

Geologiczne aspekty eksploatacji złóż rud miedzi metodą ługowania *in situ*

Adam Maksymowicz¹



Ceny surowców zmieniały się dotychczas cyklicznie w granicach kilku procent. Tendencja spadkowa zaznaczyła się wraz z rozpoczęciem przez prezydenta Trumpa wojny handlowej z Chinami. Od tego czasu cena miedzi spadła o ok. 16% (Copper..., 2020). Jednak już wcześniej odnotowywano coraz niższe ceny węgla kamiennego. Obecnie

globalny kryzys ekonomiczny wywołany rozprzestrzenianiem się koronawirusa spowodował znaczący spadek cen prawie wszystkich surowców sprzedawanych na rynku międzynarodowym. Jedną z wielu przyczyn tego stanu rzeczy było zmniejszenie zapotrzebowania Chin na miedź, spowodowane epidemią. Analiza średnich rocznych cen tego metalu wskazuje na znacznie wcześniejsze symptomy spadku cen, związane z wojną handlową, a następnie z brakiem porozumienia utrzymania ceny ropy naftowej. Rosyjski sprzeciw wobec ograniczenia jej wydobycia spowodował, że w dniu 9.03.2020 r. jej ceny załamały się (spadek o ok. 30%), co przełożyło się również na obniżenie cen innych surowców o ok. 9%. Najlepiej obroniły się ceny miedzi, które odnotowały obniżenie w granicach tylko ok. 2% (Egbaria, 2020).

Utrzymujące się dłuższy czas niskie ceny miedzi będą ograniczać inwestycje w zagospodarowanie złóż rud tego metalu z zastosowaniem dotychczasowych metod ich eksploatacji – odkrywkowych i podziemnych. O wyczerpaniu się dotychczasowych technologii wydobycia rud miedzi świadczą też niepokoje w Chile – kraju, którego dotychczasowy rozwój i dobrobyt zależały od korzyści z odkrywkowej eksploatacji złóż tego metalu (Maksymowicz, 2020).

POCZĄTKI TECHNOLOGII ŁUGOWANIA

W czasach historycznych technologię ługowania (jest to proces rozpuszczania użytecznych składników pod wpływem roztworu) stosowano do pozyskiwania roztworu soli z budowanych do tego celu szybów. Solankę wybierano z nich czerpakami. Jedną z najstarszych tego rodzaju żup solnych, o nazwie Solna Dolina, powstała w 1112 r. na terenie dawnej Małopolski Wschodniej.

Obecnie większość soli uzyskuje się metodą otworową. Polega ona na wprowadzeniu do złoża soli kolumny rur, a następnie wtłaczaniu wody do jednej z rur, co powoduje wypływ solanki z drugiej rury. W ten sposób w Polsce pozyskuje się sól w kopalniach *Góra* i *Mogilno*. W 2018 r. uzyskano z nich łącznie ok. 68% krajowego wydobycia soli (Bilans, 2019).

Dalsze udoskonalenie metody otworowej i jej zastosowanie do eksploatacji złóż innych surowców chemicznych nastąpiło dopiero na początku XX w. Powstała wtedy znana od 1912 r. metoda Frasha, którą po raz pierwszy zastosowano do wydobywania siarki zalegającej w zamkniętych hydraulicznie czapach wysadów solnych. W Polsce metoda podziemnego wytapiania, zwana też metodą otworową, jest stosowana od 1966 r. do eksploatacji pokładowych złóż siarki w rejonie Tarnobrzega. Polega ona na wytopieniu siarki w serii złożowej, a następnie wyniesieniu słupa stopionej siarki na powierzchnię za pomocą sprężonego powietrza (Czajkowski i in., 2012). Współcześnie metoda ta, daleko udoskonalona, została nazwana ługowaniem *in situ* (*in situ leach* – ISL, *in situ research* – ISR) oraz wymywaniem z hałdy (*solvent extraction-electrowinning* – SX-EW). Technologia SX-EW polega na ługowaniu w warunkach atmosferycznych hałdy rudy miedzi za pomocą rozcieńzonego kwasu siarkowego. Metoda ta jest szeroko stosowana w zagranicznych zakładach należących do KGHM *Polska Miedź* S.A. Jedną z jej ekonomicznych zalet jest wykorzystywanie nadmiaru kwasu siarkowego powstałego w czasie rafinacji rud miedzi w krajowych zakładach tego przedsiębiorstwa (<https://kgmh.com/pl/biznes/procesy/sx-ew>).

