

Skandynawskie polimetaliczne złoża rud miedzi

Adam Maksymowicz¹



Złoża rud miedzi odkryte na Półwyspie Skandynawskim przestały mieć kluczowe znaczenie dla europejskiej gospodarki od czasu odkrycia polskich złóż tego metalu w rejonie Lubina. Eksploatacja skandynawskich złóż jest ważnym źródłem zaopatrzenia przemysłu państw znajdujących się na tym półwyspie. W Szwecji i Norwegii dominują złoża metamorficzne, a w Finlandii rudy zawierające piryty miedzionośne.

W latach 70. XX w. największe zasoby rud miedzi, oceniane na ok. 3 mln t Cu, posiadała Finlandia. Zasoby Szwecji szacowano na ok. 1 mln Cu, a Norwegii na 600 tys. t Cu (Blaschke i in., 1977). Nowe spojrzenie geologów tych trzech krajów na sytuację rozproszonych złóż polimetalicznych stworzyło warunki do opracowania koncepcji odpowiednio większego zakresu ich eksploatacji. Jedną z nich wzbudziła ostatnio uwagę światowych mediów górniczych. Dotyczy ona rozpoznania obszaru Burfjord w Norwegii, gdzie niewielkie złoża polimetaliczne, rozlokowane blisko siebie, uznano za jedno większe złożo, które może być eksploatowane przez dużą kopalnię odkrywkową. Inicjatorem tej metody eksploatacji jest szwedzka firma górnicza *Boliden Mineral AB*, która ma doświadczenie i aktywa w europejskim górnictwie oraz hutnictwie metali nieżelaznych. Firma ta zleciła rozpoznanie geologiczne złoża Burfjord specjalistycznej, kanadyjskiej spółce *Boreal Metals Corp.* Umowa przewiduje, że za badania geologiczne firma ta otrzyma 6 mln USD, a odkryte złożo stanie się jej własnością. Zleceniodawca (*Boliden*) po pokryciu różnicy kosztów w badaniach może nabyć 51% akcji tego złoża. Tego rodzaju motywacje są zachętą do rzetelnego przeprowadzenia wszelkich badań geologicznych. Kanadyjska firma słynie z wielu innych odkryć, badań i poszukiwań geologicznych, które zakończyły się sukcesem (Boreal, 2020). Firma ta informuje, że na podstawie wyników wstępnych badań może zaliczyć to złożo do grupy IOGC (*Iron Oxide Gold Copper Deposits*). Tego rodzaju złoża mają najcenniejsze zasoby rud miedzi, złota i uranu na świecie. Charakteryzują się one zasobami rudy w przedziale od 10 do 4 mld t oraz zawartością od 0,2 do 5% miedzi oraz od 0,1 do powyżej 3 g złota na tonę (Mills, 2020). Jak wspomniano, kluczową rolę w nowej koncepcji eksploatacji złóż rud miedzi na ternie Skandynawii odgrywa firma *Boliden*. Przed podjęciem decyzji o zagospodarowaniu złoża Burfjord w Norwegii podobną operację przeprowadziła ona w Szwecji (Boreal, 2020).

SZWEDZKIE ZŁOŻE AITIK

W pobliżu miejscowości Gallivare w północnej Szwecji znajdują się złożo i kopalnia rud miedzi Aitik, należące do firmy *Boliden*. Złożo to odkryto na początku lat 30. XX w. Znajduje się ono w odległości ok. 200 km na północ od archaiczno-proterozoicznej tarczy fennoskandzkiej i składa się z przeobrażonych skał paleo- i mezoproterozoicz-

