

**RUDA ŻELAZA Z DAWNYCH KOPALŃ  
POD BOBROWCEM  
(TATRY ZACHODNIE)**

**Iron ore from historical mines of Bobrowiec  
(Western Tatra Mountains)**

**Andrzej PAULO<sup>1</sup> & Paweł PANAJEW<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Katedra Geologii Gospodarczej i Ochrony Złóż;*

*al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: paulo@geol.agh.edu.pl*

<sup>2</sup>*KGHM Polska Miedź S.A., ZG „Polkowice-Sieroszowice”;*

*Kaźmierzów, 59-101 Polkowice;*

*e-mail: ppanajew@interia.pl*

**Treść:** Po raz pierwszy opisano enigmatyczną rudę żelaza, która była wydobywana na południowo-zachodnich zboczach Bobrowca w Tatrach Zachodnich w pierwszej połowie XIX wieku. Jej składnikami są hematyt, goethyt i lepidokrokit, występujące w formie spoiwa drobnoziarnistych piaskowców i mułowców dolnego triasu oraz drobnych żył przecinających te skały. Ruda żelaza ma cechy utworu wtórnego. Tworzy ona czapę wietrzenia i żyłki powstałe wskutek tektonicznej remobilizacji w strefie nasunięcia jednostki kriżniańskiej na autochton wierchowy. Pierwotna ruda występowała prawdopodobnie w formie soczewki siarczków żelaza w osadzie mułowcowo-ilastym źle przewietrzanego basenu. Zawartość żelaza w rudzie utlenionej wynosi około 30%. Praca rzuca nowe światło na genezę rud żelaza i warunki facjalne w serii osadowej dolnego triasu Tatr.

**Słowa kluczowe:** geneza rud żelaza, autochtoniczny trias (werfen), Tatry Zachodnie, Bobrowiec, płaszczowina kriżniańska, historia górnictwa w Tatrach

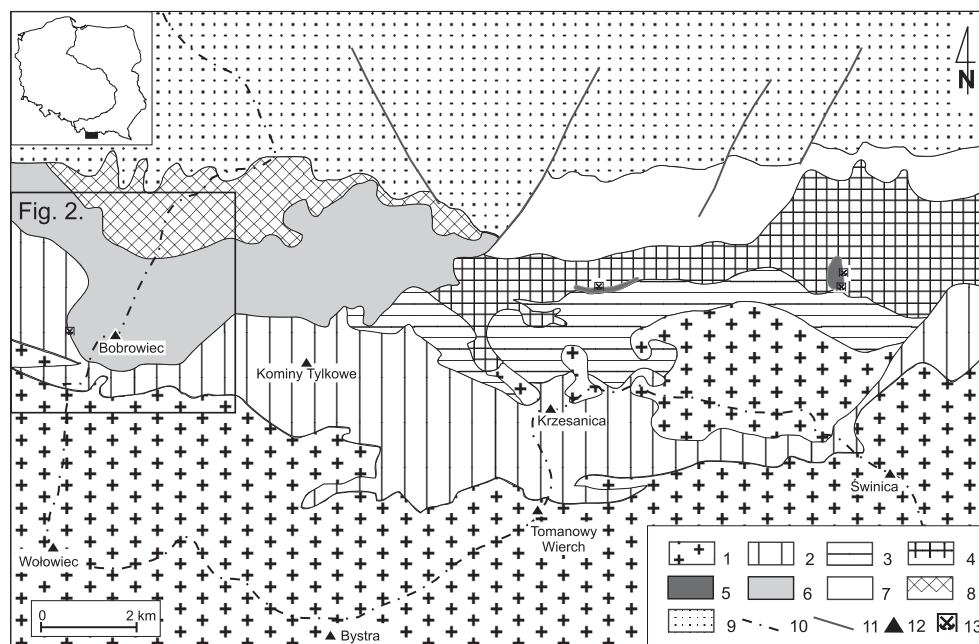
**Abstract:** An enigmatic iron ore which was exploited on the southwest slopes of Bobrowiec in the Western Tatra Mountains at the early XIX century, was described for the first time. It consists mainly of hematite, goethite, and lepidocrokit cementing fine grained Lower Triassic sandstones and mudstones or forming secondary veinlets. The iron hydroxides and oxide appear as secondary minerals. They form gossan and tectonically remobilization veinlets, resulting from thrusting Križna unit against High Tatric autochthon. Primarily iron was probably deposited in the form of thin sulphide lens along with silty-clay sediments in an isolated euxinic basin. The ore contains roughly 30% Fe. New light on the genesis of iron ores and facies within sedimentary series of Lower Triassic in the Tatra is thrown.

**Key words:** genesis of iron ore, autochthonous Triassic (Werfenian) beds, the Western Tatra Mts, Bobrowiec, Križna nappe, history of mining in the Tatra Mts

## WSTĘP

Wzmianki o dawnej eksploatacji rud żelaza pod Bobrowcem są powszechne w literaturze na temat historii górnictwa w Tatrach (Liberak 1927, Jost 1962, Zwoliński 1966, Jost & Paulo 1985). Budowa geologiczna obszaru, w którym znajdowała się kopalnia, była przedmiotem licznych publikacji (Rabowski 1921, 1959, Jaroszewski 1958, Wójcik 1959, Kotański 1959, 1961, 1979, Guzik & Kotański 1963, Bac 1971, Bac-Moszaszwili 1993). Bac (1971) wyraziła pogląd o składzie i genezie tych rud, nie podając jednak ich opisu. Wobec braku odsłoneń skał rudonośnych zagadnienia geologiczno-złożowe i mineralogiczne pozostawały dotąd zagadką.

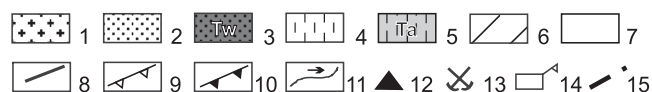
Podstawą tej publikacji są badania terenowe i laboratoryjne. Odnaleziono dwie hałdy zawierające rudę. Jedna z nich, znana wcześniej, jest resztką dawnego składu rudy na Bobrowieckiej Przełęczy, zapewne przebranego i pozbawionego w ten sposób bogatszych fragmentów.



**Fig. 1.** Schematyczna mapa tektoniczna Tatr (wg Bac-Moszaszwili *et al.* 1979): 1 – krystalinik, 2 – pokrywa osadowa trzonu krystalicznego: trias-kreda, 3 – płaszczowiny wierchowe, 4–7 – płaszczowina regłowa dolna: 4 – jednostka Suchego Wierchu, 5 – kampil jednostki Suchego Wierchu, 6 – jednostka Bobrowca, 7 – pozostałe jednostki, 8 – płaszczowiny regłowe środkowa i górna, 9 – paleogen, 10 – granica państwa, 11 – uskoki, 12 – szczyt, 13 – dawna kopalnia

**Fig. 1.** Tectonic sketch-map of the Tatra Mts (after Bac-Moszaszwili *et al.* 1979): 1 – crystalline rocks, 2 – sedimentary cover of the crystalline core: Triassic-Cretaceous, 3 – High-Tatric nappes, 4–7 – Lower Sub-Tatric nappe, subunits: 4 – Suchy Wierch, 5 – Campilian of the Suchy Wierch subunit, 6 – Bobrowiec, 7 – other subunits, 8 – Middle and Upper Sub-Tatric nappes, 9 – Palaeogene, 10 – fault, 11 – state border of Poland and Slovakia, 12 – peak, 13 – old mine

Druga, dotąd nieznaną, leży u podstawy platformy prowadzącej prawdopodobnie do zasypanego chodnika kopalni rudy żelaza pod Bobrowcem (Fig. 1 i 2). Hałda ta znajduje się w lesie, na wysokości około 1320 m n.p.m., poniżej drogi hawiarskiej.