ŁUGOWANIE RUD MIEDZI *IN SITU*

Metoda ługowania *in situ*, znana w literaturze angielskiej jako *in situ leaching* lub *solution mining*, jest specyficzną metodą odzysku miedzi bez konieczności uprzedniego wybycia rudy z miejsca jej występowania. Do podstawowych zalet tej metody zalicza się (Ługowanie..., 2008):

- ❑ możliwość osiągnięcia niskich nakładów kapitałowych;
 - ❑ niskie koszty eksploatacyjne;
 - ❑ możliwość wykorzystania istniejącej struktury hydro-metalurgicznej;
 - ❑ możliwość odzysku dodatkowej ilości Cu;
 - ❑ brak odpadów na powierzchni.
- Zasadniczymi wadami są:
- ❑ możliwość stosowania tylko w korzystnych warunkach geologicznych;
 - ❑ częściowo niekontrolowany przepływ roztworów ługujących;
 - ❑ niskie uzyski.

Pomimo niewątpliwych wad, zalety tej metody są tak atrakcyjne, że od końca ubiegłego wieku nieustannie są prowadzone prace badawcze nad jej wdrożeniem. Skupione są one na minimalizowaniu wad, a przede wszystkim dostosowaniu metody do określonych i każdorazowo

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

innych warunków geologicznych w rejonie złoża. Przeprowadzone eksperymenty oraz komercyjne wdrożenie tej technologii spowodowały szersze zainteresowanie możliwościami jej zastosowania. Podkreśla się jej bezinwazyjność na powierzchni terenu, gdyż nie powoduje ona tradycyjnych szkód górniczych w postaci wykopów, osiadań terenu i składowisk odpadów. Jej opłacalność wzrasta wraz z wielkością złoża poddanego ługowaniu. Przyjmuje się, że efektywność ługowania zwiększa się w wyniku: a) poprawnej charakterystyki złoża, b) właściwej techniki wiertniczej c) wykonania rozgałęzionych wierceń kierunkowych d) dostosowania roztworów ługujących do mineralizacji złożowej i e) dokładnego monitorowania uzyskanych efektów. Popularność tej metody w eksploatacji złóż rud miedzi, uranu, złota i innych metali spowodowała, że w 2016 r. został utworzony specjalny portal internetowy poświęcony tej problematyce (Robinson, Kuhar, 2018).

ARIZONA

– ŁUGOWANIE W SKALI PRZEMYSŁOWEJ

Porfirowe złoża rud miedzi, licznie występujące na terenie Arizony, stały się od kilku lat obiektem zainteresowania największych koncernów górniczych, takich jak BHP Billiton i Rio Tinto. Tradycyjne metody odkrywkowej eksploatacji tych złóż zostały oprotestowane przez miejscowych Indian. Elementem sporu było odwodnienie kopalń i związana z tym konieczność obniżenia poziomu zwierciadła wód gruntowych. W związku z tym, chcąc uzyskać zgodę na eksploatację złóż, postanowiono zastosować metodę ługowania *in situ* (Lambertson, 2018). Kopalnia *Florence* miała rozpocząć komercyjne wydobycie miedzi ze złoża tą metodą w pierwszej połowie 2020 r. Zamiast górniczych szybów odwiercono 24 otwory wiertnicze służące do zatłaczania 5-procentowego roztworu kwasu siarkowego. Ługowaniu złoża sprzyja jego zawodnienie oraz znaczna szczelinowatość i porowatość – ułatwiają one przepływ roztworu i objęcie ługowaniem większego obszaru złoża. Pokazała to próbna eksploatacja kopalni. Uzyskano też rewelacyjne wskaźniki ekonomiczne. Koszt produkcji jednego funta koncentratu miedzi wynosi 1,1 USD, co klasyfikuje kopalnię *Florence* do najbardziej ekonomicznych na naszym globie. Jej budowa, wraz z instalacjami ekstrakcji rozpuszczalników i zakładem elektrolizy, kosztowała ok. 35 mln USD. W okresie ok. 25 lat roczna produkcja miedzi będzie wynosić ok. 40 tys. t. Na powierzchni instalacja studni do ługowania *in situ* przypomina konstrukcję bariery do odwadniania złoża węgla brunatnego w KW *Bełchatów* (Lazenby, 2019).