nych oraz z otaczających je intruzji granitowych, znajdujących się w prekambryjskiej, metamorficznej strefie ścinania. Złożo to zostało wielokrotnie zdeformowane, przeobrażone i zmienione hydrotermalnie. Charakteryzuje się ono zarówno mineralizacją porfirową, jak i tlenkową żelaza, miedzi oraz złota. Wyróżnia się dwie fazy jego powstania: wczesną fazę porfirowej mineralizacji miedzi i etap utleniania IOCG, w wyniku którego powstała wyjątkowo zasobna część złoża (Wanhainen i in., 2005). Otwarcie kopalni nastąpiło dopiero w 1968 r., kiedy nowe technologie umożliwiły ekonomicznie opłacalną eksploatację tych stosunkowo ubogich rud metali. Udokumentowane zasoby złoża o zawartości 0,10 g/t złota, 1,1 g/t srebra, 0,16% miedzi i 18 g/t molibdenu wg stanu na dzień 31 grudnia 2014 r. oszacowano na 222 mln t. Prawdopodobne dodatkowe rezerwy oszacowano na 370 mln t, o zawartości 0,12 g/t złota, 1,2 g/t srebra, 0,21% miedzi i 28 g/t molibdenu (Barradas, 2016). Na uwagę zasługuje precyzyjna technologia odzyskiwania metali z tego złoża, za sprawą której granica ekonomicznej opłacalności wydobywania rudy o zawartości 0,16–0,22% miedzi odpowiada w przybliżeniu zawartości miedzi w odpadach odprowadzanych na składowiska przez KGHM *Polska Miedź* (Downorowicz, Markowski, 2015).

ODKRYWKOWA KOPALNIA AITIK

Kopalnia *Aitik* jest jedną z największych odkrywkowych kopalń w Europie. Jej głębokość wynosi obecnie 450 m. Zatrudnia ona ok. 800 osób, w tym połowę załogi stanowią kobiety. Wydobyte rudy osiąga ok. 40 mln t/rok i trwa bez przerwy przez całą dobę. Pełna cyfryzacja kopalni pozwala na pracę koparek o pojemności łyżki 45 m³. Urobek jest ładowany na autonomiczne wywrotki o udźwigu 570 t. Same koła tych pojazdów mają 4 m średnicy. Kopalnia *Aitik* należy do jednych z najbezpieczniejszych na świecie. Przez długie lata ekonomiczny wskaźnik kosztów uzyskania jednego funta miedzi C-1 wynosił od 0,15 do 0,2 USD. Obecnie na skutek zwiększenia głębokości kopalni i wydłużenia trasy dostawy urobku, mimo automatyzacji procesu wydobywania, wskaźnik ten wzrósł do 0,35 USD. Jednak nadal kopalnia ta należy do światowej czołówki zakładów o najniższych kosztach uzyskiwania miedzi (New Boliden, 2018).

NORWESKIE ZŁOŻE BURFJORD

Geologiczna forma złoża Burfjord oraz skala jego zasobów zostały nakreślone dopiero w latach 90. XX w. Jednak już 300 lat wcześniej w ok. 30 niewielkich odkrywkach rzemieślniczymi metodami wydobywano na tym ternie rudy miedzi o zawartości do 5% Cu. Geolodzy firmy *Boliden*, którzy bliżej przyjrzeni się tym wystąpieniom oraz dokładniej skartowali teren, zauważyli, że wszystkie stare wyrobiska znajdują się na skrzydłach prekambryjskiej