**Fig. 2.** Uproszczona mapa tektoniczna rejonu Bobrowca (wg Nemčok *et al.* 1994): 1–3 – tatrikum: 1 – krystalinik (proterozoik?-paleozoik), 2 – pokrywa osadowa (mezozoik nierozdzielony), 3 – łupki (werfen i kampil), 4–5 – fatrikum (płaszczowina kriżniańska): 4 – mezozoik nie rozdzielony, 5 – środkowy trias (warstwy Gutenstein), 6 – hronikum (płaszczowina choczańska), 7 – plejstocen i holocen, 8 – uskoki, 9 – granica nasunięcia płaszczowiny kriżniańskiej, 10 – granica nasunięcia płaszczowiny choczańskiej, 11 – potoki, 12 – wierzchołki, 13 – stara kopalnia, 14 – schronisko turystyczne, 15 – granica państwa

**Fig. 2.** Tectonic sketch-map of the Bobrowiec area (after Nemcok *et al.* 1994): 1–3 Tatrikum: 1 – crystalline rocks (Proterozoic?-Paleozoic), 2 – sedimentary cover (Mesozoic undivided), 3 – shales (Werfenian and Campilian), 4–5 – Fatrikum (Križna nappe): 4 – Mesozoic undivided, 5 – Middle Triassic (Gutenstein beds), 6 – Hronikum (Choč nappe), 7 – Pleistocene and Holocene, 8 – faults, 9 – Križna overthrust, 10 – Choč overthrust, 11 – creeks, 12 – peaks, 13 – old mine, 14 – mountain hotel, 15 – state border of Poland and Slovakia

Badania laboratoryjne próbek z drugiej hałdy objęły obserwacje mikroskopowe w świetle przechodzącym i odbitym oraz rentgenowską analizę dyfrakcyjną przy zastosowaniu promieniowania  $\text{CuK}\alpha$ .

## ZARYS HISTORII GÓRNICTWA POD BOBROWCEM

Pierwsze wzmianki o górnictwie w rejonie Bobrowca pochodzą z końca XVIII wieku. Zapiski z lat 1786–1790 zawierają opisy szurfu, w którym stwierdzono obecność grubego na stopę<sup>1)</sup> pokładu żółtego żelazistego łupku (Zwoliński 1966). W tym okresie ruda żelaza nie była eksploatowana. W roku 1802 prawa do eksploatacji rudy pod Bobrowcem nabył zarządca składu soli w Wieliczce, Jan Reichersdorfer. Pole górnicze pod nazwą „Jan w Puszczy” (Zwoliński 1966) lub „Jan w Pustyni” (Liberak 1927) miało powierzchnię 12 544 sążni<sup>2)</sup> kwadratowych, tj. 4.6 ha i administracyjnie znajdowało się w Komitacie Orawskim. Dwa lata później to samo pole przeszło na własność spółki Blutowski i Lange, a następnie w 1807 r. w ręce Jana Homolacza. Ten ostatni wybudował drogę hawiarską, biegnącą z Polany Chochołowskiej przez Przełęcz Bobrowiecką i Jambury do kopalni pod Bobrowcem (Fig. 2). W XX wieku poprowadzono tędy czerwony szlak turystyczny, obecnie zlikwidowany. Na przełęczy znajdował się magazyn rudy (Fig. 3A), która następnie była transportowana do Kuźnic.

Zwoliński (1966) podaje, że w roku 1819 chodnik główny kopalni miał 63 sążnie (121 m) długości, z czego na odcinku 35 sążni (67 m) prowadzono eksploatację rudy, która po wytopie dostarczyła 12 615 cetnarów<sup>3)</sup> (czyli 706.5 t) surówki. Po śmierci Jana Homolacza eksploatacja pod Bobrowcem została wstrzymana, co zachęciło górników orawskich do eksploatacji rud w tym rejonie. W 1819 roku sąd górniczy w Małuzynie nadał zarządowi Państwa Orawskiego pole pod Bobrowcem o nazwie „Paweł Eremita”. W odpowiedzi na to Edward Homolacz (bratanek Jana Homolacza) wystąpił do sądu galicyjskiego o nadanie kolejnego pola górniczego w sąsiedztwie „Jana w Puszczy”, co pozwoliło mu na zachowanie największej, a zarazem najbogatszej części złoża. Pole to nazwał „Emanuel”. Po zawiłych sporach i interwencji sądów górniczych dopiero 18.08.1819 roku doszło do rozgraniczenia omawianych pól (Zwoliński 1966). W roku 1830 na zwałowiskach przy kopalni było zgromadzonych 5279 miar<sup>4)</sup> rudy (296 ton), na Przełęczy Bobrowieckiej 4405 miar (247 ton) i przy piecu w Kuźnicach 2359 miar (132 tony). W latach 30. XIX w. w kopalni bobrowieckiej pracowało tylko trzech górników. W latach następnych eksploatacja złoża była prowadzona okresowo w zależności od ilości rudy zgromadzonej w składzie na Przełęczy Bobrowieckiej i zapotrzebowania huty w Kuźnicach (Zwoliński 1966). Koniec wydobywania pod Bobrowcem przypada na lata 40. lub 50. XIX w. Wykaz kopalń z 1855 r. nie zawiera już żadnej z wymienionych nazw. Prawa własności Zakładów Żelaza w Zakopanem do pól górniczych „Jan w Puszczy” i „Emanuel” zostały wykreślone z ksiąg dnia 18.05.1872 roku.

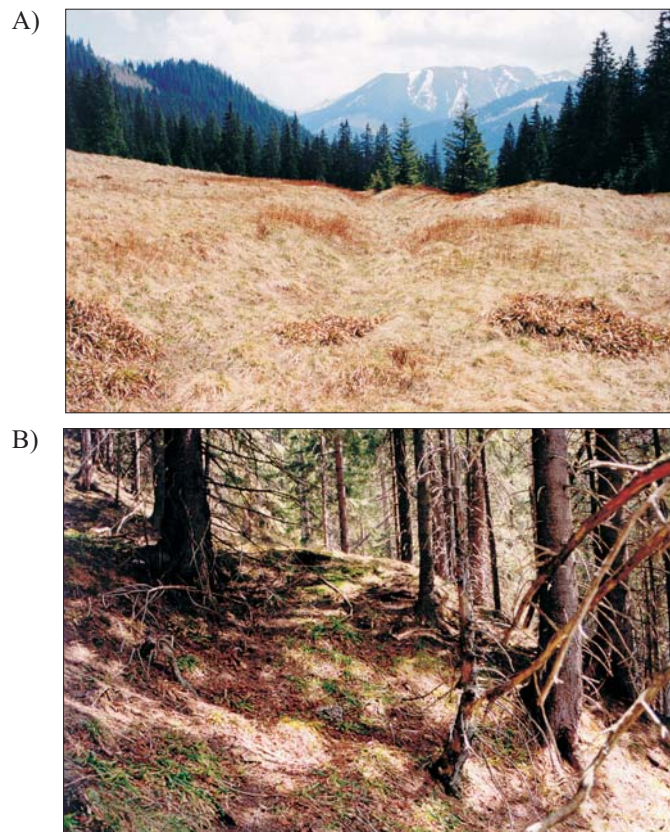
Do czasów obecnych nie zachowała się żadna sztolnia należąca do kopalń pod Bobrowcem. W rejonie kopalń i na Przełęczy Bobrowieckiej można obserwować jedynie pozostałości hałd i drogi hawiarskiej (Fig. 3).

