., JÓZEFIAK, D., 1995 — Strefa Niemczy – regionalna strefa ścinania pomiędzy obszarami o odmiennej ewolucji strukturalno-metamorficznej. *W: Przew. 66. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 221–240. Wyd. Geol., Warszawa.
- MICHALIK R., SACHANBIŃSKI M., NIŚKIEWICZ J., 1997 — Wstępne dane o geochemii złota w zwietrzelinach serpentynitowych masywu Szklar. *W: Metale szlachetne w NE części Masywu Czeskiego i w obszarach przyległych. Geneza, występowanie, perspektywy* (red. A. Muszer): 81–85. Inst. Nauk Geol. UW, Wrocław.
- MIKULSKI S.Z., 2007 — The late-Variscan gold mineralization in the Kaczawa Mountains, Western Sudetes. *Pol. Geol. Inst. Special Papers*, **22**: 1–162.
- MIKULSKI S.Z., 2011 — Gold-chalcedony overprint on the auriferous sulphide ores in the Kaczawa Mountains. *W: Gold in Poland. AM Monograph No. 2* (red. A. Kozłowski, S.Z. Mikulski): 85–97. Komitet Nauk Mineralogicznych PAN, Wyd. Geol. UW, Państw. Inst. Geol. – PIB.
- MIKULSKI S.Z., 2012 — Występowanie i zasoby perspektywiczne rud niklu w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **448**, 2: 287–296.
- MOLLY E.W., 1959 — Platinum deposits of Ethiopia. *Economic Geology*, **54**: 467–477.
- MUSZER A., SPECZIK S., 1997 — Związek okruszcowania Ni-Sb z PGE w serpentynitach z Nasławic (ofiolit Ślęży). *Prz. Geol.*, **45**: 282–286.
- NALDRETT A.J., 2004 — Magmatic sulfide deposits geology, geochemistry and exploration. Springer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- NIŚKIEWICZ J., 1967 — Budowa geologiczna Masywu Szklar (Dolny Śląsk). *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **37**: 387–414.
- NIŚKIEWICZ J., CHOLEWICKA-MEYSNER D., DUBIŃSKA E., FARBISZ J., GUNIA P., JAMROZIK L., KUBICZ A., MAZUR S., PAJAŁ M., SACHANBIŃSKI M., 1995 — Ofiolity z obrzeżenia bloku sowiogórskiego i towarzysząca im mineralizacja. *W: Przew. 66. Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 193–220. Wyd. Geol., Warszawa.
- OLIVER G., CORFU F., KROGH T., 1993 — U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica & Gondwana. *J. Geol. Soc.*, **150**: 355–369.
- OLSZYŃSKI W., MIKULSKI S.Z., SPECZIK S., 2001 — Deposits and ore mineralization associated with Ophiolite Complexes in the Sudetes Mts. (Poland). *W: Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century* (red. A. Piestrzyński i in.): 615–618. A.A. Balkema. Lisse, The Netherlands.
- OSTROWICKI, B., 1965 — Minerale niklu strefy wietrzenia serpentynitów w Szklarach (Dolny Śląsk). *Pr. Miner. PAN*, **1**: 1–92.
- PIN C., MAJEROWICZ A., WOJCIECHOWSKA I., 1988 — Upper Palaeozoic oceanic crust in the Polish Sudetes: Nd-Sm isotope and trace element evidence. *Lithos*, **21**: 195–205.
- PREIDL M., 1965 — Dokumentacja geologiczna złoża rud niklu w Szklarach, obszar Wzgórze Koźmickie; Wzgórze Siodłowe. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- PREIDL M., KLUZA S. 1978 — Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża rud niklu Szklary, obszar Szklana Góra w kat. B+C1. Kombinat Geologiczny „Południe” Zakład Projektów i Dokumentacji Geol., Katowice.
- SADŁOWSKA K., 2014 — Wstępne wyniki badań mineralizacji kruszcowej w skałach ultramaficznych południowej części masywu Szklar (okolice Bobolic). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **458**: 73–84.
- STELTENPOHL M., CYMERMAN Z., KROGH K., KUNK M., 1993 — Exhumation of eclogitized continental basement during Variscan lithospheric delamination and gravitational collapse, Sudety Mts., Poland. *Geology*, **21**: 1111–1114.
- WALCZAK W., 1972 — Sudety i Przedgórze sudeckie. Geomorfologia Polski. Tom 1. PWN.
- WIRTH H., GOLCZAK I., 1987 — Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża rud niklu „Szklary” obszar Wzgórze Siodłowe w kat. B + C1. Przedsiębiorstwo Geol., Wrocław.

## SUMMARY

Hard and strongly silicified and porous metasomatic rock, called birbirite, was found in a rusty-coloured interval at a depth of *ca.* 16 to 22 m in two boreholes drilled in 2007 within the southern parts of the Szklary–Wzgórze Siodłowe Ni deposit near Bobolice. Birbirite forms a 5–6-m thick horizon (?lens) that extends between the two boreholes at least over an area of *ca.* 0.03 km<sup>2</sup> (300 × 100 m). This is a strongly ferruginous silicate rock dominated by amorphous silicates and aggregates of hydrated Fe-oxides and hydroxides (goethite and hematite). Besides, there are thin veinlets (1–3 cm) of white-greyish chalcedony and fine-grained quartz in the vertical section of the birbirite (every 0.5–1.0 m). Chalcedony forms narrow collomorphic structures around porous parts of the rock. Under the ore microscope, the following minerals were also observed: small (<40 μm) remnants of magne-

tite, Cr-magnetite and chromite that have been replaced by hematite and Fe-hydroxides, single sulphides (pyrite and chalcopyrite) and (in chalcedony veinlets) very rare single gold grains (<10 μm). The chemical composition (XRF) of the Bobolice birbirite is as follows: SiO<sub>2</sub> ~89–94 wt%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3–9 wt%, MgO <2 wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0.2–0.5 wt%, MnO – traces and LOI – 1–2 wt%. Intense supergene weathering and fluctuation in the groundwater table caused changes in the pH-Eh conditions responsible for elements migration within Ni-bearing ferruginous saprolite. Mg and Ni have been almost completely removed from Ni-bearing olivines and serpentine minerals of serpentinites, but the amount of Si strongly increased and it recrystallized in birbirite as amorphous silica accompanied by recrystallized Fe in the form of hydroxides.