¹ Gazeta Obywatelska, ul. Barlickiego 28, 50-324 Wrocław; adam.maksymowicz@op.pl

antykliny o wymiarach ok. 4×6 km. Jej jądro wypełniają gnejsy i łupki kwarcytowe. Na skrzydłach występują dolomity i hydrotermalnie przeobrażone skały węglanowe. Geolodzy ci stwierdzili, że pod względem geologicznym jest to jedno polimetaliczne złożo o zróżnicowanej zawartości rud miedzi i złota oraz innych metali. Jak wspomniano na wstępie, specjalistyczne rozpoznanie złoża zlecono kanadyjskiej spółce *Boreal Metal Corps*. Firma ta ma duże doświadczenie w poszukiwaniu złożo polimetalicznych na terenie Półwyspu Skandynawskiego i opracowała w tej dziedzinie odpowiednie technologie. Dotychczas ustalono, że mineralizacja tego złoża jest związana z procesami typu IOCG, a skały węglanowe na jej skrzydłach (dolomity i wapienie) uległy wielofazowej, hydrotermalnej mineralizacji typu Cu-Au, której w przeważającej części towarzyszą minerały węglanowe i tlenkowe (magnetyt i hematyt). Oprócz pirytu zasobnego w kobalt rudy te zawierają również chalkopiryt, bornit i chalkozyn. Pierwotnie pojedyncze żyłowe koncentracje mineralne były eksploatowane na małą skalę, gdy zawierały powyżej 3% metali. Pierwsze wiercenia wskazały, że strefy zmineralizowane na skrzydłach tej antykliny, które występują od powierzchni terenu do zbadanej głębokości ok. 100–200 m, zapadają pod kątem ok. 75° . Ocenia się, że miąższość tych stref wynosi od kilkudziesięciu do ok. 100 m (Boreal, 2020). Wyniki pierwszych wierceń w tym złożu były następujące. W przelocie 32 m uzyskano średnio 0,56% Cu i 0,26 g/t Au, w tym na odcinku 3,46 m – 4,31% Cu i 2,22 g/t Au (Boreal, 2020). Wyniki wierceń potwierdzają możliwość odkrycia jednego z największych złożo polimetalicznych rud miedzi i złota na naszym kontynencie. Obecnie nadal są prowadzone prace geofizyczne, wiertnicze i kartograficzne, mające na celu szczegółowe rozpoznanie i udokumentowanie zasobów tego złoża.

FINLANDIA – ODKRYCIE OUTOKUMPU

Pierwsze polimetaliczne złożo rud miedzi o nazwie Outokumpu (w języku fińskim dziwne wzgórze) przypadkowo odkryto na początku XX w., podczas kopania kanału we Wschodniej Karelii. Na głębokości 3 m p.p.t. znaleziono bryłę polimetalicznej rudy o objętości ok. 5 m^3 . Początkowo uważano, że jest to meteoryt, gdyż w pobliżu nie było żadnych złożo rud miedzi. Znaleziskiem tym zainteresowała się służba geologiczna tego kraju, która zbadała jego szczegóły. Okazało się, że jest to blok kwarcytowy zawierający wysokogatunkową rudę pirytu i chalkopirytu. Geolog, który pojechał zbadać znaleziony blok skalny, stwierdził, że w wielu miejscach jest on wygładzony. Wyciągnięto z tego wnioski, że został on przeniesiony przez lodowiec przemieszczający się po tym terenie. Ponieważ znano kierunki przesuwania się lodowca w północnej Karelii, dalsze poszukiwania skoncentrowano na ich trasie. Wniosek ten okazał się trafny i po szczegółowym rozpoznaniu minerałów towarzyszących rudzie miedzi ustalono, że podobna sekwencja minerałów występuje w okolicy Outokumpu, w odległości ok. 50 km od znalezienia bloku kwarcytowego. Po wykonaniu kontrolnych szurfów potwierdzono, że z tego właśnie wzgórza pocho-

dził ów blok skalny (<https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/history-of-outokumpu>).

FINLANDIA – POLIMETALICZNE ZŁOŻA RUD MIEDZI

Polimetaliczne złożo rud miedzi Outokumpu, historycznie najważniejsze dla kraju, składa się z dwóch soczewek zapadających od powierzchni terenu pod kątem ok. $30\text{--}60^\circ$ na SE. Długość obu soczewek wynosi ok. 4 km, szerokość 200–400 m, przy ich średniej miąższości ok. 10 m.