<sup>1)</sup> w owym czasie stosowano stopę paryską – 1 stopa = 0.288 m (Gawęł 1966)

<sup>2)</sup> 1 sążeń = 1.918 m (Zwoliński 1966)

<sup>3)</sup> 1 cetnar wiedeński = 56 kg (Zwoliński 1966)

<sup>4)</sup> miara – zawierała w przybliżeniu jeden cetnar rudy (Zwoliński 1966)



**Fig. 3.** Ślady dawnego górnictwa pod Bobrowcem: A) Zarastająca drogi hawiarska na Przełęczy Bobrowieckiej (w środkowej części zdjęcia); na prawo od drogi resztki zwału rudy. B) Hałda poeksploatacyjna na południowo-zachodnim stoku Bobrowca

**Fig. 3.** Remnants of old mining in the Bobrowiec area: A) Fading mine way at Bobrowiecka Pass (centre of the photo); at the right remnants of an ore pile. B) Post exploitation ore and waste pile on the southwestern slope of Bobrowiec

## GEOLOGIA REJONU BOBROWCA

Najwyższa część Doliny Bobrowieckiej (Fig. 2), jest przecięta strefą nasunięcia jednostki kriżniańskiej na autochtoniczne osady wierchowe (Lefeld & Staniszevska 1997). W efekcie zachodnie zbocza Bobrowca na Jamburach mają charakterystyczną dwudzielną budowę. Górne ich partie buduje płaszczowina kriżniańska, która ścina serie wierchowe. Osady jednostki kriżniańskiej pomiędzy dolinami Bobrowiecką a Chochołowską są reprezentowane przez serię środkowego triasu, złożoną z „cukrowatych” i ciemnoszarych płytowych dolomitów z wkładkami wapieni i dolomitów krynoidowych lądynu. Nie jest wykluczone występowanie w ich obrębie łusek wapieni robaczkowych anizyku i pstrych łupków kampilu (Bac 1971). Te utwory kontaktują tektonicznie na Jamburach pod Bo-

browcem z osadowymi utworami autochtonu wierchowego. Autochton wierchowy w tej strefie jest słabo odsłonięty, lecz prawdopodobnie nie różni się od opisanego przez Wójcika (1955) na południowych zboczach Bobrowca. Reprezentują go utwory werfenu w postaci piaskowców kwarcytocznych (miejscami szarogłazów niższego rzędu o spoiwie ilasto-żelazistym), mułowców i czerwonych łupków ilastych. W dwóch ostatnich wypracowana jest Przełęcz Bobrowiecka. Nad nimi, w strefie porwaków tektonicznych pod nasunięciem jednostki krizniańskiej, Wójcik stwierdził osady kampilu – żółte łupki margliste przeławiczone szarymi dolomitami. Bac (1971) stwierdziła w okolicy Przełęczy Bobrowieckiej również dolomity komórkowe i czarne łupki, zauważając jednocześnie ich podobieństwo do utworów dolnego kampilu w profilu Doliny Jaworzynki Z. Kotańskiego (1963). Seria kampilu powstała w warunkach zwiększonego zasolenia zbiornika (Kotański 1979). Zdaniem Roniewicza (1977) mułowcowo-węglanowe osady kampilu mają cechy sebhya (Roniewicz 1997).

Bac (1971), w pracy poświęconej tektonice, umieściła kopalnie w strefie omawianego nasunięcia i w pobliżu małego uskoku, dodając, że „złoże miało prawdopodobnie charakter hydrotermalny” (*op. cit.* 281). Sugestia ta nie została w jej pracy rozwinięta ani poparta obserwacjami. Autorka podkreśliła monoklinalne ułożenie autochtonu wierchowego, który jest przecięty tylko drobnymi uskokami pionowymi i nieco większą dyslokacją koło Przełęczy Bobrowieckiej. Strefy uskoku są jej zdaniem silnie słupkowane, a „w wielu miejscach powierzchnia pokryta jest żółtą powłoką tlenków żelaza” (*op. cit.* 302). Z cytowanej pracy wynika, że większość tych uskoku występuje tylko w pobliżu kontaktu z jednostką reglową, a nie przedłużają się one dalej w podłożu wierchowym (Bac 1971). Miały one powstać w czasie nasuwania się jednostek wierchowych lub później.

## CHARAKTERYSTYKA RUD

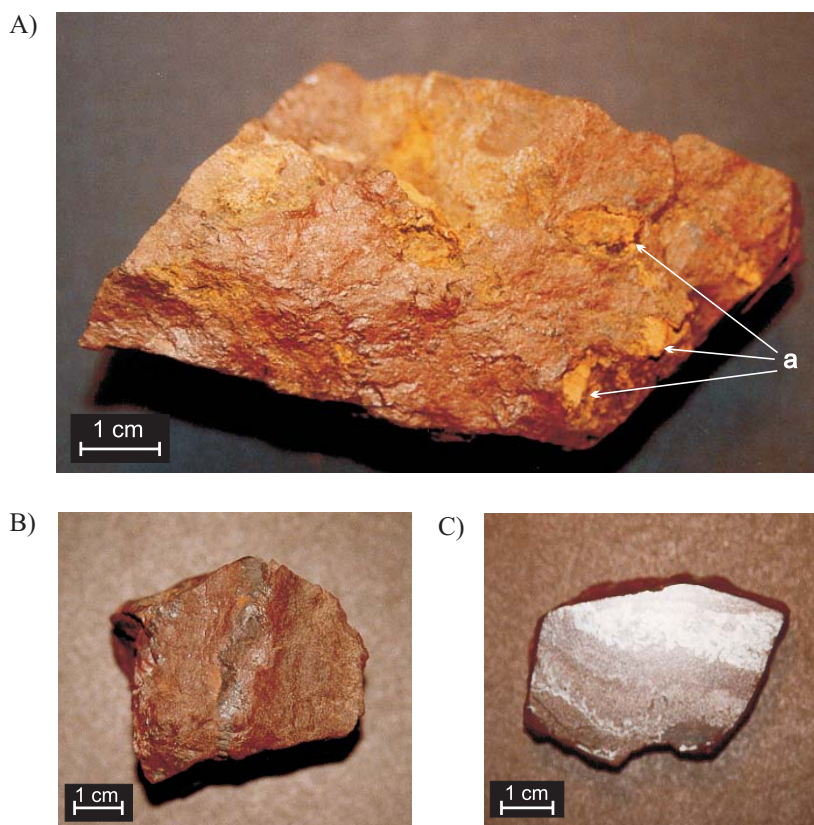
Zwołiński (1965) na podstawie materiałów archiwalnych określa rudę raz jako „wkładkę łupkowatego piaskowca” o grubości 1 stopy, ciągnącą się ku północy, a w innym miejscu jako „pokład żółtego żelazistego łupku”. Współcześni geolodzy zwracali uwagę na czerwone żyłki przecinające dolomity triasu w pobliżu drogi hawiarskiej na Jamburach i zniekształcili opinię M. Bac, mówiąc o hydrotermalnych żyłach hematytu pod Bobrowcem.