KGHM Polska Miedź S.A. – PRACE BADAWCZE

Wdrożenie eksploatacji porfirowych złóż rud miedzi metodą ługowania *in situ* okazało się wielkim sukcesem firm górniczych w USA. Trzeba jednak zauważyć, że decydujące znaczenie dla powodzenia tej metody ma jednorodność mineralna i litologiczna złoża, a także jednolitość cech mechanicznych górotworu poddanego ługowaniu. Szybka i spęczana bryła porfirowego złoża miedzi stosunkowo łatwo poddaje się procesowi szczelinowania, co ułatwia krążenie roztworu i tym samym zwiększa efektywność ługowania. Zastosowanie tej technologii do eks-

ploatacji innych rodzajów złóż wymaga jednak dostosowania wielu związanych z tym procesów do konkretnych warunków geologicznych.

Polskie złoża rud miedzi eksploatowane przez KGHM są całkowicie różne od złóż porfirowych. Są to złoża stratyfikowane, charakteryzujące się obecnością trzech typów skał. W stropie tych złóż występują cechsztyńskie dolomity, niżej łupki miedzionośne, a w spągu piaskowce. O ile dolomity i łupki można zaliczyć do skał litych i masywnych, to piaskowce są tak kruche, że można je rozetrzeć w rękę (Piestrzyński, 2007). Tak różne cechy mechaniczne skał złożowych w połączeniu ze zmiennym pionowym zasięgiem strefy mineralizacji sprawiają, że zastosowanie technologii ługowania *in situ* staje się szczególnie skomplikowanym wyzwaniem. W 2017 r. w ramach realizacji projektu *BioMORe* KGHM Polska Miedź S.A. podjęło jednak próbę zastosowania tej metody do pozyskiwania miedzi z krajowych złóż. Na terenie ZG *Rudna* w wydzielonych wyrobiskach podziemnych przeprowadzono eksperyment polegający na użyciu kwasu i bakterii do odzyskiwania miedzi bezpośrednio z górotworu za pomocą ługowania. W projekt ten było zaangażowanych ponad 20 firm z całego świata. Głównym jego celem było zweryfikowanie w rzeczywistych warunkach możliwości wykorzystania technologii szczelinowania, połączonej z bioługowaniem, do odzyskiwania metali z głęboko zalegających i ubogich złóż miedzi na terenie Europy. W pierwszym etapie za pomocą standardowych urządzeń pracujących w warunkach kopalni zostały przygotowane otwory w odsłoniętej ścianie skały piaskowcowej, które posłużyły do wytworzenia szczelin w złożu. Tak przygotowane złożo, po sprawdzeniu jego szczelności oraz filara ochronnego, zostało poddane procesowi ługowania (Innowacje, 2017). Brak dalszych informacji na ten temat wskazuje na ograniczone powodzenie eksperymentu.

LITERATURA

- BILANS Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2018 r. Państw. Inst. Geol. – PIB, 2019.
- COPPER Price History 10 Years. Netcials, 27.02.2020 r.; <https://www.netcials.com/commodity-price-history-10-years/COPPER>
- CZAJKOWSKI R., CZURYŁO Z., MICHNO W. 2012 – Zagrożenia środowiska spowodowane uszkodzeniem konstrukcji otworu wiertniczego. Warsztaty 2012 z cyklu: Zagrożenia naturalne w górnictwie. Mat. Symp.: 41–55.
- EGBARIA F. 2020 – Commodities Roundup: Coronavirus pressures metals prices; oil price crashes; Tesla's cobalt substitution. Spend Matters, 13.03.2020 r. <https://kgmh.com/pl/biznes/procesy/sx-ew>
- INNOWACJE testowane w KGHM. KGHM, 28.09.2017 r.; <https://media.kghm.com/pl/informacje-prasowe/innowacje-testowane-w-kgmh>
- LAMBERTSON G. 2018 – Arizona Set to Open First New Copper Mine in Decade. Construction Equipment Guide.com, 22.05.2018 r.
- LAZENBY H. 2019 – Florence products first copper in leach solution. Mining J., 8.01.2019 r.
- ŁUGOWANIE rud Cu *in situ* Symbol H/2 – karta technologii. Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce, lipiec 2006 r. – czerwiec 2008 r.
- MAKSYMOWICZ A. – Kryzys surowcowy w Chile. Prz. Geol., 68 (1): 9–10.
- MARJANOVIĆ M. – The Putin Stimulus: \$30 Oil Will Be Great for the Global Economy. Russia Insider, 13.03.2020 r.
- PIESTRZYŃSKI A. (red.) 1996 – Monografia KGHM Polska Miedź S.A. KGHM CUPRUM – CBM, Wrocław, Lubin.
- ROBINSON D., KUCHAR L. 2018 – *In-situ* recovery – a move towards “keyhole mining”. Mining3, 22.03.2018 r.