W rejonie Outokumpu działały trzy główne kopalnie – Keretti (główne złożo rudy Outokumpu), Luikonlahti (27 km na północny zachód), a także Vuonos (4 km na północny wschód). Początkowe zasoby złoża oceniono na ok. 50 mln t rudy. Średnia zawartość metali w rudzie wynosi 1,2–3,8% Cu; 0,6–1% Zn; 0,1–0,2% Co; 0,1% Ni; 0,1–0,8 g/t Au i 1–9 g/t Ag. Do 1999 r. wydobycie z największej kopalni Keretti wyniosło 28,5 mln t rudy zawierającej 3,8% Cu; 0,24% Co; 1,07% Zn; 0,8 g/t Au; 8,9 g/t Ag; 0,12% Ni; 25,3% S i 28,11% Fe. Pod koniec XX w. zasoby każdej z trzech kopalni nie przekraczały już 7 mln t rudy o zawartości ok. 1,2% Cu (<http://www.portergeo.com.au/database/mineinfo.asp?mineid=mn651>).

Na uwagę zasługuje też polimetaliczne złożo rud miedzi Pyhaesalmi w prowincji Northem Ostrobothnia, udostępnione w 1961 r. Jest to warstwowe złożo powstałe podczas wulkanizmu prekambryjskiego, wielokrotnie poddane późniejszym procesom metamorficznym. Ruda zawiera średnio 0,85% Cu; 2,8% Zn; 37% S; 33% Fe; 0,2 g/t Au i 14 g/t Ag. Głównymi minerałami skały płonnej są kwarc, baryt i lokalnie skały węglanowe (Helovuori, 1979). Kopalnia odkrywkowa została otwarta w 1962 r. Potem podjęto eksploatację podziemną, która obecnie sięga do głębokości 1444 m.

Finlandia była kiedyś jednym z najbogatszych skandynawskich i europejskich krajów posiadających złoża rud miedzi, jednak zostały one już wyeksploatowane. Na ok. 50 historycznych wyrobisk górniczych rud metali przypada w tym kraju aż 18, w których wybierano rudy miedzi i złota (Kivinen, 2017).

LITERATURA

- BARRADAS S. 2016 – Aitik mine, Sweden. Mining Weekly, 27.01.2016 r.
- BOLEWSKI A. (red.) 1977 – Surowce mineralne świata. Miedź – Cu. Wyd. Geol., Państw. Inst. Geol.
- BOREAL Sings Option Agreement With Boliden Mineral AB for its Burfjord Project in Norway. Boreal Metals Corp. News Release, 10.06.2020 r.
- BURFJORD IOCG Project – Boreal commences field exploration at the Burfjord copper gold project, Norway. Boreal Metals Corp. News Release, August 24 2020 <http://www.borealmetals.com/projects/burfjord-iocg/>
- DOWNOROWICZ S., MARKOWSKI P. 2015 – Produkty uboczne flotacji rud miedzi w KGHM Polska Miedź S.A. Konsulting Polski, 5–6: 28–33.
- HELOVUORI O. 1979 – Geology of the Pyhasalmi ore deposit, Finland. Economic Geol., 74 (5): 1084–1101. <https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/history-of-outokumpu>
- KIVINEN S. 2017 – Sustainable Post-Mining Land Use: Are Closed Metal Mines Abandoned or Re-Used Space? Sustainability, 9 (10): 1705.
- MILLS R. 2020 – Boreal scores US\$ 6M earn-in from Boliden, to explore Norway copper-gold Project. Aheadoftheherd.com; 17.06.2020 r.
- NEW BOLIDEN 2018 – Metals for Sustainable Society. Annual Sustainability Report. Competitiveness: 23.
- WANHAINEN C., BILLSTROM K., MARTINSSON O., STEIN H., NORDIN R. 2005 – Metamorphic of magmatic/hydrothermal and metamorphic activity in the Gallivara area: Re-Os Datong of molybdenite and U-Pb Datong of titanite from the Aitik Cu-Au-Ag deposit, northern Sweden. Mineralium Depos., 40: 434–447.