Pomimo starannych poszukiwań autorzy nie odnaleźli żył hematytowych w terenie. Brak tu wychodni skalnych, natomiast na powierzchni terenu obficie występuje rumosz skał węglanowych pochodzących z położonej wyżej jednostki krizniańskiej. Zwracają uwagę okruchy brekcji wapiennych i dolomitowych z czerwonymi żyłkami węglanów, zawierającymi rozproszony hematyt. Z pewnością nie jest to ruda żelaza.

W odległości około 600 m na NW od Przełęczy Bobrowieckiej na zachodnim zboczu Jamburów autorzy odnaleźli zarośniętą hałdę z okruchami rudy żelaza. Miejsce to leży mniej więcej tam, gdzie na mapie Bac (1971) krótki uskoku przesuw granicę nasunięcia jednostki krizniańskiej.

Analiza litologii okruchów skalnych na hałdzie wskazuje, że ruda żelaza występuje w dolnotriasowych piaskowcach i zbrekcjowanych mułowcach. Obydwa rodzaje rudy mają ciemnobrązową, miejscami czerwona barwę, a niektóre okruchy brekcji wykazują wyraźne płaszczyzny oddzielności (Fig. 4B). W piaskowcach występują skorupowate, kolo-

morficzne naskorupienia hematytu o grubości do 1 cm oraz małe (około 1 cm) izometryczne skupienia żółto-pomarańczowej ochry (Fig. 4A), która występuje w bardziej porowatych częściach rudy. Rudy masywne złożone są z masy kwarcowo-serycytowej przesyconej wodorotlenkami żelaza. Na powierzchniach oddzielności rudy widać wyraźnie ziarna kwarcu i blaszki muskowitu. Obserwacje mezoskopowe i przytoczone poniżej opisy mikroskopowe, wskazują, że ruda ma charakter wietrzeniowo-infiltracyjny, a nie pierwotny.

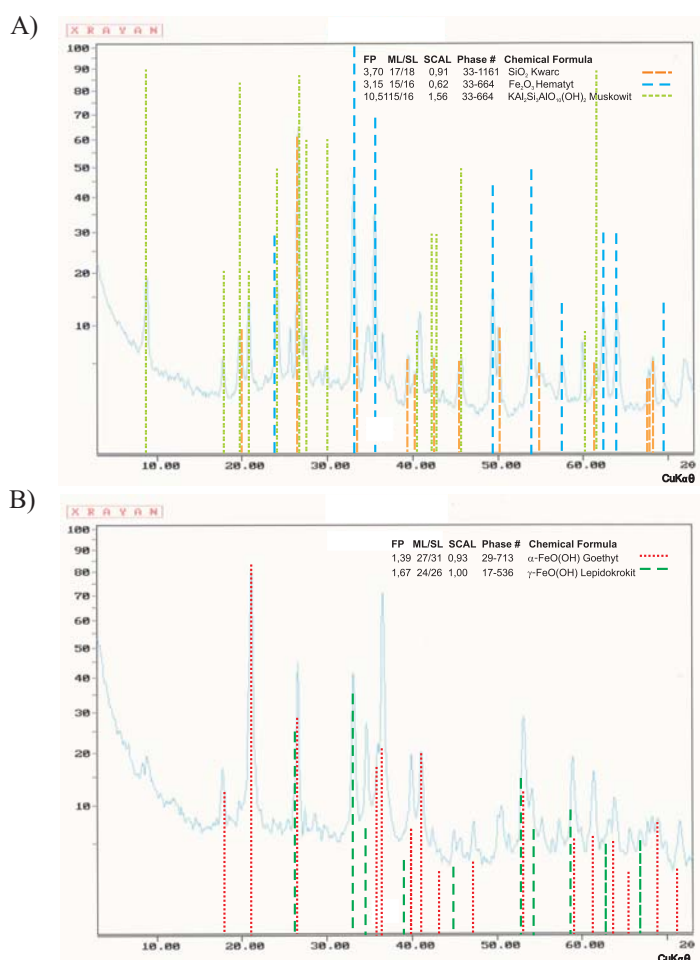


**Fig. 4.** Próbkki rudy żelaza z kopalni pod Bobrowcem: A) Ruda hematytowo-limonitowa. Czerwone składniki – hematyt i lepidokrokit maskują obecność goethytu, kwarcu i innych minerałów. Żółto zabarwione fragmenty (a) składają się głównie z porowatych wodorotlenków żelaza, dominuje goethyt. B) Piaskowiec drobnoziarnisty nasycony hematytem. C) Ruda żelaza w preparacie polerowanym. U góry pasmo hematytu (biały), niżej drobnoziarnisty piaskowiec-mułowiec spojony wodorotlenkami żelaza. W dolnej części sieć żyłek infiltracyjnych hematytu i lepidokrokitu

**Fig. 4.** Samples of iron ore from Bobrowiec mine: A) Hematite-limonite ore. Red components – hematite and lepidocrocite are masking presence of goethite, quartz and minor minerals. Yellow coloured parts (a) consist mainly of porous iron hydroxide (goethite). B) Fine grained sandstone saturated with hematite. C) Polished specimen of iron ore. In the upper part hematite strip (white), below fine-grained sandstone-mudstone cemented with iron hydroxides. In lower part hematite and lepidocrocite infiltration veinlets are noted

## WYNIKI OBSERWACJI MIKROSKOPOWYCH

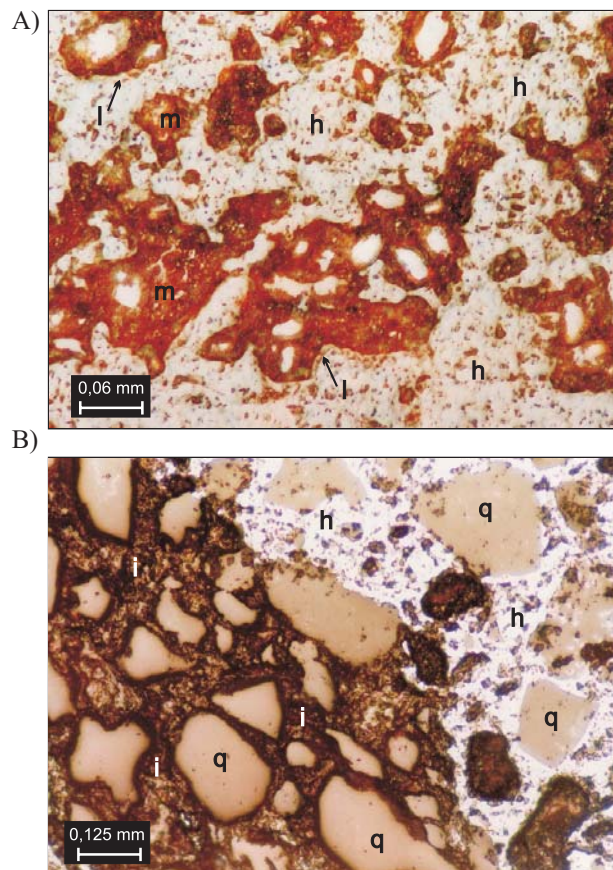
Obserwacje mikroskopowe rudy poparte analizą fazową (Fig. 5) wskazały, że podstawowymi jej składnikami są: hematyt, goethyt, kwarc i serycyt (muskowit). Na pograniczu hematytu i goethytu w ochrowych gniazdach występuje lepidokrokit (Fig. 6–8), a w skupieniach goethytu obserwuje się sporadycznie relikty pirytu (Fig. 9). Sumaryczna zawartość minerałów żelaza w badanych próbkach nazywanych umownie rudą, wynosi 20–50% objętościowych, co można przeliczyć na 20–40% wagowych Fe.



**Fig. 5.** Obrazy dyfrakcyjne rudy żelaza w mułowcu: A) Refleksy hematytu, kwarcu i muskowitu (serycytu). B) Dominujące refleksy goethytu i lepidokrokitu (oznaczone) i pojedyncze piki kwarcu, muskowitu i hematytu

**Fig. 5.** Diffraction pictures of iron ore in mudstone: A) Peaks of hematite, quartz and muscovite (sericite). B) Dominant peaks of goethite and lepidocrokit (marked) as well as minor one of quartz, muscovite and hematite

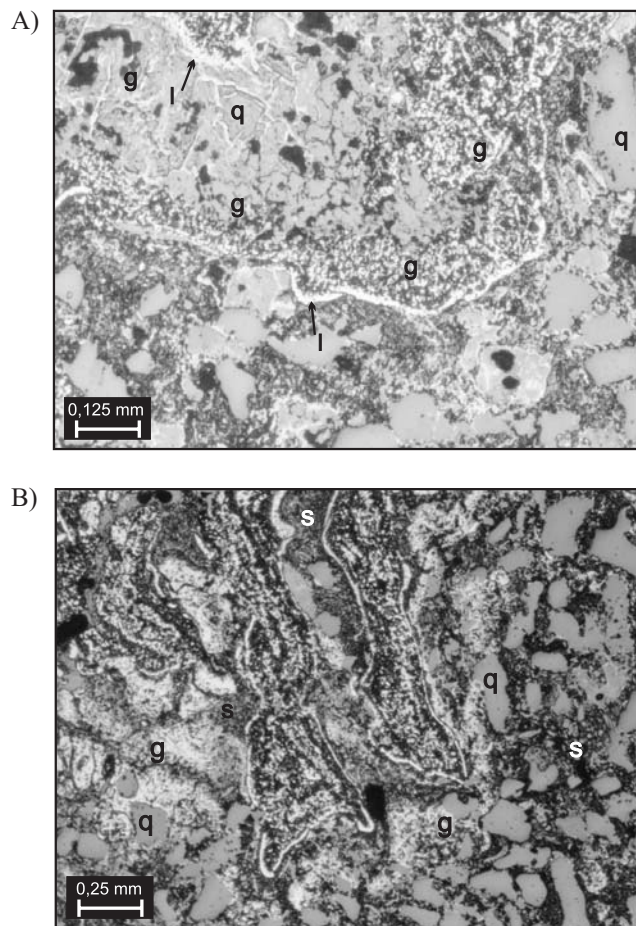




**Fig. 6.** Obrazy mikroskopowe rudy hematytowej w świetle odbitym: A) Masa hematytowo-lepidokrokitowa (biała) spaja mułowiec (czerwony). Na kontakcie mułowca (m) i hematytu (h) widać cienie obwódki lepidokrokitu (l). B) Piaskowiec o spoiwie hematytowym (h) i ilastym (i); detrytyczny kwarc (q)

**Fig. 6.** Microscope images of hematite ore in reflected light: A) Hematite-lepidocrocite integrowths (white) cementing a mudstone (red). At the contact of mudstone (m) and hematite (h) thin rims of lepidocrocite (l) are noted. B) Sandstone cemented with hematite (h) and clay (i); detrital quartz (q)

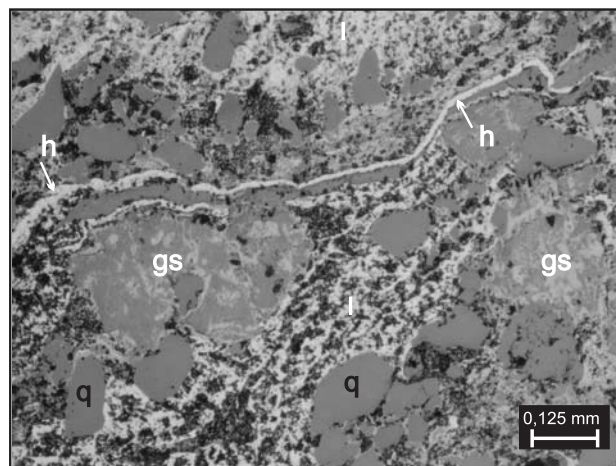
Piaskowiec w rudzie brekcjowej jest drobnoziarnisty, 0.1–0.2 mm, i dość dobrze wysortowany. Składa się z ziarn kwarcu, rzadko spotykanego skalenia i okruchów kwarcytu, które są ostrokrawędziste do słabo obtoczonych (Fig. 6B, 7) i spojone masą goehtytowo-serycytową, żelazistą masą ilastą lub hematytom. Natomiast w bogatych w hematyt wkładkach rudy kwarc wykazuje hipautomorficzne formy (Fig. 6B). Może to wskazywać na rekrytalizację kwarcu pod wpływem alkalicznych roztworów formacyjnych lub hydrotermalnych o niejasnej genezie. Kontakt pomiędzy hematytom a skałą nasyconą wodorotlenkami żelaza jest ostry, lecz obfituje w zatoki (Fig. 4C), co wskazuje raczej na wnikanie w pory skalne niż na wypełnienie gładkiej szczeliny.



**Fig. 7.** Obrazy mikroskopowe rudy limonitowej w świetle odbitym: A) Drobnziarnisty piaskowiec-mułowiec spojony wodorotlenkami żelaza. Kolomorfczne skupienie goethytu (g) jest obrzeżone lepidokrokitem (l). Zwraca uwagę brak obtoczenia ziarn kwarcu (q). B) Drobnziarnisty piaskowiec z kolomorfcznymi skupieniami goethytu (g) otoczonymi lepidokrokitem. Kwarc (q) spojony jest agregatami serycytu (s) i goethytu (g)

**Fig. 7.** Microscope images of limonite ore in reflected light: A) Fine grained sandstone-mudstone cemented with iron hydroxides. Colloform texture of goethite (g) is rimmed with lepidocrocite (l). Note angular grains of quartz (q). B) Fine grained sandstone with colloform goethite (g) rimmed with lepidocrocite. Quartz (q) is cemented with aggregates of sericite (s) and goethite (g)

Żelazisty cement piaskowca w okruchach rudy ma charakter podstawowy, a szkielet ziarnowy jest lokalnie znacznie rozproszony. Strefy, w których dominuje hematyt mają szerokość 1–10 mm, a te z przewagą wodorotlenków są nieco cieńsze. Można przy tym sądzić, że w złożu wkładki silnie żelaziste bywały szersze, gdyż najbogatsza ruda została zapewne wywieziona do huty.



**Fig. 8.** Droбноziarnisty piaskowiec spojony masą goetytowo-serycytową (gs) i goetytowo-lepidokrokitową (l). Część skupień wodorotlenków żelaza ma zarysy kolomorficzne i obrzeżenie hematytowe (h). Światło odbite

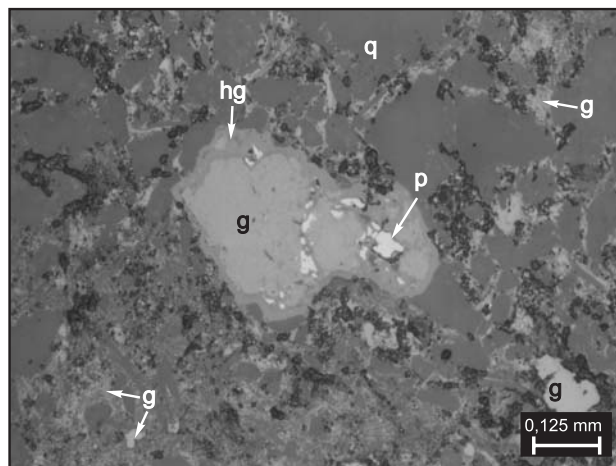
**Fig. 8.** Fine grained sandstone cemented with goethite-sericite (gs) and goethite-lepidocrocite (l) aggregates. Some iron hydroxide concentrations have colloform shapes and hematite rims (h). Reflected light

Mułowiec przypomina miazgę skalną. Ziarna kwarcu są ostrokrawędziste, miejscami szablaste, a ich spoiwo zmienia się od wypełniającego typu *matrix* z obfitym serycytem do podstawowego z masą ilasto-żelazistą. Brekcja składa się z okruchów mułowca, a miejscami z mieszaniny okruchów mułowca i piaskowca, spojonych minerałami żelaza. Smużyłość w poszczególnych okruchach w brekcji ma różną orientację.

Minerały żelaza w brekcji mułowca i droбноziarnistego piaskowca są rozmieszczone nierównomiernie, tworząc spoiwo niektórych fragmentów (Fig. 6–8). Tekstury i skład tych minerałów są niejednolite. Zwracają uwagę formy kolomorficzne, nieregularne i wydłużone, podobne do sopli (zapewne infiltracyjne), nie związane ze szczelinami ani laminacją (Fig. 7B). Mają one budowę strefową: wewnątrz występują z reguły wodorotlenki silniej uwodnione i o słabiej uporządkowanej strukturze (goetyt, rzadziej lepidokrokit), a na zewnątrz cienka otoczka hematytu lub lepidokrokitu (Fig. 7A, 8). Pewna część goetytu tworzy mikrogąbczaste struktury typu *boxwork*, a inna tworzy sieć żyłek w masie serycytowej. W większych okruchach mułowca spotyka się smugi czarnej, nieoznaczonej substancji, np. węglistej lub pirytowej. Towarzyszy jej lepidokrokit. Spoiwo brekcji przecinają mikroskopijnej grubości (0.01 mm) żyłki hematytu.

W innych miejscach spoiwo to zawiera kilkumilimetrowej wielkości łuseczkowate agregaty mikroziarnistego hematytu. Zawartość minerałów żelaza w brekcji można ocenić na 15–20% objętościowych.

Najbardziej interesujące z punktu widzenia genetycznego wydają się izometryczne formy goetytu, wewnątrz których zachowały się relikty pirytu (Fig. 9), ponieważ rzucają światło na skład pierwotnych minerałów żelaza.



**Fig. 9.** Piaskowiec z ubogim spoiwem ilastym i goethytowym (g) oraz izometrycznymi skupieniami goethytu. W centrum fotografii widoczne są reliktowe ziarna pirytu (p) otoczone goethytem i hydrogoethytem (hg). Światło odbite

**Fig. 9.** Sandstone with poor clay and goethite (g) cement, containing isometric goethite concentrations. In the centre of photo relic grains of pyrite (p) are visible surrounded by goethite and hydrogoethite (hg). Reflected light

Ogólna sukcesja minerałów żelaza, odtworzona na podstawie wzajemnych zrostów, jest następująca: siarczki żelaza – goethyt i lepidokrokit – hematyt. Przewaga tlenowych związków żelaza wskazuje na silne zaawansowanie procesu wietrzenia.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Poniższa analiza zmierza do wyjaśnienia następujących zagadnień:

- zawartości żelaza w rudzie,
- określenia formy złoża,
- porównania do innych wystąpień rud żelaza w Tatrach i zaszeregowania do określonego ich typu,
- genezy.

**Zawartość żelaza w rudzie.** Jak dotąd nie ma wiarygodnych informacji o zawartości żelaza w rudzie z kopalni „Bobrowiec”. Według Nyki (1978), zawartość żelaza w rudzie spod Bobrowca waha się w granicach 8–11%. Natomiast w licznych próbkach badanej kolekcji ruda jest bogatsza od 20% Fe, a sporadycznie zawiera ponad 30% Fe. Tak duża różnica świadczy o możliwości pomyłki. W niewielkiej odległości od Bobrowca, nad doliną Lejową znajdowała się kopalnia rudy żelaza o podobnie brzmiącej nazwie – „Borowiec” (Liberak 1927). Według Liberaka (1927) w latach 60. XIX wieku wykonano analizy chemiczne rud z kopalni „Borowiec”, stwierdzając w nich zawartość żelaza w przedziale 8–11%. Zatem prawdopodobnie mamy tu do czynienia z pomyłką wynikającą z podobień-

stwa nazw. Potwierdza to porównanie ilości wydobytej rudy do uzyskanej z niej surówki, z czego można wyliczyć przybliżoną zawartość żelaza w urobku z kopalni „Bobrowiec”. Z zapisków historycznych (Zwoliński 1966) wiemy, że w 1819 roku z 2390 ton rudy uzyskano 706.5 tony surówki żelaza. Z powyższych liczb wynika, że na uzyskanie jednej tony surówki potrzeba było około 3.382 tony rudy z Bobrowca. Biorąc pod uwagę pewne straty żelaza w żużlu dochodzimy do wniosku, że zawartość żelaza w rudzie (wysortowanej) musiała wynosić co najmniej 30%.

**Określenie formy złoża.** Forma złoża pozostaje niejasna. Z przywołanych przez Zwolińskiego (1966) zapisów historycznych wynika, że złoże zostało udostępnione sztolnią w odległości poziomej 54–121 m od zbocza Bobrowca, czyli leży ono na głębokości co najmniej kilkunastu metrów pod powierzchnią. W dawnej kopalni eksploatowano łupek z limonitem (goethytem), który tworzył albo pokład, albo oderwaną tektonicznie część pokładu (soczewkę) lub – co najbardziej prawdopodobne – czapę żelazną w pobliżu powierzchni. Wobec braku odsłoneń obecnie nie sposób określić jednoznacznie stosunku ciała rudnego do skał otaczających i trzeba posiłkować się wnioskowaniem na podstawie innych cech. Opisane wyżej cechy litologiczne rudy świadczą o nałożeniu ruchów tektonicznych na skały już zawierające rudę. Związek przestrzenny rud żelaza z połąką powierzchni nasunięcia skał środkowego triasu (i być może kampilu) jednostki krizniańskiej na skały klastyczne werfenu i kampilu autochtonicznego (Fig. 2) wydaje się nieprzypadkowy. W takiej strefie tektonicznej może istnieć zarówno przemieszczone złoże pierwotne (pokład?, soczewka?), jak i złoże wtórne wietrzeniowe (czapa żelazna) lub połoga żyła w obrębie skataklazowanych skał.

**Prawidłowości rozmieszczenia rud żelaza w Tatrach.** Zainteresowanie górnicze budziły złoża rud żelaza różnorodnego typu: żyły hematytowe w gruboławicowych dolomitach i wapieniach anizyku serii wierchowej, sferolitowo-gruzłowe limonity w warstwach tomanowskich retyku, a przede wszystkim limonitowe rudy wietrzeniowe na wychodniach skał żelazistych kampilu serii krizniańskiej i werfenu-kampilu jednostki wierchowej (Paulo, w druku). Największych ilości rud żelaza dostarczyły złoża w Dolinie Jaworzynki (pod Kopą Magury) i pod Bobrowcem, należące do typu czapy żelaznej. Mimo podobnej litologii skał otaczających rudy z tych dwóch miejsc różnią się nieco. Pod Kopą Magury przeważa groniasty i gruzłowo-kolomorficzny goethyt z lepidokrokitem (Paulo 1997), zaś w próbkach odnalezionych pod Bobrowcem przewagę ma hematyt, chociaż wymienione wyżej tleno-wodorotlenki są powszechnie obecne. W obydwu omawianych miejscach tekstury, asocjacja i sukcesja minerałów są podobne.

**Interpretacja genezy złoża.** Powstanie złoża rud żelaza pod Bobrowcem można wytłumaczyć na dwa sposoby. Paulo (1979) przypuszczał, że złoże pod Bobrowcem było soczewką limonitową powstałą na wychodniach żelazistych skał osadowych, nie precyzując jej genezy. W późniejszych pracach (Paulo 1997, w druku) podkreślał, że pierwotny osad żelazisty powstał w facji siarczkowej. Inni natomiast (Bac 1971, Lefeld & Staniszevska 1997) wiązali powstawanie złoża z działalnością roztworów hydrotermalnych, nie precyzując ich pochodzenia ani czasu aktywności. Istnieje pewne prawdopodobieństwo, że pod Bobrowcem mamy do czynienia z obydwoma procesami. Autorzy dopuszczają wprawdzie remobilizację żelaza ze skał otaczających przez tektonicznie podgrzane roztwory formacyjne, uważają jednak, że ich efekt byłby drugorzędny.

Zdaniem autorów w pierwszej kolejności wraz z osadem piaszczysto-mułowcowym w słabo przewietrzanej części laguny werfeńskiej (Kotański 1979) lub kampińskiej wytrąciły się siarczki żelaza (piryt i/lub markasyt). Pod wpływem znacznie późniejszego wietrzenia – w ukształtowanym już górotworze Tatr, a być może nawet w czasach współczesnych, przy obecnej powierzchni terenu – na miejscu skał pirytonośnych i w ich pobliżu powstało nagromadzenie limonitu (goethytu i lepidokrokitu). Podczas nasuwania jednostki krizniańskiej żelazo (w postaci pirytu lub związków tlenowych) mogło być remobilizowane do szczelin pod wpływem roztworów generowanych tektonicznie i wytrącane w postaci hematytu. Nie ma podstaw do wiązania omawianych rud żelaza z podłożem krystalicznym i pomagmową działalnością hydrotermalną.

Teoretycznie rudy żelaza mogły powstać na drodze osadowej. W złożach rud żelaza wyróżnia się facje wodorotlenkowe, krzemianowe i węglanowe, których charakterystyczną cechą są struktury ooidowe, peloidowe i konkrecyjne. Relikty ich zachowują się zwykle po przeobrażeniu osadu. W żadnym z wystąpień rud żelaza w kampilu lub werfenie Tatr nie stwierdzono jednak pseudomorfoz po syderycie, ooidach żelazistych (szamozycie) ani oznak obecności węglanów. Można zatem sądzić, że facja żelazista nie miała charakteru węglanowego, krzemianowego lub wodorotlenkowego, lecz mułowcowo-ilasto-siarczki, wyraźnie redukcyjny. Warunki redukcyjne w kampilu udowodnił Kotański (1959, 1963), Passendorfer (1951) sygnalizował w tym piętze obecność markasytu, a Bąk & Radwanek (1978) udokumentowali obecność pirytu.

Warunki redukcyjne środowiska sedymentacyjnego mogły być efektem lokalnej dostawy i rozkładu materii organicznej lub skutkiem wzrostu zasolenia i izolacji osadów dennych od natlenionej warstwy przypowierzchniowej zbiornika przez pyknoklinę. Łupki bitumiczne i czarne łupki z siarczkami metali często poprzedzają serie ewaporatów. W stagnujących wodach słonych bakterie redukują siarczany do siarkowodoru, a ten wytrąca metale w postaci siarczków (Hutchison 1983). Osady kampilu serii krizniańskiej i wierchowej mają wiele cech utworów przedsalinarnych, a ewaporaty znane są z równowiekowych osadów w Alpach i gemerydach (Kotański 1965, Kasiński 1981, Passendorfer 1983).

Decydujący wpływ na obecną postać rud żelaza miały procesy wietrzenia. W piaskowcach procesy te, podobnie jak remobilizacja, są bardziej zawansowane niż w mułowcach na skutek łatwiejszego krążenia roztworów.

Warto przy okazji zwrócić uwagę na powszechne w Tatrach zjawisko, które może prowadzić do mylnych wniosków. Żyłki kalcytu i dolomitu przecinające skały otaczające pokrywają się nieraz żółto-brązowym nalotem wodorotlenków, co skłania mniej doświadczonych geologów do nazywania ich syderytowymi lub ankerytowymi. Proces ten nie ma jednak znamion utlenienia minerału istniejącego w podłożu wodorotlenku, a raczej wytrącenia żelaza migrującego z roztworem po powierzchni skały, np. na skutek zmiany pH na kryształach węglanów ziem alkalicznych.

## WNIOSKI

1. Rudy żelaza pod Bobrowcem występują na kontakcie tektonicznym triasu jednostki krizniańskiej i górnego werfenu autochtonu wierchowego, gdzie obecne są relikty euksynicznych skał kampilu.

2. Podstawowymi minerałami żelaza w złożu są: goethyt  $\alpha$ -FeOOH, lepidokrokit  $\gamma$ -FeOOH i hematyt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Średnia zawartość żelaza w rudzie wynosiła około 30%.
3. Złoże pierwotne miało prawdopodobnie formę soczewki pirytowej w mułowcach. Powstała ona na skutek osadzenia detrytusu i związków żelaza w izolowanym basenie w warunkach redukcyjnych, przy obecności siarkowodoru.
4. Piryt uległ zwietrzeniu, a migrujące żelazo utworzyło wtórne formy mineralne. Forma obecnego złoża jest zapewne kombinacją czapy limonitowej i drobnych wtórnych żył hematytu, które powstały prawdopodobnie w okresie nasuwania jednostki krzyżniańskiej.
5. Minerały tlenowe powstały w omawianych warstwach po osadzeniu, na skutek wietrzenia pierwotnych siarczków żelaza, zatem czerwone i pstre barwy utworów górnego werfenu-kampilu w Tatrach nie powinny być interpretowane jako wskaźniki facji – środowiska natlenionego, na podstawie częstej obecności tlenków i wodorotlenków żelaza.

*Autorzy dziękują Dyrekcji Tatrzańskiego Parku Narodowego za zezwolenie na badania poza obszarem turystycznie dostępnym oraz prof. dr hab. inż. Marii Sass-Gustkiewicz (AGH) za cenne uwagi do artykułu oraz jego wczesnej wersji.*

## LITERATURA

- Bac M., 1971. Tektonika jednostki Bobrowca w Tatrach Zachodnich. *Acta Geol. Polon.*, 21, 279–315.
- Bac-Moszaszwili M., 1993. Struktura zachodniego zakończenia masywu tatrzańskiego. *Ann. Soc. Geol. Polon.*, 63, 167–193.
- Bac-Moszaszwili M., Burchart J. & Głazek J. *et al.*, 1979. *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:30 000*. Wyd. Geol. Warszawa.
- Bąk B. & Radwanek B., 1978. Charakterystyka mineralogiczna rud żelaza w triasowych utworach Tatr Polskich. *Geologia*, 4, 3, 69–75.
- Gawęł A., 1966. Minerarium po śladach robót górniczych w „Srebrnych Górach” w Tatrach Zachodnich. *Prace Muzeum Ziemi*, 8, 7–29
- Guzik K. & Kotański Z., 1963. Tektonika regli zakopiańskich. *Acta Geol. Polon.*, 13, 3/4.
- Hutchison Ch.S., 1983. *Economic deposits and their tectonic setting*. The Macmillan Press Ltd., London, 1–365.
- Jaroszewski W., 1958. Tektonika serii wierchowej na wschodnim zboczu Bobrowca. *Acta Geol. Polon.*, 8, 2, 305–315.
- Jost H., 1962. *O górnictwie i hutnictwie w Tatrach Polskich*. Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa, 1–183.
- Jost H. & Paulo A., 1985. Złóża, dawne górnictwo i przemysł. Mapa 1:50 000. *Atlas TPN, TPN & PTPNoZ*, Zakopane – Kraków.
- Kasiński J.R., 1981. Dolomity komórkowe triasu wierchowego Tatr Polskich. *Prz. Geol.*, 29, 10, 524–529.

- Kotański Z., 1959. Nowe badania nad tektoniką serii wierchowej. *Biul. Inst. Geol.*, 149, 159–175.
- Kotański Z., 1961. Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierchowego w Tatrach (seria bobrowiecka). *Acta Geol. Polon.*, 11, 2–3, 307–313.
- Kotański Z., 1963. Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich. *Acta Geol. Polon.*, 13, 3–4, 317–385.
- Kotański Z., 1965. Analogie litologiczne triasu tatrzańskiego z triasem wschodnioalpejskim. *Rocznik Pol. Tow. Geol.*, 35, 2, 143–162.
- Kotański Z., 1979. Trias tatrzański. *Prz. Geol.*, 27, 7, 369–377.
- Lefeld J. & Staniszevska A., 1997. Trasa B-4. *Przewodnik LXVIII Zjazdu PTG*, Zakopane. Warszawa, 181–186.
- Liberak M.A., 1927. Górnictwo i hutnictwo w Tatrach Polskich. *Wierchy*, 5, 13–30.
- Nemčok J. *et al.*, 1994. *Geologická mapa Tatier*. Geol. Ústav D. Štúra, Bratislava.
- Nyka J., 1978. *Tatry Polskie – przewodnik*. Wyd. 3. Wyd. Sport i Turystyka, Warszawa.
- Passendorfer E., 1951. Trias tatrzański. W: *Regionalna geologia Polski*, 1, 1, 29–48. Pol. Tow. Geol., Kraków.
- Passendorfer E., 1983. *Jak powstały Tatry*. Wyd. 7. Wyd. Geol., Warszawa, 1–286.
- Paulo A., 1979. Tatrzańskie złoża kopalin. *Prz. Geol.*, 27, 7, 396–399.
- Paulo A., 1997. Przyczynek do studiów mineralizacji w Tatrach. *Prz. Geol.*, 45, 9, 908–909.
- Paulo A., w druku. Utwory mineralne w skałach osadowych Tatr. W: *Geologia Tatr*, PWN.
- Rabowski F., 1921. O triasie wierchowym w Tatrach. *Spraw. PIG*, 1, 205–207.
- Rabowski F., 1959. Serie wierchowe Tatr Zachodnich. *Prace IG*, 27, 1–178.
- Wójcik Z., 1959. Serie wierchowe południowych zboczy Bobrowca. *Acta. Geol. Polon.*, 9, 2, 165–197.
- Zwoliński S., 1966. Kopalnia w Bobrowcu. *Wierchy*, 34, 148–158.

## Summary

In the early XIX century iron ore was exploited in a mine, now inaccessible, on south-western slope of Bobrowiec in the Western Tatra Mts. History of the mine was well popularized however, geological and mineralogical details of the ore appeared enigmatic. Some data were collected previously from the heap of ore situated at Bobrowiecka Pass (Fig. 3A), but an ore pile at the mine adit (Fig. 3B) was found only recently. It allowed us to understand better the geological environment (Figs 1, 2) of historical iron ore deposit and to explain its complex origin.

The deposit is bound to the surface of the thrust of Križna nappe over autochthonous cover of the Tatra crystalline core. The mine gallery, at least 121 metres long, entered at the distance of 54 m from the portal into thin (1 ft) deposit of iron ore, containing some 30% Fe, which was exploited intermittently since 1802 or 1807 until mid century. Mining lease had originally surface of 4.6 ha and then additional lease of unknown dimension was created.



Newly collected ore samples (Fig. 4) are not of hydrothermal hematite vein type (as it was suggested in earlier literature) but represent limonite-hematite ore of weathering origin. Microscope investigations, carried by present authors both in transmitted and reflected light, revealed many features of secondary enrichment within iron cap, as well as relic sedimentary structures of clastic sediments (Figs 6–8). Hematite veinlets and local breccias could be related to overthrusting of the Križna nappe. The iron ore exploited consisted of sandstone-mudstone cemented with goethite, lepidocrocite and hematite in differing proportions, and with clay in poorer ore. It evolved from pyritic sediment, now present only in relics (Fig. 9). X-ray data (Fig. 5) confirm mineral species identified under microscope.

Newly collected data on Bobrowiec ore deposit are geologically and mineralogically consistent with main iron ore occurrences in the Tatra Mts. Uppermost Werfenian-Campilian spotty sediments confirmed to be euxinic in nature and their iron oxides-hydroxides cannot be longer interpreted as evidence of oxidic environment during deposition. Probably for the first time primary pyrite was found within the Tatra iron ore.